

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

OTO4003 OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI
DENEY FÖYÜ

LAB. NO:

DENEY ADI : **ÇEKME VE BASMA DENEYLERİ FÖYÜ**

2018

BURSA

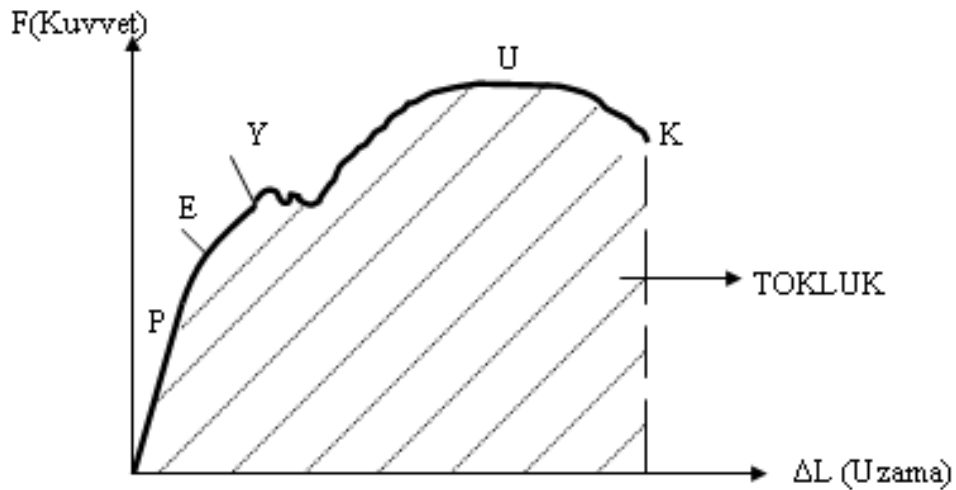
1. ÇEKME DENEYİ

1.1. Çekme Deneyinin Amacı

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 arttırılarak **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.

1.2. Tanımlamalar ve Teorik Bilgi

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, malzemedeki 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 düzgünlük gösterdiği kısma karşı gelen gerilme değeridir, Şekil 1.

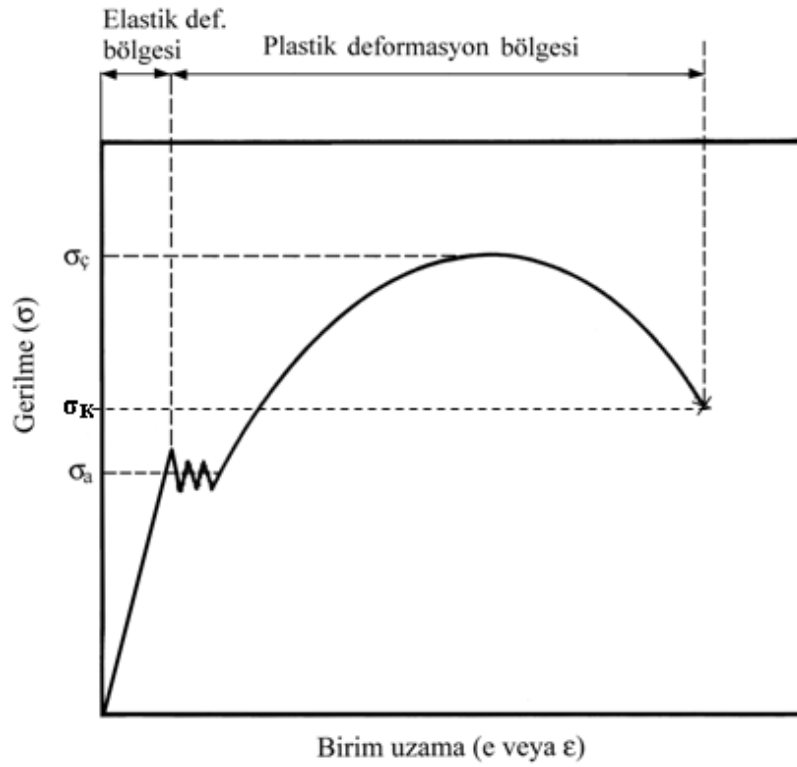
$$\sigma_a = \frac{P_a}{A_0}$$

Çekme dayanımı (σ_{ζ}): 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.

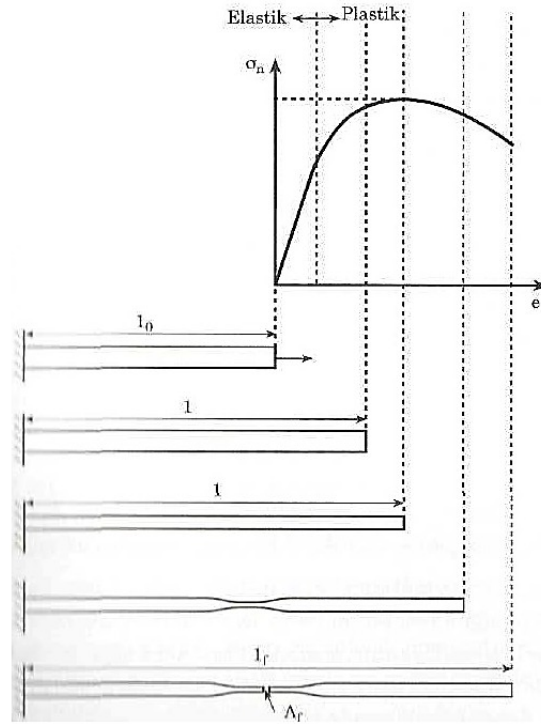
$$\sigma_{\zeta} = \frac{P_{\max}}{A_0}$$

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



Şekil 2. Çekme Deneyinde Uniform Uzama, Büzülme ve Kopma

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.

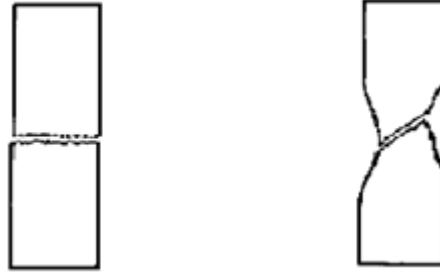
Yüzde Kesit Daralması (KD): Çekme numunesinin kesit alanında meydana gelen en büyük yüzde daralma veya büzülme oranı olup;

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

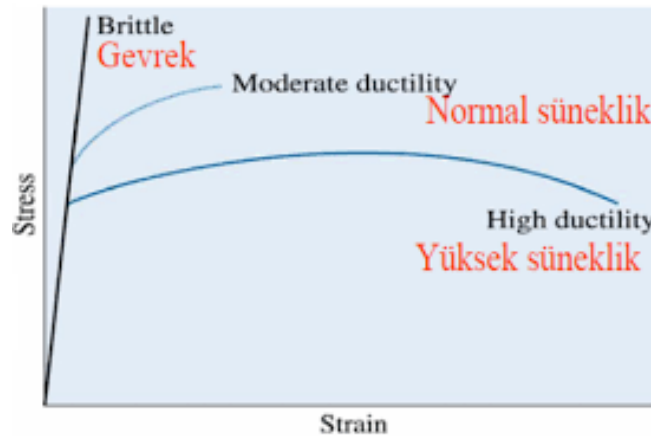
bağıntısı ile hesaplanır. Burada A_0 deney numunesinin ilk kesit alanını, A_k ise kırılma anındaki kesit alanını veya kırılma yüzeyinin alanını gösterir. A_k nın hesaplanması için hacmin sabit kalacağı ifadesi kullanılır.

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

Kesit daralması, kopma uzaması gibi sünekliğin bir göstergesidir. Sünek malzemelerde belirgin bir büzülme veya boyun verme meydana gelirken, gevrek malzemeler büzülme göstermezler. Şekil 3'te gevrek ve sünek malzemelerin kırılma davranışları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. (a) Gevrek malzemenin kırılma şekli (b)sünek malzemenin kırılma şekli.



Şekil 4. Gevrek ve Sünek Kırılmanın çekme Eğrisinde Görünüşü

Rezilyans: Malzemenin yalnız elastik şekil değiştirmesi için harcanan enerji veya elastik olarak şekil değiştirdiğinde absorbe ettiği enerjiyi, şekil değişimini yapan kuvvetin kaldırılması ile geri vermesi özelliğine rezilyans denir. Bu enerji, gerilme- birim uzama (σ - ϵ) eğrisinin elastik kısmının altında kalan alan

$$\left(\frac{\sigma_0 \cdot \epsilon_{el}}{2} \right)$$

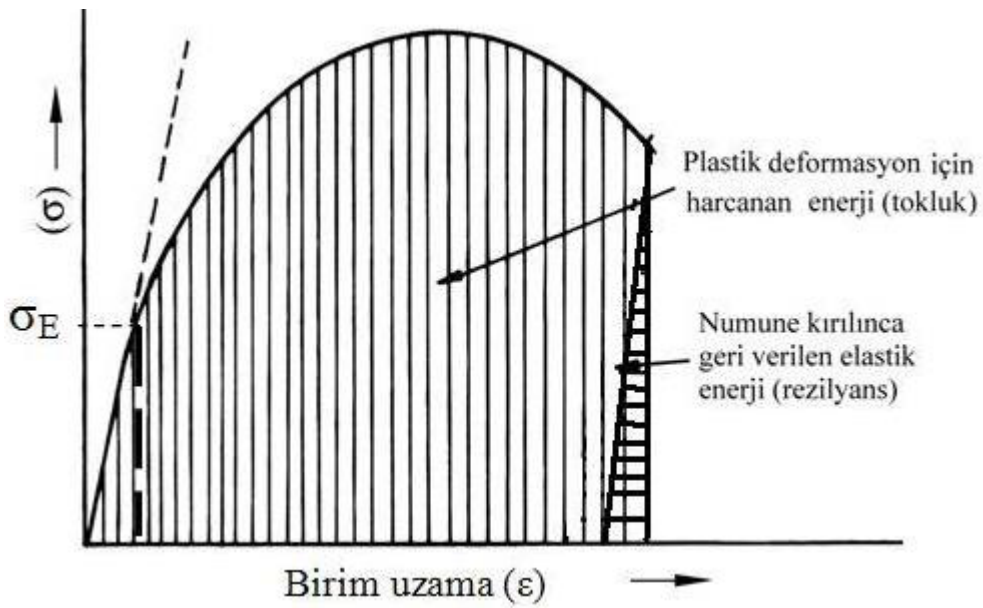
Formülü ile belirlenir ve numune kırılınca geri verilir. Elastik alanda akma sınırına kadar yapılan birim hacim şekil değişimi işine rezilyans modülü denir.

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

Tokluk: Malzemenin birim hacmi başına düşen plastik şekil değiştirme enerjisi olarak tanımlanır ve malzemenin kırılincaya kadar enerji depolama veya soğurma yeteneğini gösterir. Tokluk, genellikle σ - ϵ eğrisinin altında kalan alanın

$$\left(\int_0^{\epsilon_k} \sigma \cdot d\epsilon \right)$$

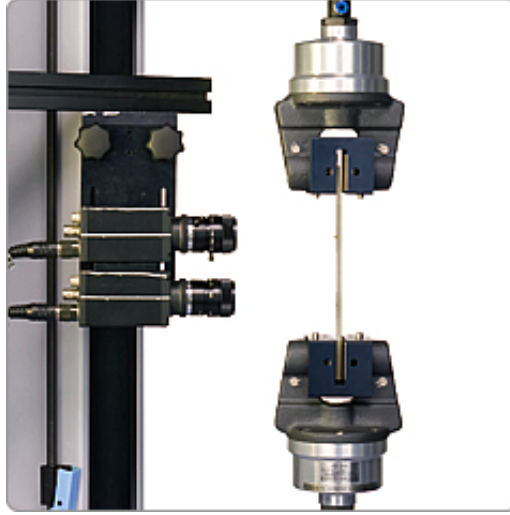
Formülüyle hesaplanması ile bulunur. Bu formüldeki malzemede kırılincaya kadar meydana gelen en yüksek veya toplam birim şekil değiştirme miktarıdır. Tokluğun gerilme–birim uzama eğrisi yardımıyla belirlenişi Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5. Gerilme – Birim Şekil Değiştirme Eğrisi Yardımıyla Şekil Değiştirme Enerjilerinin (Rezilyans ve Tokluk) Belirlenmesi

1.3. Video Ekstansometre

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.

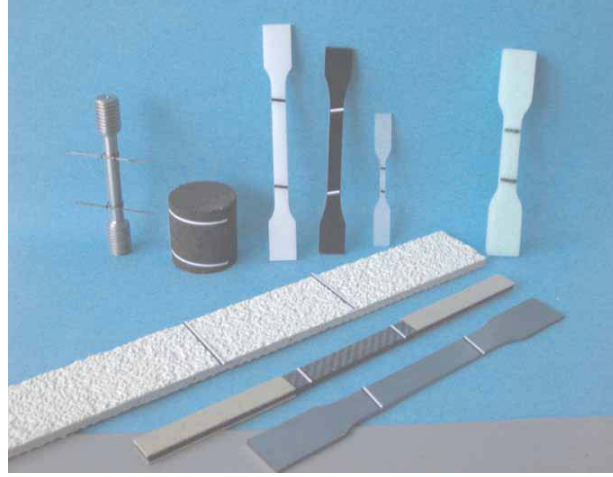


Şekil 6. Video ekstensometre

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.

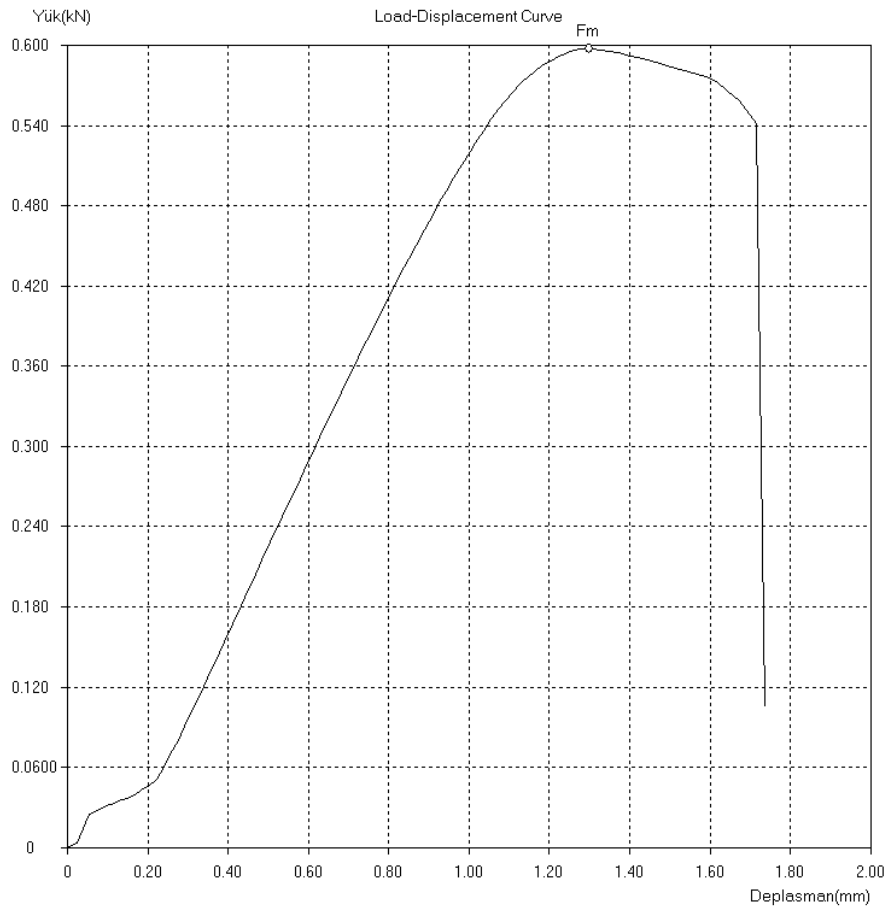
1.4. Deneyin Yapılışı

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 – ΔL diyagramındaki değerlerden yararlanılarak her nokta için σ ve ϵ değerleri hesaplanır ve mühendislik açısından büyük önem taşıyan gerilme uzama diyagramı çizilir.



Şekil 5. ABS Filamentten Üretilen Bir Çekme Numunesine ait F – ΔL diyagramı

1.5. Deney ile İlgili Raporda İstenenler

- a- Deneyi yapılan malzemelerin Kuvvet-Deplasman verilerini kullanarak, malzemelere ait Gerilme – Birim Şekil Değişirme ($\sigma - \epsilon$) eğrilerinin Excell, Matlab, Origin veya kendi bildiğiniz bir grafik oluşturma programı ile oluşturulması,
- b- Oluşturduğunuz $\sigma - \epsilon$ eğrisini kullanarak malzemeye ait Elastisite Modüllerinin (E) hesaplanması,
- c- Malzemelere ait $\sigma - \epsilon$ eğrileri üzerinde, akma gerilmelerini (σ_a), çekme dayanımını (σ_c) ve kopma gerilmelerinin (σ_k) hesaplanması ve gösterilmesi,
- d- Elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve yorumlanması istenmektedir.

2. BASMA DENEYİ

2.1. Basma Deneyinin Amacı

Mühendislik malzemelerinin çoğu, uygulanan gerilmeler altında biçimlerini kalıcı olarak değiştirirler, yani plastik şekil değişimine uğrarlar. Bu malzemelerin hangi koşullar altında ve ne zaman kalıcı şekil değişimine uğrayacaklarını bilmek çok önemlidir. Çeşitli yapı elemanlarının veya makine parçalarının etkisinde bulundukları yükler altında biçimlerini değiştirmesi istenilmeyen bir olaydır.

Basma deneyi, çekme deneyinin tersi olarak kabul edilebilir ve aynı test cihazında basma kuvveti uygulamak suretiyle yapılır. Basma kuvvetinin etkin olduğu uygulamalarda kullanılan gevrek malzemelerin, mukavemet değerleri basma deneyi ile belirlenir. Bu nedenle basma deneyinden elde edilen sonuçlar gevrek malzemelerle yapılan tasarımda doğrudan kullanılabilirler. Basma deneyinde homojen bir gerilim dağılımı sağlamak amacıyla yuvarlak kesitli numuneler tercih edilir. Fakat kare veya dikdörtgen kesitli numuneler de kullanılmaktadır. Basma deneyi numunelerinde, numune yüksekliği (h_0) ile çapı (d_0) arasındaki h_0/d_0 oranı oldukça önemlidir. Numunenin h_0/d_0 oranının çok büyük olması, deney sırasında numunenin bükülmesine ve homojen olmayan gerilim dağılmasına sebep olur. Bu oran küçüldükçe numune ile basma plakaları arasında meydana gelen sürtünme deney sonuçlarını çok fazla etkilemektedir. Bu sebeple numunenin h_0/d_0 oranının $1.5 \leq h_0/d_0 \leq 10$ aralığında olması önerilir. Metalik malzemelerin basma numunelerinde ise bu oran genellikle 2 olarak kullanılır.

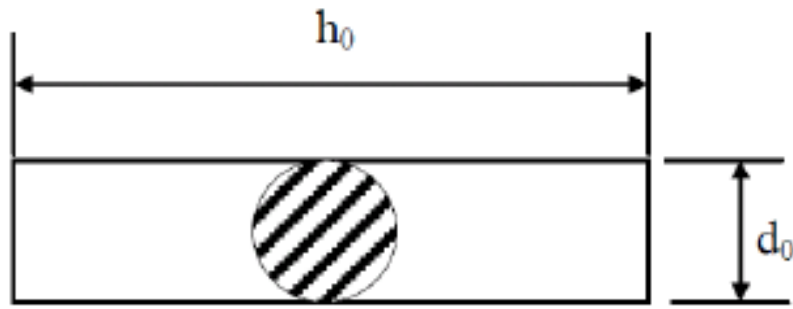
Basma kuvvetlerinin etkin olduğu yerlerde kullanılan malzemeler genellikle gevrek malzemelerdir ve özellikleri basma deneyi ile belirlenir. Gri dökme demir, yatak alaşımları gibi metalik malzemeler ile tuğla, beton gibi metal dışı malzemelerin basma mukavemetleri, çekme mukavemetlerinden çok daha yüksek olduğu için bu gibi malzemeler basma kuvvetlerinin etkin olduğu yerlerde kullanılır ve basma deneyi ile bu malzemelerin mekanik özellikleri tespit edilebilir. Basma deneyi sırasında numunenin kesiti devamlı olarak arttığından, çekme deneyinde görülen “Boyun” teşekkülü problemi yoktur. Basma deneyi bilhassa gevrek ve yarı gevrek malzemelerin sünekliğini ölçmede çok faydalıdır, zira bu malzemelerin sünekliği çekme deneyi ile hassas olarak ölçülemez. Bu malzemelerin çekmede % uzama ve % kesit daralması değerleri hemen hemen sıfırdır. Basma deneyinin diğer bir avantajı da çok küçük numunelerin bile kullanılabilmesidir. Bu avantaj, bilhassa çok pahalı malzemelerle çalışıldığında veya çok az miktarda malzeme bulunduğu durumlarda çok faydalıdır.

2.2. Deneyin Yapılışı

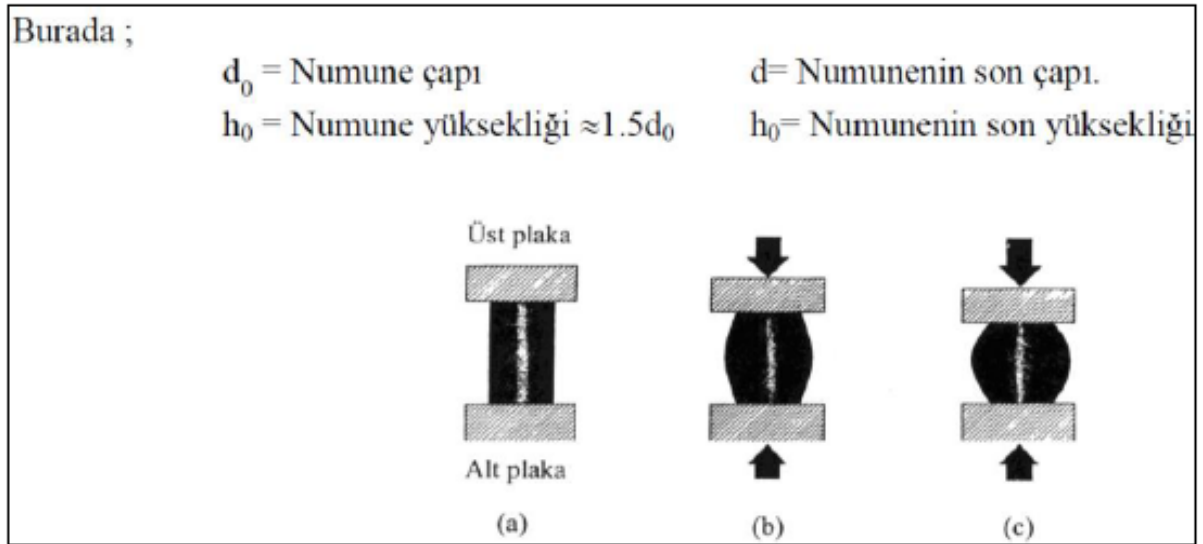
Basma deneyi, standartlara göre hazırlanan deney numunesinin (örnek), sabit sıcaklıkta ve tek ekseninde, belirli bir hızla, malzeme dağılıncaya kadar (yük taşıyamaz duruma gelene kadar) basılması işlemidir. Basma makinalarında basma plakaları aracılığı ile örneğe yük uygulanır. Yük uygulanan plakaların alt ve üst yüzeyleri, numunenin düşey eksenine dik ve birbirine

paralel olmalıdır. Basma deneyinde, numunenin kesiti sürekli arttığından, çekme deneyinde görülen boyun verme olayı meydana gelmez. Sünek malzemelerin basma deneyleri sırasında örnek uçları ile basma plakaları arasındaki sürtünme kuvvetinden dolayı, fıçı olayı olarak adlandırılan şişme meydana gelir. Basma deneyine tabi tutulan sünek bir malzemedeki fıçı oluşumu Şekil 2’de gösterilmektedir.

Kopma uzaması ve kopma büzülmesi değerleri hemen hemen sıfır olan gevrek malzemelerin sünekliği çekme deneyi ile ölçülemez. Bu tür malzemelerin sünekliği basma deneyi ile ölçülür. Basma deneyinde çok küçük boyuttaki örnekler bile deneye tabi tutulabilir. Bu durum, deneye tabi tutulacak malzemelerin pahalı ve çok az olması durumunda yararlar sağlar. Şekil 1.’de yuvarlak kesitli ve silindirik başlı, bir malzeme için basma numunesi örneği verilmiştir.



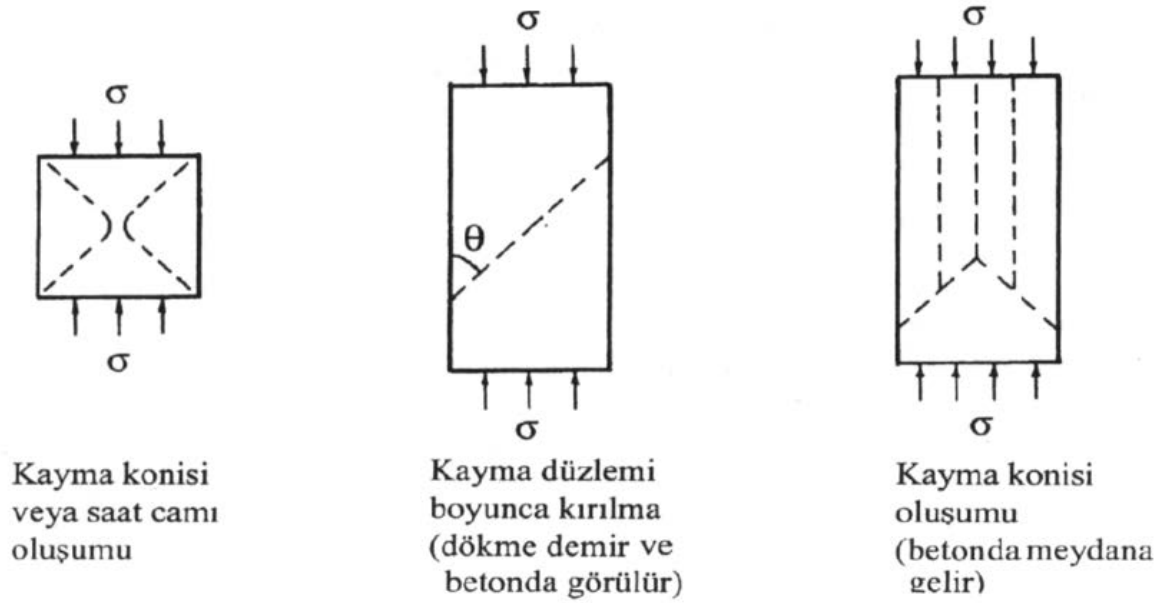
Şekil 1. Yuvarlak Kesitli Silindirik Başlı Basma Numunesi



Şekil 2. Basma Kuvveti Uygulanan Sünek Numunelerdeki Fıçı Yapısı Oluşumu **a)** Basma Kuvveti Yok **b)** Basma Kuvveti Etkisiyle Fıçı Oluşumunun İlk Aşaması **c)** Fıçı Oluşumunun Tamamlanması

Basma deneyi sonucunda, malzemelerin basma diyagramı elde edilir. Basma diyagramı, genelde çekme diyagramına benzer. Basma diyagramının elastik deformasyonu gösteren

kısmı çekme diyagramının elastik kısmı gibidir ve akma sınırından sonra, basma diyagramında da plastik deformasyon azalması meydana gelir. Basma diyagramında plastik deformasyonu gösteren kısmın ilk aşaması, çekme diyagramının plastik deformasyon bölgesinin ilk devresini andırır, ancak çekme diyagramında maksimum noktadan sonra gerilme değerinde bir azalma meydana gelirken, basma diyagramında gerilme artar. Yani basma eğrisinin eğiminde artış meydana gelir. Bu durum, basma sırasında numune kesitinin devamlı artmasından kaynaklanır. Özellikle plastik deformasyonun sonuna doğru numune kesiti büyük oranda arttığından, basma gerilmesinde de ani yükselme görülür. Şekil 4'te metalik bir malzemenin çekme ve basma diyagramları görülmektedir.



Şekil 3. Gevrek Malzemedeki Basma etkisiyle Meydana Gelen Kırılma Türleri

$\sigma_b = F_{\max}/A_0$ formülü ile bulunur. Bu gerilmeye kadar numunenin kesiti her tarafta aynı oranda büyüdüğü halde özellikle plastik deformasyonun sonuna doğru numune kesiti büyük oranda artar ve daha büyük bir gerilmeye numune kırılır.

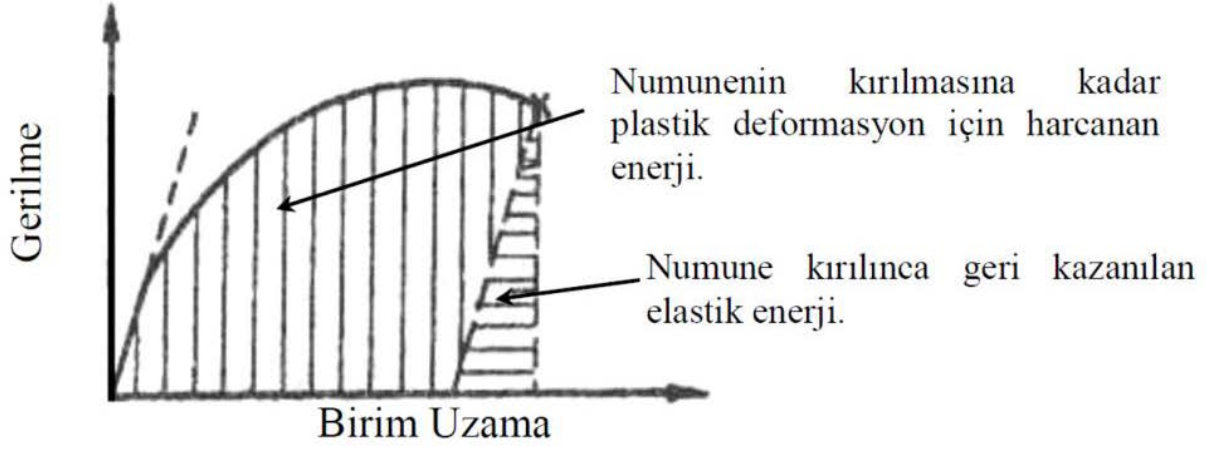
c) Orantı Sınırı (σ_0): Gerilme ile birim uzama arasında $\sigma = E \cdot \epsilon$ bağıntısının (Hooke kanunu) geçerli olduğu doğrusal kısmı sınırlar. Bu bağıntıdaki orantı katsayısı E, elastiklik (katılık) modülü adını alır ve doğrunun eğimini gösterir. Ahşap, kauçuk ve deri gibi bazı malzemelerin $\sigma - \epsilon$ diyagramında böyle bir doğrusal bölge bulunmadığı için, sabit bir E değeri yerine ancak, belirli bir noktadaki teğetin eğimi söz konusu olur. Bir malzemenin elastiklik modülü ne kadar büyükse, rijitliği yani elastik şekil değiştirmeye karşı direnci de o oranda büyüktür. Bir malzemeye ait elastiklik modülü herhangi bir ısı veya mekanik işlem yardımıyla değiştirilemez.

d) Kopma Uzaması (K.U.): Basma örneğinin kopuncaya veya kırılıncaya kadar gösterdiği yüzde uzama miktarı olarak tanımlanır. Deney parçasının kopan kısımlarının bir araya getirilmesi ile ölçülen l_k ve $\Delta l_k = l_k - l_0$ yardımıyla $K.U. = (\% \Delta l_k / l_0) \times 100$ bağıntısı yardımıyla bulunur. Bu değer ne kadar büyükse malzeme o derece sünektir anlamına gelir. Bir malzemede σ_k ve σ_b değerlerini yükselten etkenler çoğunlukla sünekliği azaltırlar.

e) Rezilyans: Malzemenin yalnız elastik şekil değiştirme sırasında enerji absorbe etme yeteneğine denir. Bu enerji, gerilme (σ) birim uzama (ϵ) eğrisinin elastik kısmının altında kalan alan ile belirlenir (Şekil 5).

f) Tokluk: Malzemenin kırılıncaya kadar enerji depolama yeteneğine denir. Genellikle $\sigma - \epsilon$ eğrisinin altında kalan alanın hesaplanması ile bulunur. Birim hacim başına düşen kırılma enerjisi olarak tanımlanan tokluk, kırılmaya karşı direnç için bir ölçü kabul edilir (Şekil 5). Bu değerle, örneğin darbeli zorlama halinde bulunan dinamik tokluk arasında bir bağıntı yoktur. Sünekliğin olduğu gibi, tokluğun karşısı olarak da gevreklik deyimini kullanılır.

$$A = \int_0^{\epsilon_k} \sigma d\epsilon$$



Şekil 5. Gerilme – Birim Şekil değiştirme Eğrisinin Altında Kalan Alan Şekil Değişimi İçin Gerekli Enerjiyi (Tokluğu) Verir

KAYNAKLAR

- 1- İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Metalurji Mühendisliği Laboratuvarı -2 Deney Föyleri
- 2- Manisa Celal bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Çekme ve Basma Deney Föyleri
- 3- Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Makine Laboratuvarı Deney Föyleri.