

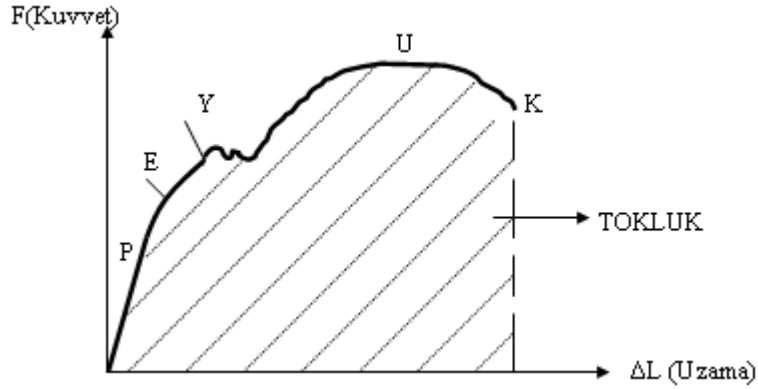
ÇEKME DENEYİ

1. DENEYİN AMACI

Mühendislik malzemeleri rijit olmadığından kuvvet altında deforme olup, şekil ve boyut değişiklikleri gösterirler. Malzeme özelliklerini anlamak üzere mekanik testler yapılır. Bunlardan en önemlisi “çekme deneyi”dir.

Çekme deneyinin amacı; malzemelerin statik yük altındaki elastik ve plastik davranışlarını belirlemektir. Bunun için boyutları standartlara uygun daire veya dikdörtgen kesitli deney parçası; çekme cihazına bağlanarak, eksenel ve değişken kuvvetler uygulanır.

Çekme cihazı esas olarak; birbirine göre aşağı ve yukarı hareket edebilen, deney parçasının bağlandığı iki çene ve bunlara hareket veya kuvvet veren, bu iki büyüklüğü ölçen ünitelerden oluşur. Çenelerden birisi sabit hızda hareket ettirilerek deney parçasına değişken miktarlarda çekme kuvveti uygulanır ve bu kuvvete karşılık gelen uzama kaydedilir.



Küçük kuvvet seviyelerinde uzama miktarı kuvvet ile doğru orantılıdır. Malzeme elastik davranış içindedir; yani kuvvet kaldırılınca uzama sıfırlanır. Bu karakter **P** noktasına kadar devam eder. Orantı limiti **P** den sonra lineer fonksiyon eğimini değiştirir. Ancak elastik davranış devam eder. Elastik davranış **E** “Elastik Limiti” noktasında sona erer. **E** den sonra kalıcı; yani plastik deformasyonlar başlar. Kuvvet azaltıldığında lineer fonksiyona paralel bir yol izler. Ancak kuvvetin sıfır olduğu yerde deformasyon artık sıfır olmaz, belirli bir plastik deformasyon kalır.

Malzeme yüklenmeye devam edilirse **Y** noktasında akar. Akma noktasında kuvvet aynı iken büyük miktarda plastik deformasyon oluşur. Akan malzeme “çalışma sertleşmesi”ne uğrar ve daha mukavim hale gelerek daha fazla kuvvet alabilir hale gelir.

Bu malzeme üzerindeki kuvvet daha da artırılarak **U** noktasına ulaşılır. **U** noktası “maksimum gerilme” noktası olup, burada malzeme kesitinde lokal daralmalar başlar. Buna malzemenin “boyun vermesi” denir. Boyun verme de malzemenin çalışma sertleşmesine uğramasına sebep olur ve malzeme daha fazla gerilimler alabilir; ancak boyun bölgesinde kesit alanı daraldığından taşıdığı net kuvvet azalır. Numune genellikle kontrolsüz bir şekilde **K** noktasına ilerler ve orada kopar.

Kuvvet-uzama eğrisinin altında kalan alan o numuneyi bozunuma uğratmak için gereken enerjiyi eşit olup; tokluk adı verilir.

Kuvvet-uzama eğrisi daha sonra yeniden ölçeklendirilir. Uzamalar malzemenin ilk uzunluğuna bölünerek “birim-uzama” ‘ya çevrilir. Aynı şekilde kuvvet numunenin ilk kesit alanına bölünerek “gerilim” hesaplanır ve dikey eksen tekrar ölçeklendirilir.

Malzeme kopana kadar önemli miktarda deformasyona uğradıysa “sünek” , az deforme olmuşsa “gevrek” yapıya sahiptir.

2. TANIMLAMALAR ve TEORİK BİLGİ

Gerilme (σ): Birim alana etkiyen yük anlamına gelir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

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

Birim Şekil Değiştirme (ε): Malzemeye kuvvet uygulandığı zaman oluşan boy değişiminin kuvvet uygulanmadan önceki ilk boya oranı.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Elastisite Modülü (E): Malzemenin dayanımının (mukavemetinin) ölçüsüdür. Birim uzama ile normal gerilme (çekme ya da basma gerilmesi) arasındaki doğrusal ilişkinin bir sonucu olup birim uzama başına gerilme olarak tanımlanır. Birim uzama ile normal gerilme (çekme ya da basma gerilmesi) arasındaki doğrusal ilişki şöyle tanımlanabilir:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Malzemeye kuvvet uygulandığında, malzemede meydana gelen uzamalar elastik sınırlar içinde gerilmelerle orantılıdır. Buna “*Hooke Kanunu*” adı verilmektedir. Elastisite modülü malzemeye ait karakteristik bir özelliktir.

Akma dayanımı (σ_a): Uygulanan çekme kuvvetinin yaklaşık olarak sabit kalmasına karşın, plastik şekil değiştirmenin önemli ölçüde arttığı ve çekme diyagramının düzgünsüzlük gösterdiği kısma karşı gelen gerilme değeridir, Şekil 1.

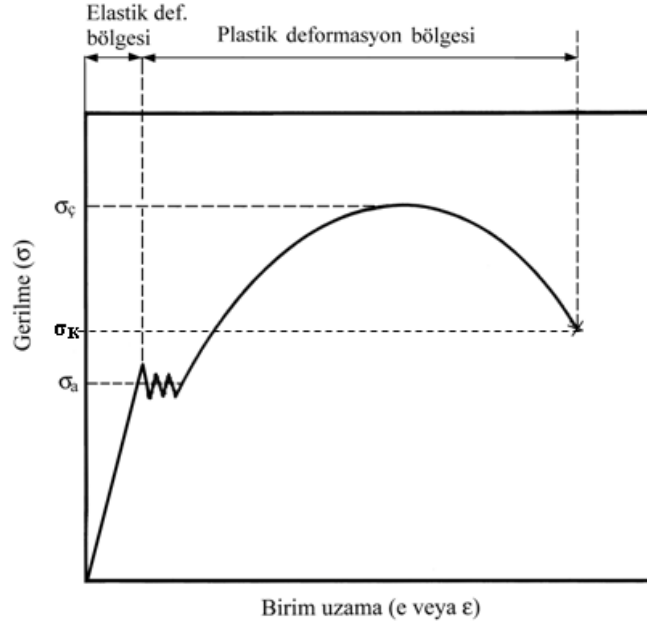
$$\sigma_a = \frac{P_a}{A_0}$$

Çekme dayanımı (σ_c): Bir malzemenin kopuncaya veya kırılıncaya kadar dayanabileceği en yüksek çekme gerilmesi olarak tanımlanır. Bu gerilme, çekme diyagramındaki en yüksek gerilme değeri olup, aşağıdaki formül ile bulunur.

$$\sigma_c = \frac{P_{\max}}{A_0}$$

Kopma Gerilmesi (σ_K): Numunenin koptuğu andaki gerilme değeridir.

$$\sigma_K = \frac{P_K}{A_0}$$



Şekil 1. Düşük karbonlu yumuşak bir çeliğin çekme diyagramı

Yüzde Kopma uzaması (KU): Çekme numunesinin boyunda meydana gelen en yüksek yüzde plastik uzama oranı olarak tanımlanır. Çekme deneyine tabi tutulan numunenin kopan kısımlarının bir araya getirilmesi ile son boy ölçülür ve boyda meydana gelen uzama

$$\Delta L = L_k - L_0$$

bağıntısı ile bulunur. Burada L_0 numunenin ilk ölçü uzunluğunu, L_k ise numunenin kırılma anındaki boyunu gösterir. Kopma uzaması ise;

$$KU(\%) = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$$

bağıntısı yardımıyla belirlenir. Bu değer malzemenin sünekliğini gösterir.

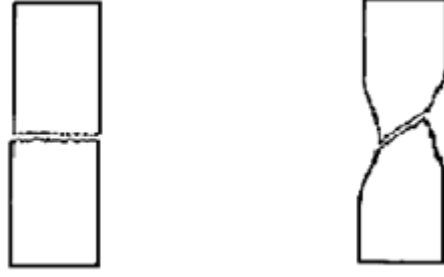
Yüzde Kesit Daralması (KD): Çekme numunesinin kesit alanında meydana gelen en büyük yüzde daralma veya büzülme oranı olup;

$$KD(\%) = \frac{A_0 - A_K}{A_0} \times 100$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada A_0 deney numunesinin ilk kesit alanını, A_k ise kırılma anındaki kesit alanını veya kırılma yüzeyinin alanını gösterir. A_k nın hesaplanması işçin hacmin sabit kalacağı ifadesi kullanılır.

$$V_0 = V_K \Rightarrow A_0 L_0 = A_K L_K \Rightarrow A_K = A_0 \frac{L_0}{L_K}$$

Kesit daralması, kopma uzaması gibi sünekliğin bir göstergesidir. Sünek malzemelerde belirgin bir büzülme veya boyun verme meydana gelirken, gevrek malzemeler büzülme göstermezler. Şekil 2’de gevrek ve sünek malzemelerin kırılma davranışları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. (a) Gevrek malzemenin kırılma şekli (b)sünek malzemenin kırılma şekli.

VIDEO EKSTENSOMETRE

Ekstensometre, bir cismin uzunluğundaki küçük/büyük değişimleri ölçmek için kullanılan cihazdır. Bu cihaz gerilme-birim şekil değiştirme ve çekme testlerinde kullanılır. Bir çok malzemem için birim şekil değiştirme, numune üzerine tutturulan mekanik ekstensometreler veya numuneye bağlanan strain gaugesler kullanılarak ölçülebilir. Fakat fiber, köpük veya yumuşak plastikler gibi hassas malzemelerin testinde bu cihazlar genellikle uygun değildir. Bunun nedeni bu cihazların ağırlık ve bağlanma yöntemi gibi parametrelerinin her ikisinin de malzeme için sonuçları ve kopma noktasını etkilemesidir. Bu problemlerin çözülmesi için günümüzde numuneye temas etmeden ölçüm yapan lazer ve video ekstensometre gibi sistemler kullanılmaktadır.

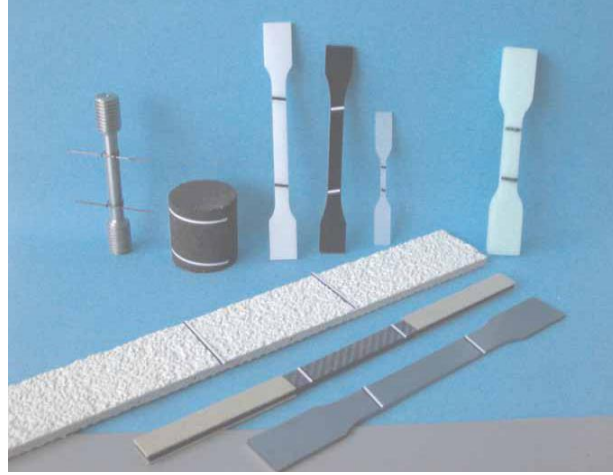


Şekil 3. Video ekstensometre

Video ekstensometre cihazı, test esnasında bilgisayara bağlı dijital video kameralar vasıtasıyla numune üzerinden sürekli görüntü alarak malzemelerin gerilme/birim şekil değiştirme ölçümlerini yapmayı sağlar. Teste tabi tutulan malzemeye ait numuneler genellikle belirli bir şekilde kesilir ve özel işaretleyicilerle (kaydedilen görüntülerde işareti numune renginden ve dokusundan ayıran genellikle özel etiketler veya kalemler) işaretlenir. Teste tabi tutulan numune çekme/basma durumundayken kaydedilen görüntülerde bu işaretler arasındaki piksel mesafesi, sabit bir şekilde video kamera tarafından takip edilir. Piksel mesafeleri ölçülerek doğru bir birim şekil değiştirme ölçümü değeri alınır. Doğru bir kalibrasyon ve iyi bir görüntü algoritması ile bir mikrometreden (μm) çok daha düşük seviyede çözünürlük elde edilebilir.

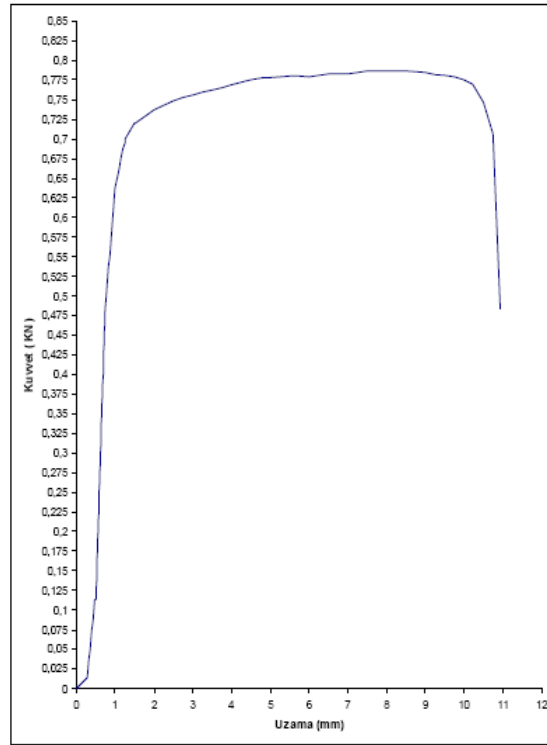
3. DENEYİN YAPILIŞI

Çekme deneyi için önce test edilecek malzemeden standartlara uygun bir çekme numunesi hazırlanır (Şekil 4). Bu numune üzerine işaretler konur. Çekme deney makinesinin çeneleri arasına düzgün ve ortalayacak bir şekilde sıkıştırılan bu numune gittikçe artan bir yük ile kopuncaya kadar çekilir. Bu esnada uygulanan F yükü ile buna karşı malzemenin gösterdiği uzamalar (ΔL) cihaz ve video ekstensometre ile ölçülür. Deney sonucu elde edilen yük (F) ve uzama (ΔL) değerlerinden yararlanarak ($F - \Delta L$) diyagramı elde edilir. Bu diyagrama çekme diyagramı da denir. Şekil 5’de de yumuşak bir çeliğin çekme deneyi sonucu elde edilecek çekme diyagramı görülmektedir.



Şekil 4. Standart çekme/basma numuneleri

$F - \Delta L$ diyagramındaki değerlerden yararlanılarak her nokta için σ ve ε değerleri hesaplanır ve mühendislik açısından büyük önem taşıyan gerilme uzama diyagramı çizilir.



Şekil 5. Yumuşak çeliğe ait $F - \Delta L$ diyagramı

4. İSTENENLER

- Kuvvet ile cihaz ve video ekstensometreden alınan uzama verileri kullanılarak her ikisi için ayrı ayrı gerilme – şekil değiştirme diyagramının elde edilmesi.
- Gerilme – şekil değiştirme diyagramlarından elastisite modüllerinin hesaplanması.
- Gerilme – şekil değiştirme diyagramlarından akma gerilmesi, çekme dayanımı ve kopma gerilmelerinin hesaplanması
- Yüzde kopma uzaması ve yüzde kesit daralmalarının hesaplanması.
- Bulunan değerlerin karşılaştırılarak yorumlanması.