BARTIN ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

MALZEME LABORATUARI I DERSİ
ÇEKME DENEY FÖYÜ

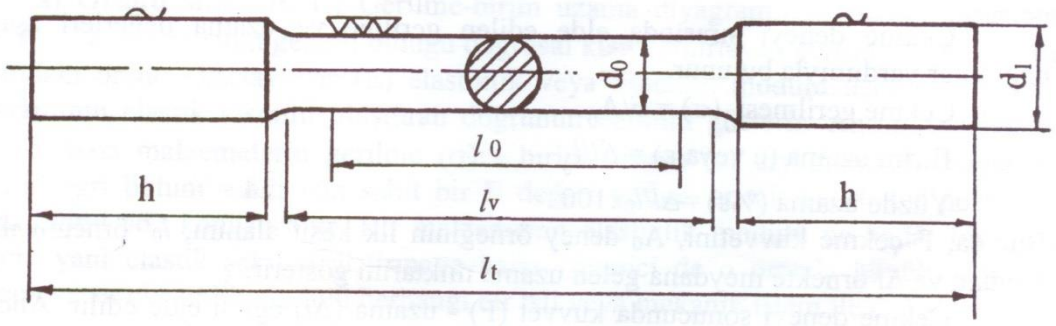
BARTIN
2018-2019
GÜZ DÖNEMİ

Deneyin Amacı

Bir sistemin boyutlandırılması veya şekil değiştirmesinin incelenmesi için kullanılan malzemenin mekanik özelliklerinin, yani dış etkiler altında şekil değiştirme ve kırılma özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Çekme deneyi, malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve mekanik davranışlarına göre sınıflandırılması amacıyla yapılır. Çekme deneyi sonucunda elde edilen veriler doğrudan mühendislik hesaplarında kullanılır. Bu yüzden çekme deneyi, en yaygın olarak kullanılan tahribatlı malzeme muayenesi yöntemlerinden biridir.

Deneyin Yapılışı

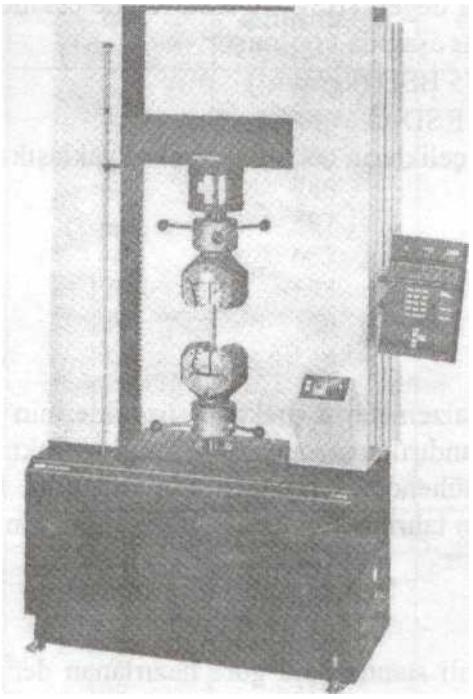
Çekme deneyi, ilgili standartlara göre hazırlanan deney örneğinin, tek eksende ve sabit bir hızla koparılıncaya kadar çekilmesi işlemidir. Bunun için önce, incelenmesi istenen malzemeden talaşlı işlemle standartlara uygun örnekler hazırlanır. Türk standartlarında TS 138 A, B, C, D, E ve F olmak üzere altı örnek tipi bulunur. Örnek tipi büyük ölçüde malzemenin biçimine göre seçilir. Sekil 1'de TS 138 A normuna göre hazırlanmış daire kesitli (yuvarlak) silindirik başlı bir çekme örneği görülmektedir.



Şekil 1. Daire kesitli silindirik başlı çekme örneği

Bu şekilde; d_0 örneğin çapını, d_1 bas kısmının çapını (1.2 d_0), l_v inceltilmiş kısmın uzunluğunu (l_o+d_o), l_o ölçü uzunluğunu (5d_o) (boy değişimlerinin ölçüleceği iki nokta arasındaki uzaklık), h bas kısmının uzunluğunu ve l_t, örneğin toplam uzunluğunu göstermektedir. Çapı 12 mm ve ölçü uzunluğu 60 mm olan çekme örneği; 12x60 TS 138A şeklinde gösterilebilir.

Hazırlanan örnek çekme makinesinin çenelerine takılarak deney yapılır. Şekil 2'de tipik bir çekme makinesinin resmi görülmektedir. Deney sırasında, çekme örneğine sürekli olarak artan çekme kuvveti uygulanarak örnekte kırılıncaya kadar meydana gelen uzama kaydedilir.



Şekil 2. Tipik bir çekme makinesi

Çekme Deneyinden Elde Edilen Veriler

Çekme deneyi sırasında elde edilen gerilme ve uzama değerleri aşağıdaki bağıntılar yardımıyla bulunur.

$$Çekme \quad gerilmesi \quad (\sigma) = \frac{F}{A_o}$$

$$Birim \quad uzama \quad (\varepsilon) = \frac{\Delta l}{l_o}$$

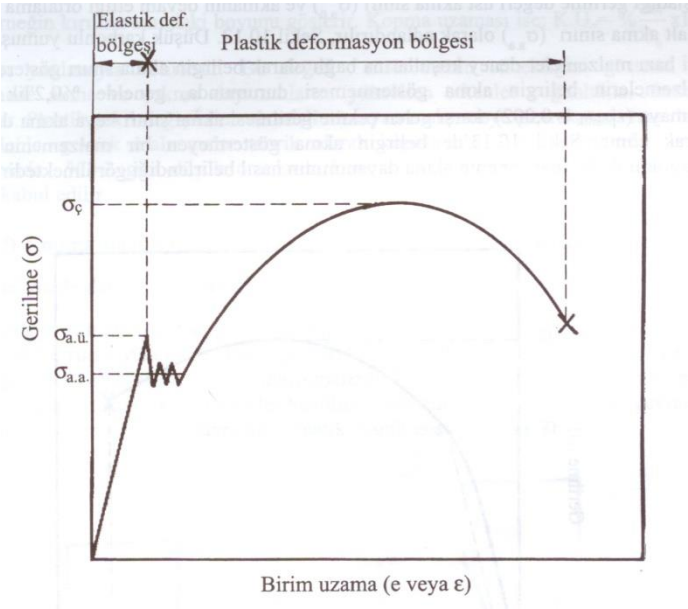
$$Yüzde \quad uzama \quad (\%\varepsilon) = \frac{\Delta l}{l_o} \times 100$$

Burada; F çekme kuvvetini, A_o deney örneğinin ilk kesit alanını, l_o örneğin ilk ölçü boyunu ve Δl örnekte meydana gelen uzama miktarını gösterir.

Çekme deneyi sonucunda kuvvet (F) - uzama (Δl) eğrisi elde edilir. Ancak, bu eğri ile birlikte kullanılan örneğin boyutlarını da vermek gerekir. Bu nedenle, bu eğri yerine daha evrensel olan gerilme - birim uzama eğrisi kullanılır. F ve Δl için elde edilen okuma çiftlerinden, F başlangıçtaki kesit alanına (A_o) bölünerek σ ve Δl numunenin başlangıçtaki boyuna (l_o) bölünerek ε hesaplanır. Apsise ε ve ordinata σ değerleri yerleştirilerek gerilme şekil değiştirme diyagramı elde edilir. Gerilme-birim uzama (şekil değiştirme) eğrisine çekme diyagramı denilir. Şekil 3'de normalize edilmiş durumdaki düşük karbonlu bir çeliğin gerilme - birim uzama eğrisi verilmiştir. Esasında gerilme- birim uzama eğrisi, çekme makinesinden elde edilen kuvvet-uzama eğrisine benzer şekle sahiptir.

Çekme deneyi sonucunda malzemenin orantı sınırı, elastiklik sınırı, akma sınırı ve çekme dayanımı gibi mukavemet değerleri ile kopma uzaması, kopma büzülmesi ve tokluk gibi süneklik

değerleri belirlenir. Malzemenin cinsine, kimyasal bileşimine ve metalografik yapısına bağlı olan bu özellikler aşağıda sırasıyla açıklanmaktadır.

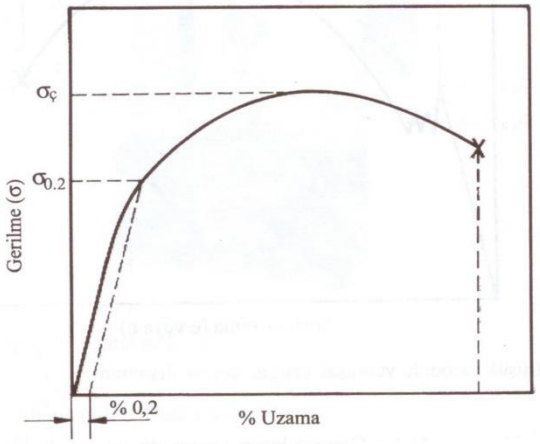


Şekil 3. Düşük karbonlu yumuşak çeliğin çekme diyagramı

1. **Orantı sınırı** (σ_o) : Gerilme-birim uzama diyagramında Hooke yasasının, yani $\sigma = E.\varepsilon$ bağıntısının geçerli olduğu doğrusal kısmı sınırlayan gerilme değeridir. Bu bağıntıdaki orantı katsayısına (E) elastiklik veya esneklik modülü denilir ve çekme diyagramının elastik kısmını oluşturan doğrunun eğimini gösterir. Ahşap, kauçuk ve deri gibi bazı malzemelerin gerilme (σ) - birim uzama (ε) diyagramında böyle bir doğrusal eğri bulunmadığı için sabit bir E değeri yerine, ancak belirli bir noktadaki teğetin eğimi söz konusu olur. Bir malzemenin elastiklik modulü ne kadar büyükse, rijitliği yani elastik sekil değiştirmeye karsı direnci de o oranda büyük olur. Bir malzemeye ait elastiklik modülü herhangi bir ısıl veya mekanik işlem ile değiştirilmez.
2. **Elastiklik sınırı** (σ_e) : Malzemeye uygulanan kuvvet kaldırıldığı zaman plastik uzamanın görülmediği veya yalnız elastik sekil değiştirmenin meydana geldiği en yüksek gerilmeye denir. Genellikle aralarındaki farkın çok az olması nedeniyle, elastiklik sınırı orantı sınırına eşit kabul edilebilir. Pratikte σ_e yerine %0.01 veya %0.005'lik plastik uzamaya karşılık gelen gerilme ($\sigma_{0.01}$ veya $\sigma_{0.005}$) değerleri alınır.
3. **Akma dayanımı** (σ_a) : Uygulanan Çekme kuvvetinin yaklaşık olarak sabit kalmasına karşın, plastik sekil değiştirmenin önemli ölçüde arttığı ve çekme diyagramının düzgünsüzlük gösterdiği bölgeye karsı gelen gerilme değeridir. Akmanın başladığı gerilme değeri üst akma sınırı ($\sigma_{a.ü}$) ve akmanın devam ettiği ortalama gerilme de alt akma sınırı ($\sigma_{a.a}$) olarak adlandırılır, şekil 3. Düşük karbonlu yumuşak çelik gibi bazı malzemeler deney koşullarına bağlı olarak belirgin akma sınırı gösterebilirler. Malzemelerin belirgin akma göstermemesi durumunda, genelde %0.2'lik plastik uzamaya ($\varepsilon_{plastik}$ = 0.002) karsı gelen çekme gerilmesi akma sınırı veya akma dayanımı olarak alınır. Şekil 4'de belirgin akma göstermeyen bir malzemenin çekme diyagramı ile bu malzemenin akma dayanımının nasıl belirlendiği görülmektedir.

4 . Çekme dayanımı ($\sigma_ç$) : Bir malzemenin kopmadan veya kırılmadan dayanabileceği en yüksek çekme gerilmesi olarak tanımlanır. Bu gerilme, çekme diyagramındaki en yüksek gerilme değeri olup, $\boldsymbol{\sigma_ç = F_{maks} / A_o}$ formülü ile bulunur. Burada F_{maks} malzemeye uygulanan en

yüksek kuvveti, A_o ise malzemenin ilk kesit alanını gösterir. Bu gerilmeye ulaşılıncaya kadar deney parçasının kesiti her tarafta aynı oranda azaldığı halde, bu gerilmeye karsı gelen noktadan sonra örnek bir bölgede yerel olarak büzülmeye başlar ve daha **küçük** bir gerilmede kopar.



Şekil 4. Belirgin akma göstermeyen bir malzemenin akma dayanımının belirlenmesi

5. Kopma uzaması (K.U.) : Çekme örneğinin boyunda meydana gelen en yüksek yüzde plastik uzama miktarı olarak tanımlanır. Çekme deneyine tabi tutulan örneğin kopan kısımlarının bir araya getirilmesi ile son boy ölçülür ve boyda meydana gelen uzama $\Delta l = l_k - l_o$ bağıntısı ile bulunur. Burada; l_o örneğin ilk ölçü uzunluğunu, l_k ise örneğin kırılma anındaki boyunu gösterir.

Kopma uzaması ise; K.U.= $\% \dfrac{\Delta l}{l_o}$ x 100

bağıntısı yardımıyla belirlenir. Bu değer, malzemenin sünekliğini gösterir. Bir malzemede akma ve çekme dayanımlarını yükselten etkenler çoğunlukla sünekligi azaltırlar. Plastik sekil değişimine elverişli olmayan malzemeye gevrek malzeme denir. Bu nedenle, gevrek malzemeler teorik olarak kopma uzaması göstermezler, ancak uygulamada %l-2 gibi düşük oranlarda kopma uzaması gösteren malzemeler de gevrek kabul edilirler.

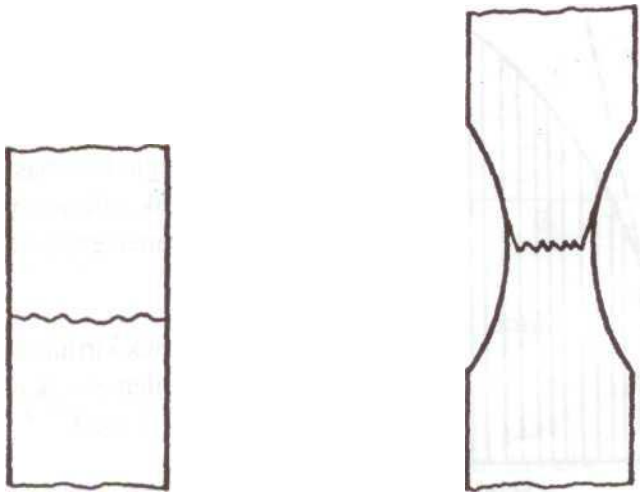
6. Kopma Büzülmesi (K.B.): Çekme örneğinin kesit alanında meydana gelen en büyük yüzde daralma veya büzülme miktarı olup

$$\%K.B. = (A_o - A_k)/ A_o \times 100$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada; A_o deney örneğinin ilk kesit alanını, A_k ise kırılma anındaki kesit alanını veya kırılma yüzeyinin alanını gösterir. Kopma büzülmesi, kopma uzaması gibi sünekligin bir göstergesidir. Sünek malzemelerde belirgin büzülme veya boyun verme meydana gelirken, gevrek malzemeler büzülme göstermezler. Şekil 5'te, gevrek ve sünek malzemelerin kırılma davranışı şematik olarak gösterilmiştir.

7. Rezilyans: Malzemenin yalnız elastik sekil değiştirmesi için harcanan enerji veya elastik sekil değiştirme sırasında malzemenin depoladığı enerji demektir. Bu enerji, gerilme (σ) - birim uzama (ε) eğrisinin elastik kısmının altında kalan alan

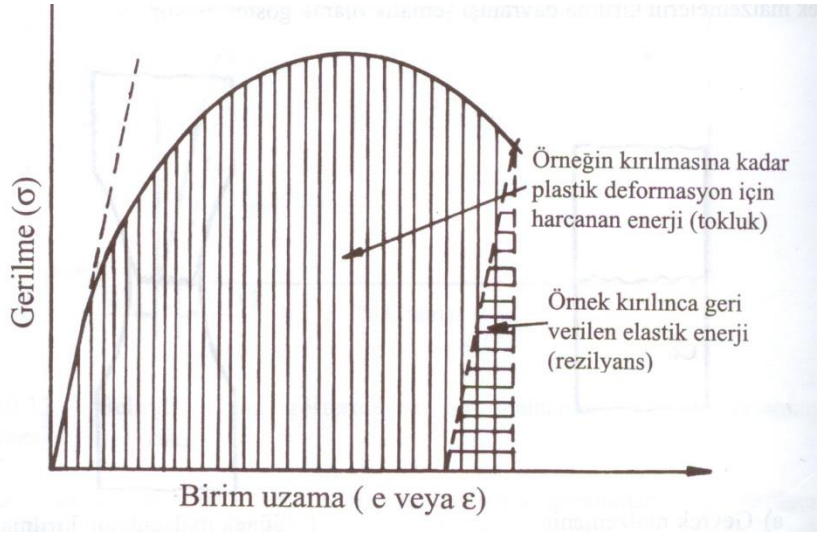
$(\frac{\sigma_{el}.\varepsilon_{el}}{2})$ ile belirlenir ve örnek kırılınca geri verilir (Şekil 6).



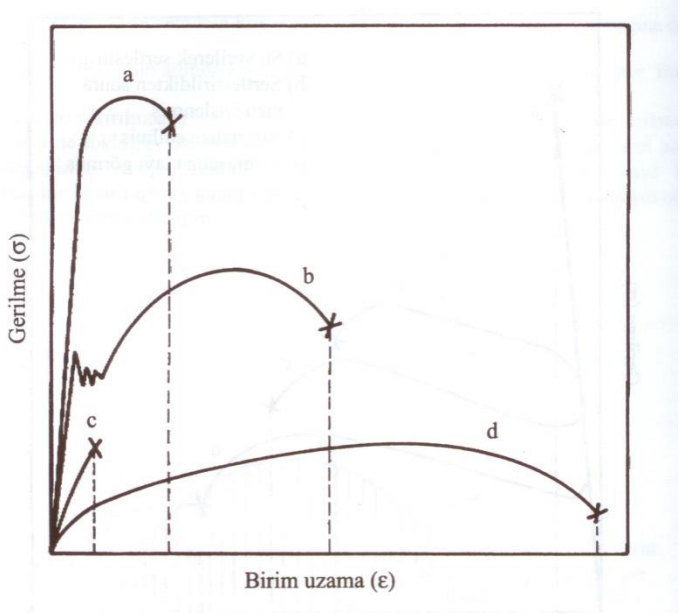
a) Gevrek malzemenin (büzülme yok) b) Sünek malzemenin (büzülme var

Şekil 5. Gevrek ve sünek malzemenin kırılması

8. Tokluk: Malzemenin kırılıncaya kadar enerji abzorbe etme yeteneğine denir. Genellikle (σ) - (ε) eğrisinin altında kalan alanın hesaplanması ile bulunur (Şekil 6). Birim hacim basına düsen plastik sekil değiştirme enerjisi olarak tanımlanan tokluk, malzemenin kırılmaya karsı direncinin bir ölçüsü olarak kabul edilir. Süneklikte olduğu gibi, tokluğun karşıtı olarak da gevreklik deyimi kullanılır.



Şekil 6. Gerilme-birim uzama eğrisi yardımıyla şekil değiştirme enerjilerinin (rezilyans ve tokluk) belirlenmesi



Şekil 7. Bazı metallere ait çekme diyagramları

a) Yüksek mukavemetli çelik (yarı sünek)
b) Düşük karbonlu çelik (sünek)
c) Kır dökme demir (gevrek)
d) Tavlanmış bakır (sünek)