

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

METAL TEKNOLOJİSİ

**TAHRİBATLI MUAYENE
521MMI207**

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. ÇEKME DENEYİ YAPMAK	3
1.1. Tahribatlı Muayene Yöntemleri	3
1.2. Çekme Deneyinin Tanımı	3
1.2.1. Gerilme Çeşitleri	4
1.2.2. Malzemelerin Kristal Yapısı	4
1.2.3. Elastikiyet Modülü	5
1.2.4. Gerilmenin (kg/mm^2) Tanımı	6
1.3. Çekme Cihazı ve Kısımları	6
1.3.1. TS Standartlarına Göre Yuvarlak Kesitli Test Numunesi	7
1.3.2. TS Standartlarına Göre Kalın Levhalar ve Yassı Test Numuneleri	8
1.3.3. Gerilme Birim Uzama Diyagramı	9
1.3.4. Yüzde Uzama ve Yüzde Kesit Daralması hesabı	11
UYGULAMA FAALİYETİ	12
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	14
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	15
2. BASMA DENEYİ YAPMAK	15
2.1. Basma Deneyinin Tanımı	15
2.2. Basma Gerilmesi Hesabı	16
2.3. Ezilme (Yığılma, ϵ_b)	17
2.4. Kesit Büyümesi Hesabı (Şişme)	17
UYGULAMA FAALİYETİ	18
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	20
3. KIRMA DENEYİ YAPMAK	21
3.1. Kırma Deneyinin Tanımı	21
3.2. Kırma Enerjisi Hesabı	22
3.3. Darbe Test Numuneleri	23
UYGULAMA FAALİYETİ	24
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	26
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	27
4. EĞME DENEYİ YAPMAK	27
4.1. Eğme Deneyinin Tanımı	27
4.2. Eğilme Gerilmesi Hesabı	27
UYGULAMA FAALİYETİ	29
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	31
MODÜL DEĞERLENDİRME	32
KAYNAKÇA	34

AÇIKLAMALAR

KOD	521MMI207
ALAN	Metal Teknolojisi
DAL/MESLEK	Kaynakçılık, Isıl İşlem
MODÜLÜN ADI	Tahribatlı Muayene
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül tahribatlı muayene yöntemleri ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Tahribatlı muayene yöntemlerini uygulamak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam ve ekipman sağlandığında standartlarına uygun olarak çekme, basma, kırma, bükme deney işlemlerini yapabileceksiniz. Amaçlar 1. TS 287 EN 895, TS EN 876 standartlarını dikkate alarak çekme deneyi ile kontrol yapabileceksiniz. 2. TS 206 standardına uygun olarak basma deneyi ile kontrol yapabileceksiniz. 3. Özel test parçasına her iki yanından çentik açarak parça kopana kadar kuvvet uygulayıp kırma deneyi ile kontrol yapabileceksiniz. 4. Kaynaklı parçayı istenilen açılarda bükerek kaynağın fiziksel kontrolünü bükme deneyi ile kontrol edebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Donanım: Tahribatlı muayene için gerekli laboratuvar cihaz ve takımları
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Herhangi bir amaç için seçilen bir malzemenin, çalışacağı yerde görevini yapip yapamayacağını anlamak veya malzemenin özelliklerini belirlemek için yapılan çeşitli deneylere malzeme muayenesi denir. Malzeme muayenesi tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleri olarak ikiye ayrılır. Bu modül tahribatlı malzeme muayene yöntemlerini tanıtmayı amaçlamaktadır.

Günümüzde malzeme muayenesi ile üretim bir arada yapılmaktadır. Muayene yapılmadan ürünün piyasaya sürülmesi mümkün değildir. İşletmelerdeki kalite kontrol laboratuvarları onların devamlılıklarını sağlamaktadır.

Malzemelerin sertlik, süneklik ve mukavemet gibi temel mekanik özellikleri iç yapılarına bağlıdır. Bu nedenle malzemelerin iç yapı ve özellikleri iyi bilinmelidir. Bu özelliklerin tespiti birtakım mekanik deneylerle yapılır. Malzemelerin çekme ve basma dayanımları, uygulanan yüklere gösterdiği direnç ile belirlenir. Malzemelerin kopmaya karşı dayanımları uygulanan darbelere karşı gösterdikleri dirençle belirlenir. Malzemelerin eğilmeye karşı gösterdikleri dayanım ise iki mesnet parçası arasına uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç ile belirlenir.

Bu modülle malzemelerin tahribatlı muayenesini tekniğine uygun olarak yapmayı öğreneceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında, TS 287 EN 895, TS EN 876 standartlarını dikkate alarak çekme deneyi ile kontrol yapabileceksiniz

ARAŞTIRMA

- Değişik çekme deney cihazlarını ve çeşitlerini araştırınız.
- Çekme deney numunesi nasıl hazırlanır? Araştırınız.

1. ÇEKME DENEYİ YAPMAK

1.1. Tahribatlı Muayene Yöntemleri

Tahribatlı muayene; malzemelerin çekme, basma, eğilme vb. kalıcı şekil değişikliklerine karşı göstereceği direnci ve dayanımı belirlemek için uygulanan muayene yöntemleridir.

Bunlar;

- Çekme deneyi,
- Basma deneyi,
- Kırma deneyi,
- Eğme deneyidir.

1.2. Çekme Deneyinin Tanımı

Çekme deneyi en yaygın olarak kullanılan tahribatlı malzeme muayene yöntemidir. Çekme deneyi malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır.

Malzemelerin, uygulanan kuvvet karşısında kopmaya karşı gösterdikleri dayanıma çekme dayanımı denir.

Bu yöntem ile önceden hazırlanmış standart deney çubuğuna devamlı artan bir kuvvet uygulanır. Çubuğa uygulanan kuvvet, akma dayanımı denilen belli bir oranın aşılması ile birlikte kalıcı uzama meydana getirir. Bu oranının altındaki uzama kalıcı değildir. Kalıcı uzamanın olduğu şekil değişimine plastik şekil değişimi denir. Malzemeye uygulanan kuvvetin etkisi kalktıktan sonra, malzemenin eski hâline dönmesine elastik şekil değişimi denir.

1.2.1. Gerilme Çeşitleri

Çekme testi esnasında 3 farklı gerilme görülür.

- **Akma gerilmesi:** Kaymanın başladığı ve kalıcı uzamanın etkili olduğu gerilmedir.
- **Çekme gerilmesi:** Malzemeye uygulanan en yüksek gerilmedir.
- **Kopma gerilmesi:** En yüksek plastik şekil değişiminin olduğu ve kopmanın gerçekleştiği gerilmedir.

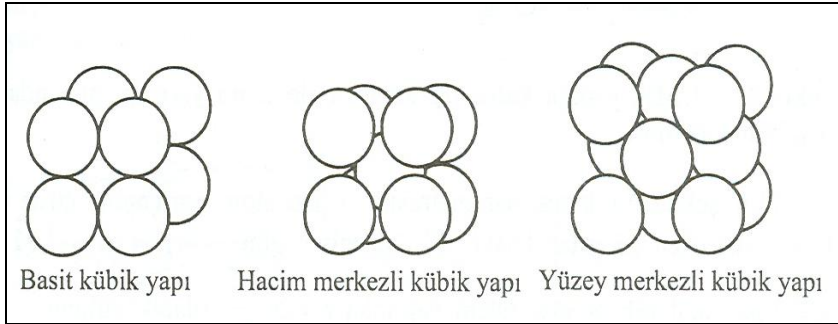
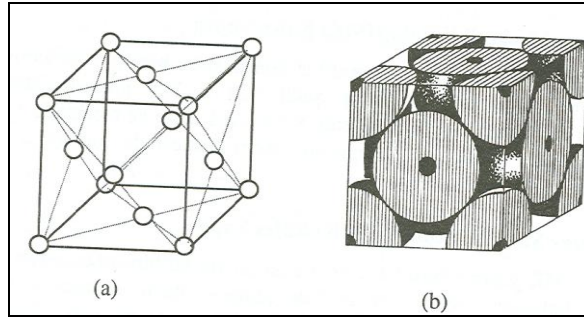
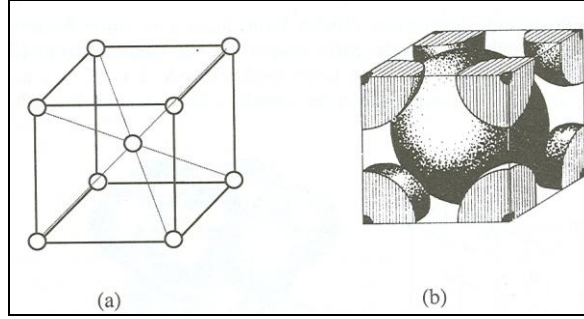
1.2.2. Malzemelerin Kristal Yapısı

Cisimlerin atomlarının ya da moleküllerinin dizilişleri ve buldukları konumları büyük bir önem taşımaktadır. Atomların diziliş şekilleri malzemelerin özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Atomlar düzgün geometrik şekillerde dizilerek kristal kafesi oluşturur. Doğada 7 değişik kristal kafes sistemi bulunmaktadır (Tablo 1.1).

Kristal Kafes Sistemi	Kafes türü
Kübik	Basit, Hacim Merkezli, Yüzey Merkezli
Tetragonal	Basit, Hacim Merkezli
Ortorombik	Basit, Hacim Merkezli, Yüzey Merkezli, Taban Merkezli
Rombohedral	Basit
Hegzagonal	Basit
Monoklinik	Basit, Taban Merkezli
Triklinik	Basit

Tablo 1.1: Kristal kafes sistemleri

Metal malzemeler çok özel durumlar dışında daima kristal yapıdadır. Metal malzemeler genel olarak hacim merkezli kübik (HMK), yüzey merkezli kübik (YMK) ve sıkı paket hegzagonal (HSP) yapılara sahiptir. Diğer kristal yapılar metallerde çoğunlukla görülmez.

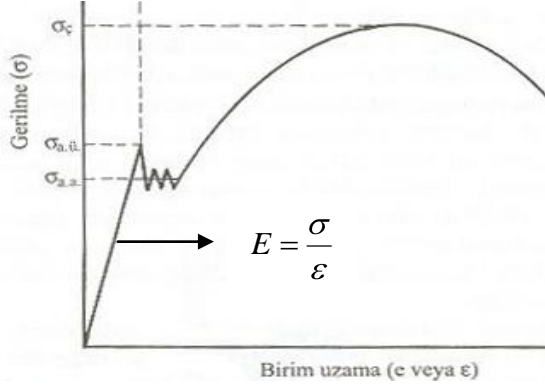


Şekil 1.3: Basit, hacim merkezli ve yüzey merkezli kübik yapılarda atomların paketlenme düzenleri

1.2.3. Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü Şekil 1.4'te görülen gerilme-uzama eğrisinde elastik bölgedeki doğrunun eğimidir. Bu ilişki Hooke Kanunu olarak ifade edilmektedir.

$$\text{Elastik Modülü} = E = \text{Gerilme} / \text{Elastik Uzama}$$



Şekil 1.4: Elastik bölgedeki Hook doğrusunun eğimi

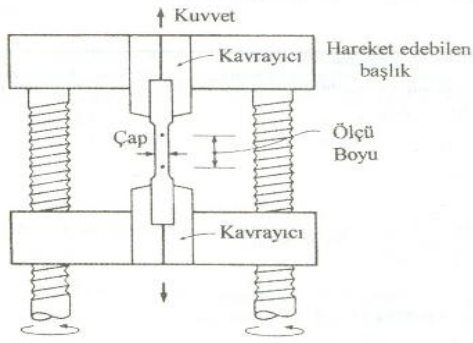
1.2.4. Gerilmenin (kg/mm^2) Tanımı

Birim alana uygulanan kuvvete gerilme denir. $\sigma = F/A$ olarak ifade edilir. Çekme testinde gerilme etkisiyle malzemelerin boyutlarında bir uzama olurken kesit alanlarında bir daralma olur.

Burada; $\sigma =$ Gerilmeyi, $F =$ Uygulanan kuvveti, $A =$ Malzemenin kesit alanını ifade eder.

1.3. Çekme Cihazı ve Kısımları

Çekme cihazları genel olarak sabit bir alt çene, hareketli üst çene ve uzamanın ölçüldüğü ekstensometreden oluşur. Şekil 1.5'te çekme testinin genel prensibi gösterilmekte olup Resim 1.1'de ise universal çekme test cihazı görülmektedir. Günümüzde pek çok değişik tipte çekme test cihazları geliştirilmiştir.



Şekil 1.5: Çekme testi genel prensibi

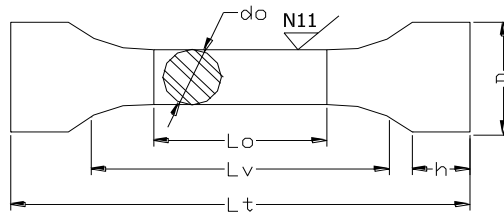


Resim 1.1: Çekme deneyi test cihazları

1.3.1. TS Standartlarına Göre Yuvarlak Kesitli Test Numunesi

Deney parçaları çoğunlukla yuvarlak kesitli olmakla birlikte kare, dikdörtgen veya başka bir geometrik şekilde de olabilir. Çekme deneylerinde kullanılan yuvarlak deney parçaları Şekil 1.6'ya uygun olmalıdır. $L_0 = 5 \times d_0$, $L_v = L_0 + D_0$ formüllerine göre saptanan ve çekme deneyinde kullanılan deney parçalarının gövde çapına, ilk ölçü uzunluğuna, ilk kesit alanına ve kavis yarıçapına ait değerler Tablo 1.2'de verilmiştir.

- d_0 = Numunenin çapı
- D = Baş kısmının çapı
- h = Baş kısmının uzunluğu
- L_0 = Ölçü uzunluğu
- L_v = İnceltilmiş kısmın uzunluğu
- L_t = Numunenin toplam uzunluğu



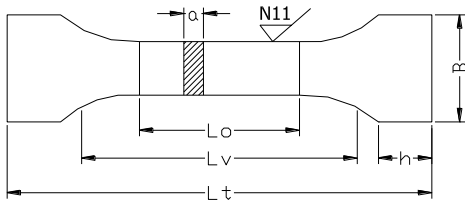
Şekil 1.6: Yuvarlak kesitli deney numunesi

do (mm)	D (mm)	h (mm)	Lo (mm)	Lv (mm)	Lt (mm)
6	8	25	30	36	95
8	10	30	40	48	115
10	12	35	40	60	140
12	15	40	50	72	160
14	17	45	70	84	180
16	20	50	80	96	205
18	22	55	90	108	230
20	24	60	100	120	250
25	30	70	125	150	300

Tablo 1.2: Yuvarlak kesitli malzeme normu

1.3.2. TS Standartlarına Göre Kalın Levhalar ve Yassı Test Numuneleri

Çekme deneylerinde kullanılan dikdörtgen kesitli deney parçaları Şekil 1.7'ye uygun olmalıdır. Dikdörtgen kesitli deney parçalarının ilk ölçü uzunluğuna, kavis yarı çapına ve toplam uzunluğuna ait değerler Tablo 1.3'te verilmiştir.



- o= Numunenin alanı
- B= Baş kısmının yüksekliği
- h= Baş kısmının uzunluğu
- Lo= Ölçü uzunluğu
- Lv= İnceltilmiş kısmın uzunluğu
- Lt= Numunenin toplam uzunluğu

Şekil 1.7: Dikdörtgen kesitli deney numunesi

a (mm)	b (mm)	B (mm)	h (mm)	Lo (mm)	Lv (mm)	Lt (mm)
5	10	15	30	40	50	140
5	16	22	30	50	65	155
6	20	27	50	60	80	210
7	22	29	50	70	90	220
8	25	33	60	80	105	260
10	25	33	60	90	115	275
12	26	34	70	100	125	300
15	30	40	70	120	150	325
18	30	40	70	130	160	335

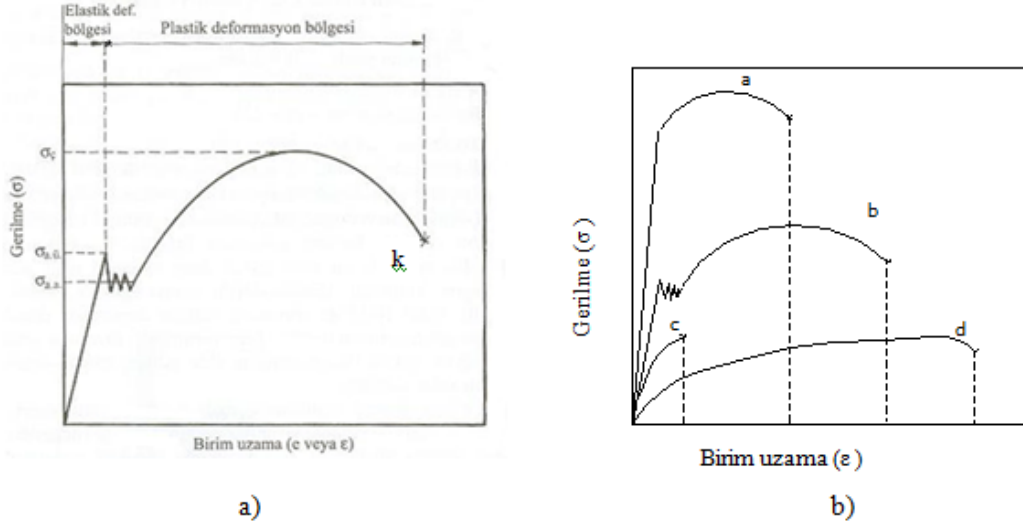
Tablo 1.3: Kalın levhalar ve yassı malzeme normu (TS 138)

1.3.3. Gerilme Birim Uzama Diyagramı

Gerilme birim uzama eğrisine çekme diyagramı adı verilmektedir. Çekme diyagramı, çekme testi sonucunda elde edilmektedir. Şekil 1.8b’de görüldüğü gibi her malzemenin özelliğine göre gerilme-birim uzama eğrisi farklılık göstermektedir. Gevrek malzemeler plastik şekil değişimi göstermeden kırılırken yumuşak (sünek) malzemeler, plastik şekil değişimi gösterirler ve belirli bir uzamaya sahiptirler.

Çekme testi esnasında uygulanan gerilmenin etkisiyle malzeme üst akma noktasına geldiğinde akmaya yani büzülmeye başlar, daha sonra uygulanan gerilme, malzeme içerisindeki dislokasyonların etkilemesiyle üst akma ve alt akma noktası arasında bir zikzak davranış gösterir. Uygulanan kuvvetin etkisiyle alt akma noktasından sonra malzemede kalıcı (plastik) bir şekil değişimi olur. Şayet akma noktasının altında bir gerilme değerinde test cihazı boşaltılırsa şekil değişimi kalıcı olmaz, bu duruma da elastik şekil değişimi denir.

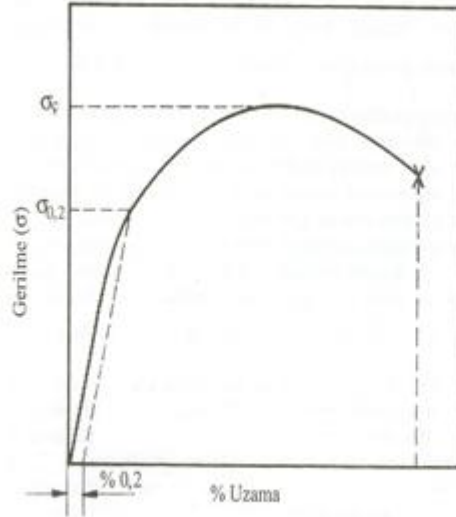
Şekil 1.8a’da görülen semboller, $\sigma_{a.a.}$ alt akma noktasını, $\sigma_{a.ü.}$ üst akma noktasını, σ_c maksimum çekme gerilmesini, k ise kopma noktasını ifade etmektedir.



Şekil 1.8: a) Yumuşak bir çeliğe ait gerilme-uzama diyagramı, b) Çeşitli malzemelerin çekme diyagramları [a- Yüksek mukavemetli çelik (yarı sünek), b- Düşük karbonlu çelik (sünek), c- Kır dökme demir (gevrek), d- Bakır (sünek)]

Bazı durumlarda malzemenin çekme diyagramında akma noktası belirgin değildir. Bu gibi durumlarda % 0.2 uzamanın olduğu noktadan elastik bölgedeki eğriye paralel, düz bir çizgi çizilir. Çizginin çekme eğrisini kestiği nokta akma noktası olarak kabul edilir.

Şekil 1.9'da akma noktası belirgin olmayan bir malzemenin çekme diyagramı üzerinde akma noktasının tespiti görülmektedir.



Şekil 1.9: Akma noktası belirgin olmayan diyagramda akma noktasının tespiti

Gerilme-uzama diyagramına ilişkin tanımlar:

- **Akma noktası:** Kalıcı şekil değişiminin başladığı gerilme değerine akma noktası ya da akma gerilmesi denir.
- **Çekme noktası:** Çekme testi esnasında malzemeye uygulanan maksimum gerilme miktarıdır.
- **Elastik şekil değiştirme:** Akma gerilmesi değerinin altındaki gerilme değerlerinde şekil değişimi kalıcı değildir. Burada oluşan şekil değişikliğine elastik şekil değişimi denir.
- **Plastik şekil değişimi:** Akma noktasından sonra malzemede kristaller arası kayma oluşur, şekil değişimi artık kalıcıdır ve bu kalıcı şekil değişimine plastik şekil değişimi denir.

1.3.4. Yüzde Uzama ve Yüzde Kesit Daralması hesabı

➤ Yüzde uzama hesabı

% uzama, malzemenin ilk boyu ile koptuktan sonraki son boyu arasındaki farkın ilk boya bölünmesi ve 100 ile çarpılmasıyla bulunur.

$$\% \epsilon_k = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100 \text{ formülü ile bulunur.}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_k &= \text{Kopma uzaması} \\ l_0 &= \text{İlk boy} \\ l_k &= \text{Son boy} \end{aligned}$$

➤ Yüzde kesit daralması hesabı

% kesit daralması ise ilk kesit alanı ile ulaşılan en ince kesit alanı farkının ilk kesit alanına oranı olarak ifade edilir. Aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$\% \text{ Kesit daralması} = \% kd = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \cdot 100$$

$$\begin{aligned} \% kd &= \% \text{ Kesit daralması} \\ A_0 &= \text{İlk kesit alanı} \\ A_k &= \text{En ince kesit değeri} \end{aligned}$$

% uzama ve % kesit daralması birimsizdir. Bir malzemenin şekillendirilebilme özelliğini ifade eder. Bu değerler ne kadar büyükse malzeme o kadar biçimlendirmeye elverişli ve yumuşaktır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen deney numunesinde aşağıdaki uygulama faaliyetlerini takip ederek çekme deneyini gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Deney çubuğunu cihaza bağlayınız.</p> 	<p>Her zaman çalışmaya başlamadan önce güvenlik tedbirlerini alınız.</p> <p>Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz.</p> <p>Kullandığınız makineyi temiz tutunuz.</p>
<p>Cihazın ana şalterini açınız.</p>	
<p>Çekme cihazına hassas uzamayı ölçen ekstensometreyi takınız.</p>	<p>Çalışırken dikkatli olunuz.</p> <p>Zamanı iyi kullanınız.</p>
<p>Malzemeye 200-300 kg ön yük uygulayınız.</p>	<p>Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.</p>
<p>Kuvveti uygularken malzemedeki orantı noktasını tespit ediniz.</p>	
<p>Gerilme-uzama diyagramından elastikiyet sınırını tespit ediniz (Tablo 1.2 ve 1.3).</p>	
<p>Elastikiyet noktasından sonra kuvvet uygulamaya devam ediniz ve akma sınırını tespit ediniz.</p>	
<p>Gerilme uygulamaya devam ederek maksimum çekme ve kopma noktasını bulunuz.</p>	
<p>Cihazın boşaltma vanasını açarak basıncı düşürüp motoru durdurunuz.</p>	

Kopan parçaları alınız.	
Cihazın ana şalterini kapatınız.	
Malzemenin % uzamasını hesaplayınız.	
Malzemenin % kesit daralmasını hesaplayınız.	
Malzemenin akma, çekme ve kopma gerilmelerini hesaplayınız.	
Malzemedeki gerilmeyi, malzemede meydana gelen birim uzamaya bölerek elastikiyet modülünü hesaplayınız.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Deney çubuğunu çekme çubuğuna bağladınız mı?		
2. Deney yükünü doğru biçimde uyguladınız mı?		
3. Elastikiyet, akma, çekme ve kopma noktalarını tespit ettiniz mi?		
4. Malzeme için gerekli hesaplamaları yaptınız mı?		
5. Basıncı düşürerek cihazın motorunu durdurdunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Çekme testinde kalıcı uzamanın olduğu şekil değişimine elastik şekil değişimi denir.
2. () Malzemeye uygulanan en yüksek gerilme, çekme gerilmesi olarak adlandırılır.
3. () Yapılan araştırmalar metallerin 14 farklı geometrik şekilde dizildiklerini göstermektedir. Bu düzgün geometrik şekillere kristal kafesi denilmektedir.
4. () Elastikiyet modülü gerilme-uzama eğrisinde elastik bölgedeki doğrunun eğimidir.
5. () $\sigma = F/A$ olarak ifade edilen ve birim alana etki eden kuvvete çekme denir.
6. () Bazı durumlarda malzemenin çekme diyagramında akma noktası belirgin değildir. Bu gibi durumlarda % 0.2 uzamanın olduğu noktadan elastik bölgedeki eğriye paralel bir dikme çizgi çizilir.
7. () Kesit daralması, ilk kesit alanı ile ulaşılan en ince kesit alanı farkının ilk kesit alanına oranı olarak ifade edilir.
8. () Malzemenin elastik şekil değiştirmeye karşı gösterdiği dirence % uzama denir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında, TS 206 standardına uygun olarak basma deneyi ile kontrol yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Basma deneyi en çok hangi malzemelere uygulanır? Araştırınız.
- Basma deneyi ile çekme deneyini karşılaştırarak rapor hazırlayınız.

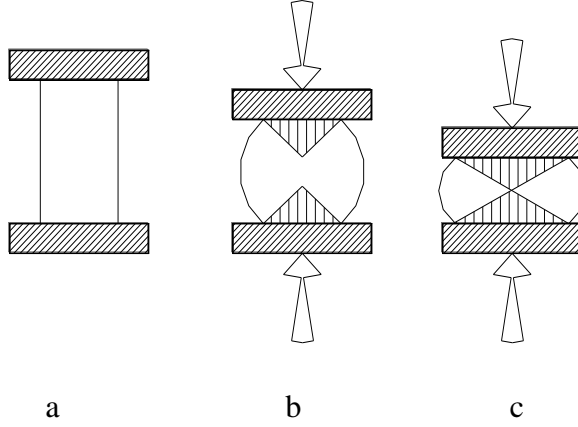
2. BASMA DENEYİ YAPMAK

2.1. Basma Deneyinin Tanımı

Malzemelerin yüzeyinden içeriye doğru etkiyen dış kuvvetlere basma kuvvetleri denir ve basınç gerilmeleri oluşturur. Çekme deneyinin tersi olarak kabul edilir. Gevrek malzemelerin mukavemet değerleri genel olarak basma deneyi ile tespit edilir. Özellikle tuğla, beton ve benzeri malzemelerin dayanımlarının tespitinde kullanılır. Basma deneyinde silindirik veya küp şeklindeki numuneler iki paralel tabla arasına yerleştirilir ve uygulanan kuvvetle oluşan şekil değiştirmeler ekstansometre yardımı ile ölçülür.

Basma çenelerinin düz, temiz ve deney numunesine oranla sert olması gereklidir. Basma deneyinde kesit alanı sürekli arttığından çekme deneyinde oluşan boyun verme olayı meydana gelmez. Sünek malzemelerin deneyinde fiçilaşma olarak adlandırılan şişme oluşur (Şekil 2.1).

Basma diyagramı genel olarak çekme diyagramına benzer. Basma diyagramının elastik deformasyon bölgesini gösteren kısmı ile çekme diyagramının elastik deformasyonu gösteren kısmı çok benzemektedir. Basma diyagramında da akma sınırından hemen sonra plastik deformasyon oluşmaktadır ancak çekme diyagramında maksimum noktadan sonra gerilme değerinde bir azalma meydana gelirken basma diyagramında gerilmede artış meydana gelir. Bu durum, kesit alanının devamlı artmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.1: Basma deneyi uygulanan bir sünek malzemede oluşan fıçılama
a) Basma kuvveti yok
b) Uygulanan kuvvetin etkisiyle fıçılamanın ilk aşaması
c) Fıçılamanın tamamlanması

2.2. Basma Gerilmesi Hesabı

Deneyde uygulanan en yüksek basma kuvvetinin (F_{max}) başlangıç kesit alanına bölünmesiyle basma gerilmesi bulunur.

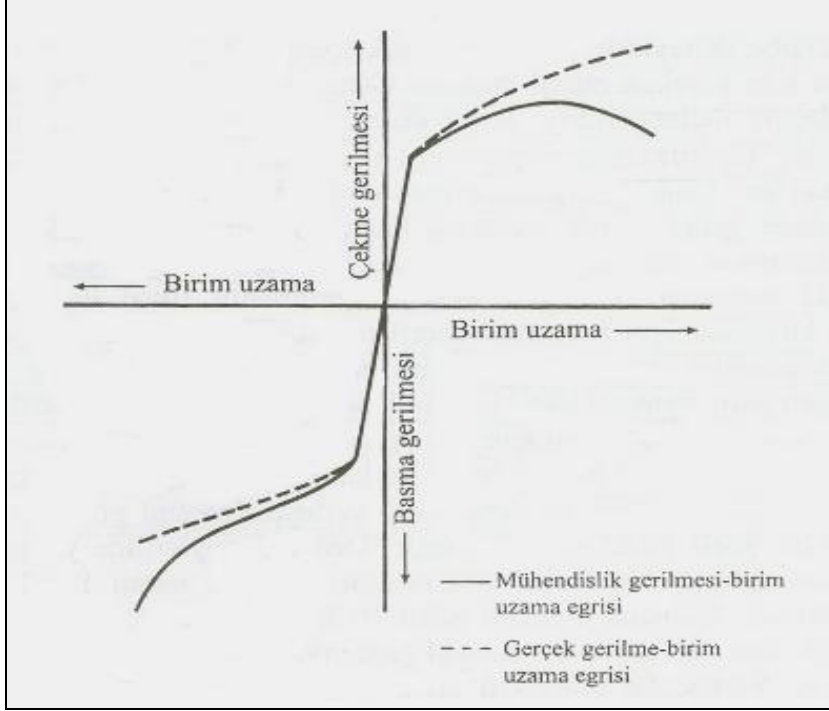
$$\sigma_b = F_{max} / A_o$$

σ_b = Basma gerilmesi
 F_{max} = En büyük basma kuvveti
 A_o = Başlangıç kesit alanı

Basma gerilmesi, kesitin başlangıçtaki çapı (d_o) cinsinden yerine konularak da aşağıdaki bağıntı ile elde edilebilir.

$$\sigma_b = 4.F_{max} / (\pi \cdot d_o^2) \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

σ_b = Basma gerilmesi
 F_{max} = En büyük basma kuvveti
 d_o = Malzeme çapı



Şekil 2.2: Bir metal malzemenin çekme ve basma diyagramları

2.3. Ezilme (Yığılma, ϵ_b)

Ezilme; parçanın, deneyin herhangi bir anındaki boyunun ilk boyuna oranına göre tespit edilir. Çekme deneyindeki uzamanın tersi şeklinde düşünülebilir.

$$\% \epsilon_b = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100$$

$\% \epsilon_b =$ Yığılma dayanımı (ezilme)

$h_0 =$ Malzemenin ilk boyu

$h_1 =$ Malzemenin kısalan boyu

2.4. Kesit Büyümesi Hesabı (Şişme)

Deney parçasının ulaşacağı en büyük kesit A_1 , ilk kesit A_0 ve bunlara ait çaplar d_1 ve d_0 ise, kesit büyümesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$\Psi = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \cdot 100$$

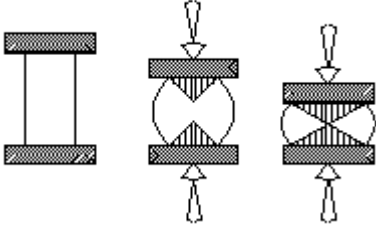
$\Psi =$ Kesit büyümesi

$A_0 =$ Malzemenin ilk kesit alanı

$A_1 =$ Malzemenin ulaşacağı en büyük kesit

UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen deney numunesine aşağıdaki uygulama faaliyetlerini takip ederek basma deneyini gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
İstenilen parçadan örnek numuneyi hazırlayınız.	Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. Çalışırken dikkatli olunuz.
Basma cihazının alt plakasını eğilme platformunun ortasına gelecek şekilde ayarlayınız.	Zamanı iyi kullanınız. Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.
Silindirik şeklindeki üst kafayı cihazın üst tablasına vidalayınız.	
Alt kafanın üzerine konan parçayı hareketli üst parça ile sıkıştırınız. 	
Cihazın basınç hız ayarını ayarlayınız.	
İlk kırılma veya çatlamanın meydana gelmesine kadar yük uygulamaya devam ediniz.	
Cihaz göstergesinden uygulanan yükü takip ediniz.	
Cihazı durdurunuz.	Kullandığınız makineyi temiz tutunuz.
Gerekli ölçüm ve hesaplamaları yapınız.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Örnek deney parçası hazırladınız mı?		
2. Malzemeyi cihaza doğru biçimde yerleştirdiniz mi?		
3. Yükü doğru biçimde uyguladınız mı?		
4. Cihaz göstergesinden yükü takip ettiniz mi?		
5. Cihazı durdurarak gerekli ölçüm ve hesaplamaları yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Malzemelerin yüzeyinden içeriye doğru etkiyen dış kuvvetlere basma kuvvetleri denir.
2. () Basma deneyinde kesit alanı sürekli arttığından çekme deneyinde oluşan boyun verme olayı meydana gelir.
3. () Çekme diyagramında maksimum noktadan sonra gerilme değerinde bir azalma meydana gelirken basma diyagramında gerilmede artış meydana gelir.
4. () Deneyde uygulanan en büyük basma kuvvetinin (F_{max}) başlangıç kesit alanına olan oranına basma gerilmesi denir.
5. () Yığılma dayanımı çekme deneyindeki en büyük çekme gerilmesine karşı gelen bir büyüklüktür.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında, özel test parçasına her iki yanından çentik açıp parça kopana kadar kuvvet uygulayarak kırma deneyi ile kontrol yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

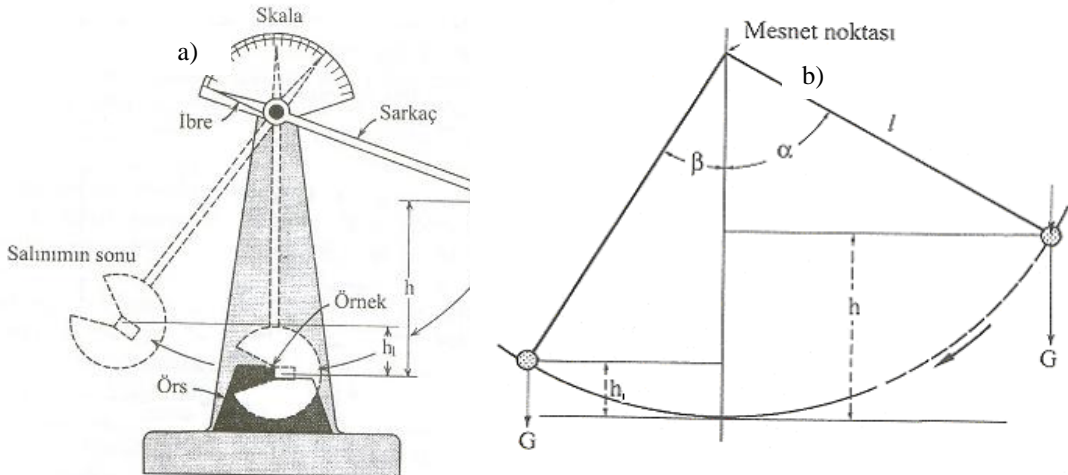
- Değişik kırma deney cihazlarını ve çeşitlerini araştırınız.
- Kırma deney numunesi nasıl hazırlanır? Araştırınız.

3. KIRMA DENEYİ YAPMAK

3.1. Kırma Deneyinin Tanımı

Çentik darbe deneyi de denilen bu yöntemde belli ölçülere sahip, tam orta kısımlarına çentik açılmış deney parçalarının bir sarkaç ucundaki çekiç aracılığıyla kırılmasıdır. Kırma deneyleri, malzemelerin darbe dayanımlarını veya kırılma enerjilerini ölçmek için yapılır. Uygulamada iki çeşit darbe deneyi vardır. Bunlar Charpy ve Izod deneyleridir. Charpy deneyinde, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi iki mesnet koluna yatay olarak yaslanmış basit bir kiriş durumundaki çentik tabanına, bir sarkaç ucundaki çekiçle darbe yapıp numunenin kırılmasıyla harcanan enerji ölçülür. Izod darbe deneyinde dikey olarak kavrama çenesine bağlanan numuneye belli bir yükseklikteki sarkaçın ucundaki çekiç ile darbe uygulanıp kırılması ile harcanan enerji ölçülür.

Charpy ve Izod darbe deneylerinde kullanılan standart numuneler Şekil 3.2’de görülmektedir. Bu standartlarda hazırlanan numuneler Şekil 3.3’te görüldüğü gibi yerleştirilir.



Şekil 3.1: a) Darbe deneyinin şematik gösterimi, b) Çalışma sistemi



Resim 3.1: Charpy darbe deneyi test cihazı

3.2. Kırma Enerjisi Hesabı

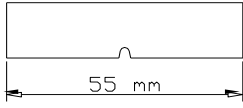
Darbe deneylerinde çoğunlukla kullanılan darbe test cihazı Şekil 3.1'de görülmektedir. Şekil 3.1'de görülen Charpy test cihazının çalışma prensibi G ağırlığında bir sarkaç, h yüksekliğine çıkarılırsa potansiyel enerjisi $G \times h$ olur. Daha sonra bu sarkaç serbest olarak bu yükseklikten bırakılıp düşey bir düzlem içerisinde numuneye çarparak kırar ve diğer yönde h_1 yüksekliği kadar yukarı çıkar ve potansiyel enerjisi $G \times h_1$ olur. Sarkacın ilk potansiyel enerjisi ile son durumdaki potansiyel enerjisi arasındaki fark numunenin kırılması için gereken enerjiyi verir.

Darbe deneyinde standart çentik içeren bir örneğin darbe etkisiyle kırılması için gerekli enerji joule cinsinden ölçülür. Kırılma enerjisi aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

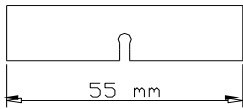
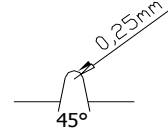
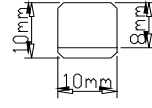
$$\text{Kırılma Enerjisi} = G.h - G.h_2 = G (h_1 - h_2) = G \cdot l \cdot (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Burada h düşme yüksekliği, h_2 çıkma yüksekliği, G sarkaç ağırlığı, l sarkaç boyu, α düşme açısı, β yükselme açısıdır. Darbe direncinin birimi joule'dür.

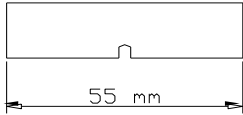
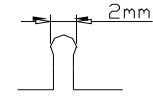
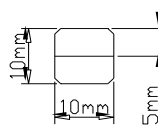
3.3. Darbe Test Numuneleri



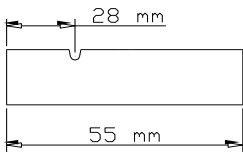
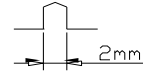
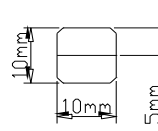
a) V Çentikli Charpy deney Numunesi



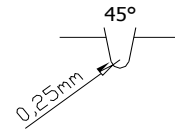
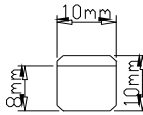
b) Anahtar Deliği Çentikli Charpy Deney Numunesi



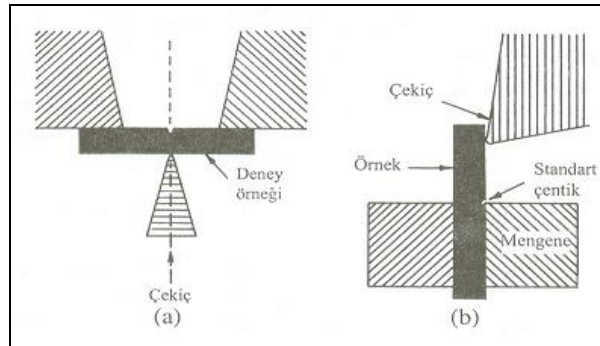
c) U Çentikli Charpy Deney Numunesi



d) V Çentikli İzod Deney Numunesi



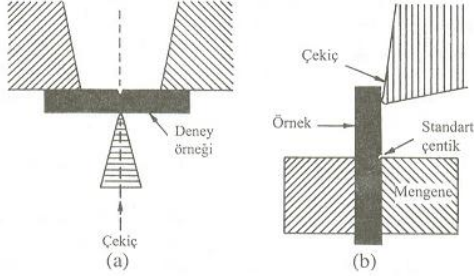
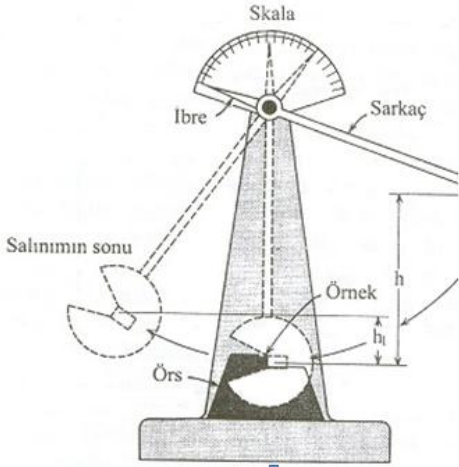
Şekil 3.2: Charpy ve İzod deneylerinde kullanılan çentikli örnekler



Şekil 3.3: Hazırlanmış Charpy ve İzod deney numunelerinin yerleştirilmesi

UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen deney numunesine aşağıdaki uygulama faaliyetlerini takip ederek kırma deneyini gerçekleştiriniz.

<p>Kaynak alanından test parçası alınır.</p>  <p>(a) (b)</p>	<p>Çalıştığımız alanı temiz ve düzenli tutunuz.</p> <p>Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.</p>
<p>Test numunesinin bir tarafına çentik açınız.</p>	<p>Zamanı iyi kullanınız.</p>
<p>Parçayı kırınız.</p> 	
<p>Kırılan yüzeyi gözle kontrol ederek hataları tespit ediniz.</p>	<p>Kullandığımız makineyi temiz tutunuz.</p>

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Test parçası hazırladınız mı?		
2. Test parçasına çentik açtınız mı?		
3. Kuvveti doğru biçimde uyguladınız mı?		
4. Kopan yüzeyi kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Kırma deneyleri, malzemelerin darbe dayanımlarını veya kırılma enerjilerini ölçmek için yapılır.
2. () Charpy darbe deneyinde dikey olarak kavrama çenesine bağlanan numuneye, belli bir yükseklikteki sarkacın ucundaki çekiç ile darbe uygulanarak kırılması ile harcanan enerji ölçülür.
3. () Charpy deneyinde iki mesnet koluna yatay olarak yaslanmış basit bir kiriş durumundaki gibi çentik tabanına bir sarkaç ucundaki çekiçle darbe yapıp numunenin kırılmasıyla harcanan enerji ölçülür.
4. () Darbe deneyinde standart çentik içeren bir örneğin darbe etkisiyle kırılması için gerekli enerji ölçülür.
5. () Darbe direncinin birimi N / mm'dir.
6. () Kırılma enerjisi $= G.h - G.h1 = G (h-h1) = G. l. (\cos \beta - \cos \alpha)$ bağıntısı ile bulunur.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında, kaynaklı parçayı istenilen açılarda bükerek kaynağın fiziksel kontrolünü bükme deneyi ile yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Eğme deneyi ile malzemelerde ne gibi özellikler incelenir? Araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamı ve yakın çevrede bulunan mekanik atölyeleri gezmeniz gerekmektedir. Basma deney numuneleri için TSE'nin internet sitesinden gerekli bilgileri alabilirsiniz.

4. EĞME DENEYİ YAPMAK

4.1. Eğme Deneyinin Tanımı

Malzemelerin eğme zorlanmalarına karşı gösterdiği davranış olarak tanımlanır. İki mesnet üzerine yerleştirilmiş dikdörtgen veya yuvarlak kesitli deney numunesinin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan şekil değişimine eğilme denir.

4.2. Eğilme Gerilmesi Hesabı

Deneyin herhangi bir anındaki eğme gerilmesi aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

Burada M_e eğme momenti, w mukavemet momentidir.

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Deneyde F , yükü, l_s ise mesnet noktaları arasındaki uzaklığı temsil ederse

$$M_e = \frac{F \cdot l_s}{4} \text{ (N.m) yazılır.}$$

Dikdörtgen kesitli bir çubuğun mukavemet momenti aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır. Burada b , çubuğun enini, h , çubuğun yüksekliğini temsil eder.

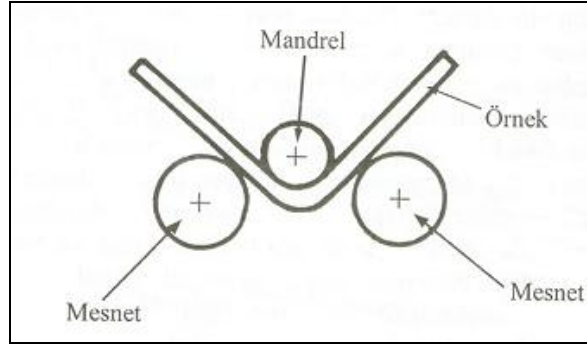
$$W = (b \cdot h^2) / 6$$

Şayet çapı d olan bir yuvarlak kesitli çubuğun mukavemet momenti hesaplanacaksa aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$W_o = (\pi \cdot d^3) / 32$$

Kırılma esnasında etkiyen maksimum eğme gerilmesi değeri numunenin eğme dayanımını ya da eğme mukavemetini verir.

$$\sigma_{ek} = M_e (\max) / W = (F_{\max} \cdot l_s) / 4 \cdot W \quad (\text{N/mm}^2)$$



Şekil 4.1: Eğme deneyinin genel prensibi



Resim 4.1: Eğme deneyi test cihazı

UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen deney numunesine aşağıdaki uygulama faaliyetlerini takip ederek eğme deneyini gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
Kaynak yapılmış malzemeyi mengeneyle bağlayınız.	Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. Etik kurallara uyunuz. Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.
Çekiçle numuneyi 90° - 120° - 180° bükünüz.	Çalışırken dikkatli olunuz.
İç köşe ya da dış köşe kaynağı ise kaynağın fiziksel durumunu belirleyiniz.	Zamanı iyi kullanınız.
Yüzey kaynağı ise kaynağın dikiş dokusunu belirleyiniz.	Kullandığınız makineyi temiz tutunuz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kaynak yapılmış malzemeyi mengeneyle doğru biçimde bağladınız mı?		
2. Çekiçle veya bükme çatalıyla parçayı doğru bir şekilde bükünüz mü?		
3. İç ve dış köşe kaynaklarında kaynağın fiziksel durumunu belirlediniz mi?		
4. Yüzey kaynaklarında dikiş dokusundaki gözenekleri belirlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Eğme dayanımı, malzemelerin eğme zorlanmalarına karşı gösterdiği davranış olarak tanımlanır.
2. () İki yatak üzerine yerleştirilmiş dikdörtgen veya yuvarlak kesitli deney numunesinin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan şekil değişimine basma denir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Öğretmeninizin vereceği/verdiği Çekme, Basma, Kırma, Eğme deneylerini yaptınız.

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanmadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Deney çubuğunu çekme çubuğuna bağladınız mı?		
2. Deney yükünü doğru biçimde uyguladınız mı?		
3. Elastikiyet, akma, çekme ve kopma noktalarını tespit ettiniz mi?		
4. Malzeme için gerekli hesaplamaları yaptınız mı?		
5. Basıncı düşürerek cihazın motorunu durdurdunuz mu?		
6. Örnek deney parçası hazırladınız mı?		
7. Malzemeyi cihaza doğru biçimde yerleştirdiniz mi?		
8. Yükü doğru biçimde uyguladınız mı?		
9. Cihaz göstergesinden yükü takip ettiniz mi?		
10. Cihazı durdurarak gerekli ölçüm ve hesaplamaları yaptınız mı?		
11. Test parçası hazırladınız mı?		
12. Test parçasına çentik açtınız mı?		
13. Kuvveti doğru biçimde uyguladınız mı?		
14. Kopan yüzeyi kontrol ettiniz mi?		
15. Kaynak yapılmış malzemeyi mengeneyle doğru biçimde bağladınız mı?		
16. Çekiçle veya bükme çatalıyla parçayı doğru bir şekilde bükünüz mü?		
17. İç ve dış köşe kaynaklarında kaynağın fiziksel durumunu belirlediniz mi?		
18. Yüzey kaynaklarında dikiş dokusundaki gözenekleri belirlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmenimize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İNCEVAP ANAHTARI

1	Yanlış
2	Doğru
3	Doğru
4	Doğru
5	Yanlış
6	Doğru
7	Doğru
8	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Doğru
5	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ 3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Doğru
5	Yanlış
6	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ 4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış

KAYNAKÇA

- BAYDUR Galip, **Malzeme**, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1987.
- ONARAN Kaşif, **Malzeme Bilimi**, İstanbul, 1995.
- SAVAŞKAN Temel, **Malzeme Bilgisi ve Muayenesi**, Trabzon, 2004.
- YILDIRIM Mustafa, **Metalik Malzemelerde Mekanik ve Tahribatsız Muayene Yöntemleri**, İskenderun, 2001.