

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

METAL TEKNOLOJİSİ

TAHRİBATLI MUAYENE

ANKARA 2007

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. TAHRİBATLI MUAYENE YÖNTEMLERİ	3
1.1. Çekme Deneyi.....	3
1.1.1 Tanımı.....	3
1.1.2. Gerilme Çeşitleri.....	4
1.1.3. Malzemelerin Kristal Yapısı.....	4
1.1.4. Elastikiyet Modülü	5
1.1.5. Gerilmenin (kg/mm^2) Tanımı	6
1.1.6. Çekme Cihazı ve Kısımları.....	6
1.1.7. TS Standartlarına Göre Yuvarlak Kesitli Test Numunesi.....	7
1.1.8. TS Standartlarına Göre Kalın Levhalar ve Yassı Test Numuneleri.....	8
1.1.9. Gerilme Birim Uzama Diyagramı	9
1.1.10. Yüzde Uzama ve Yüzde Kesit Daralması hesabı	11
UYGULAMA FAALİYETİ	12
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	13
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	15
2. BASMA DENEYİ.....	15
2.1. Tanım.....	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	19
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	21
3. KIRMA DENEYİ.....	21
3.1. Tanımı	21
3.2. Kırma Enerjisi Hesabı.....	23
3.3. Darbe Test Numuneleri.....	24
UYGULAMA FAALİYETİ	25
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	26
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	28
4. EĞME DENEYİ.....	28
4.1. Tanımı	28
4.2. Eğilme Gerilmesi Hesabı	28
UYGULAMA FAALİYETİ	30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	31
MODÜL DEĞERLENDİRME	33
CEVAP ANAHTARLARI	34
ÖNERİLEN KAYNAKLAR.....	35
KAYNAKÇA	36

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 verildiği öğrenim materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Temel Metal Şekillendirmeci modüllerini almış olmak
YETERLİK	Tahribatlı muayene yöntemlerini yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam ve ekipman sağlandığında tekniğe uygun olarak tahribatlı muayene işlemlerini yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Tekniğe uygun olarak çekme testi deney cihazını kullanarak çekme işlemi yapabileceksiniz. 2. Tekniğe uygun olarak basma testi deney cihazını kullanarak çekme işlemi yapabileceksiniz. 3. Tekniğe uygun olarak kırma testi deney cihazını kullanarak çekme işlemi yapabileceksiniz. 4. Tekniğe uygun olarak eğme testi deney cihazını kullanarak çekme işlemi yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Tahribatlı muayene için gerekli laboratuvar, cihaz ve takımları.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Herhangi bir amaç için seçilen bir malzemenin, çalışacağı yerde görevini yapıp 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 içyapılarına bağlıdır. Bu nedenle malzemelerin içyapı ve özellikleri iyi bilinmelidir. Bu özelliklerin tespiti bir takım 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 muayenesi tekniğine uygun olarak yapabilmeyi öğreneceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında, çekme deneyi test cihazlarında çekme deneyi yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

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

Araştırma işlemleri için internet ortamı ve yakın çevrede bulunan mekanik atölyelerini gezmeniz gerekmektedir. Çekme deney numuneleri için TSE' nin internet sitesinden gerekli bilgileri alabilirsiniz.

1. TAHRİBATLI MUAYENE YÖNTEMLERİ

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.

1.1. Çekme Deneyi

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

1.1.1 Tanımı

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 altında ki uzama kalıcı değildir. Kalıcı uzamanın olduğu şekil değişimine plastik şekil değişimi denir. Malzemeye uygulanan kuvvetin etkisi kalktıktan sonra, malzemenin eski haline dönmesine elastik şekil değişimi denir.

1.1.2. Gerilme Çeşitleri

Çekme testi esnasında 3 farklı gerilme görülür.

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

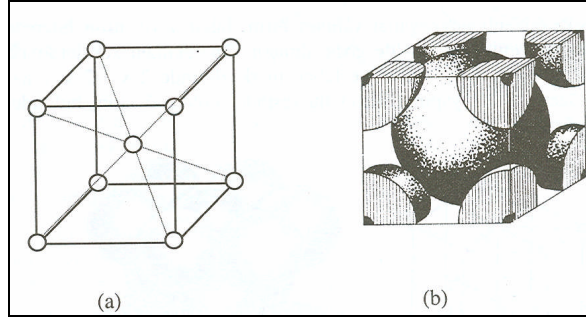
1.1.3. Malzemelerin Kristal Yapısı

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

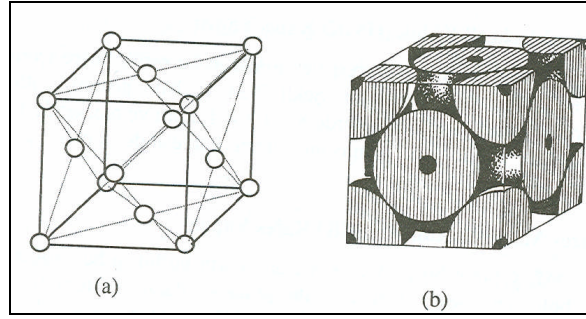
Kristal Kafes Sistemi	Kafes türü
Kübik	Basit, Hacim Merkezli, Yüzey Merkezli
Tetragonal	Basit, Hacim Merkezli
Ortorombik	Basit, Hacim Merkezli, Yüzey Merkezli, Taban Merkezli
Rombohedral	Basit
Hegzagonal	Basit
Monoklinik	Basit, Taban Merkezli
Triklinik	Basit

Tablo 1.1: Kristal kafes sistemleri

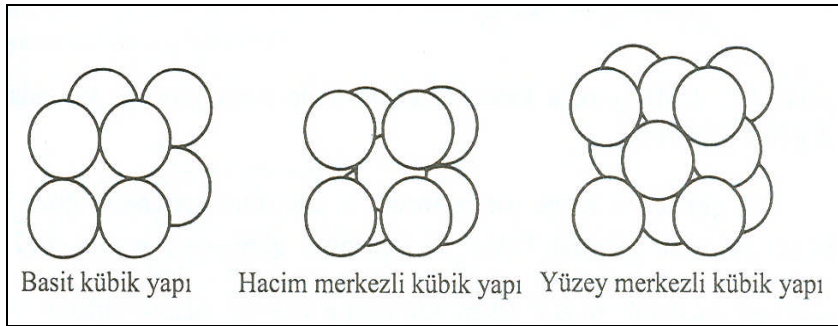
Metal malzemeler çok özel durumlar dışında daima kristal yapıdadır. Metal malzemeler genel olarak **hacim merkezli kübik (HMK) (Şekil 1.1)**, **yüzey merkezli kübik (YMK) (Şekil 1.2)** ve **sıkı paket hegzagonal (HSP) yapılara sahiptir**. Diğer kristal yapılar metallerde çoğunlukla görülmez.



**Şekil 1.1: a) Hacim merkezli kubik yapının birim hücresi
b) Atomların birim hücre içerisinde kalan bölümleri**



**Şekil 1.2: a) Yüzey merkezli kubik yapının birim hücresi
b) Atomların birim hücre içerisinde kalan bölümleri**

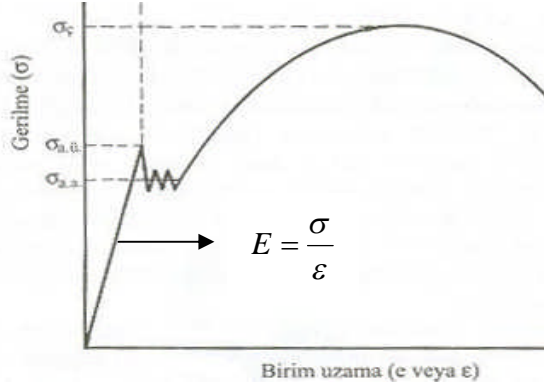


Şekil 1.3: Basit, hacim merkezli ve yüzey merkezli kübik yapılarda atomların paketlenme düzenleri

1.1.4. Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü şekil 1.4'de 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

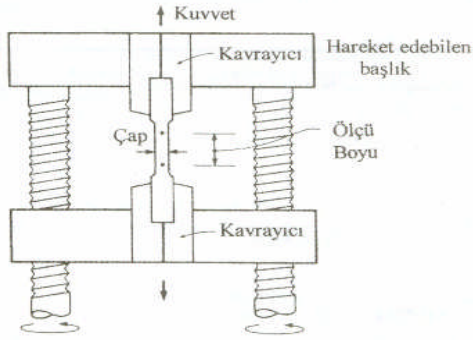
1.1.5. Gerilmenin (kg/mm^2) Tanımı

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.

1.1.6. 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

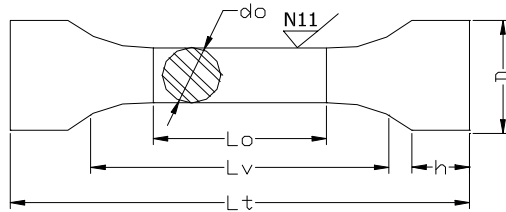


Resim 1.1: Çekme deneyi test cihazları

1.1.7. 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



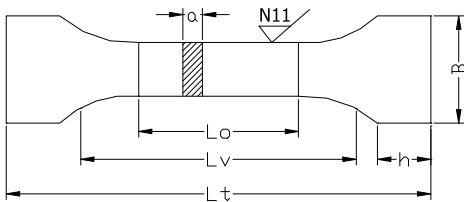
Şekil 1.6: Yuvarlak kesitli deney numunesi

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

1.1.8. 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' de 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

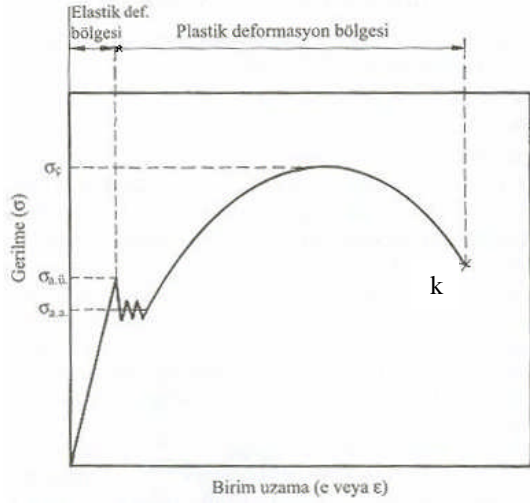
Tablo 1.3: Kalın levhalar ve yassı malzeme normu (TS 138)

1.1.9. Gerilme Birim Uzama Diyagramı

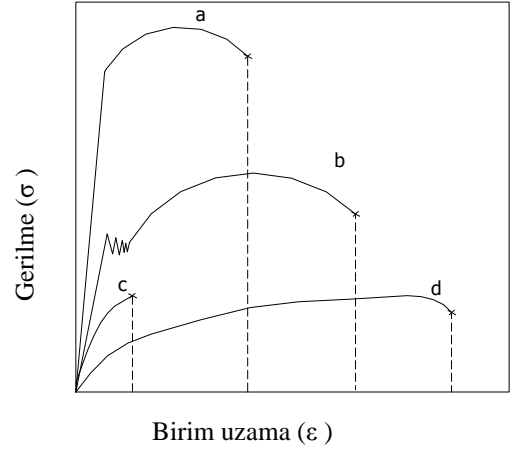
Gerilme birim uzama eğrisine çekme diyagramı adı verilmektedir. Çekme diyagramı, çekme testi sonucunda elde edilmektedir. Şekil 1.8.b’de görüldüğü gibi her malzemenin özelliğine göre gerilme-birim uzama eğrisi farklılık göstermektedir. Gevrek malzemeler plastik şekil değişimi göstermeden kırılırken,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

Çekme testi esnasında uygulanan gerilmenin etkisiyle malzeme üst akma noktasına geldiğinde akmaya yani büzölmeye başlar, daha sonra uygulanan gerilme, malzeme içerisindeki dislokasyonların etkilemesiyle üst akma ve alt akma noktası arasında bir zig zag 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 1.8.a’da görölen semboller, $\sigma_{a.a.}$ alt akma noktasını, $\sigma_{a.ii.}$ üst akma noktasını, σ_c maksimum çekme gerilmesini, k ise kopma noktasını ifade etmektedir.



a)

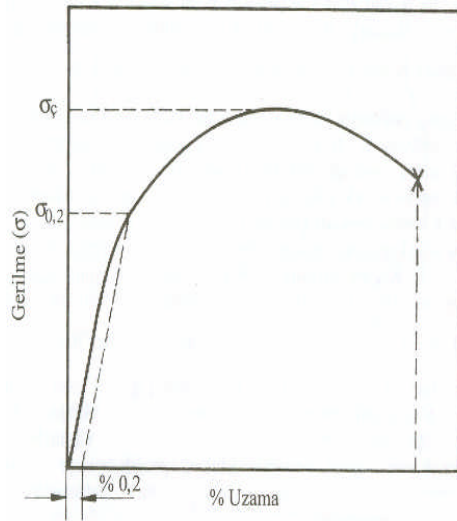


b)

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 ve 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.

1.1.10. Yüzde Uzama ve Yüzde Kesit Daralması hesabı

➤ **Yüzde uzama hesabı**

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

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

ϵ_k = kopma uzaması
 l_0 = ilk boy
 l_k = son boy

➤ **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.

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

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

% uzama ve % kesit daralması birimsizdir. Bir malzemenin şekillendirilebilirlik özelliğini ifade ederler. 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
<ul style="list-style-type: none">➤ Deney çubuğunu çihaza bağlayınız. (Resim 1.1)➤ Cihazın ana şalterini açınız.➤ Çekme cihazına hassas uzamayı ölçen ekstensometreyi takınız.➤ Malzemeye 200-300 kg ön yük uygulayınız.➤ Kuvvet uygulanırken malzemedeki orantı noktasını tespit ediniz.➤ Gerilme-uzama diyagramından elastikiyet sınırını tespit ediniz. (Tablo 1.2 ve 1.3)➤ Elastikiyet noktasından sonra kuvvet uygulamaya devam ediniz ve akma sınırını tespit ediniz.➤ Gerilme uygulamaya devam ederek maksimum çekme ve kopma noktasını bulunuz.➤ Cihazın boşaltma vanasını açarak basıncı düşürüp motoru durdurunuz.➤ 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.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz.➤ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz.➤ Etik kurallara uyunuz.➤ Çalışırken dikkatli olunuz.➤ Zamanı iyi kullanınız.➤ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

- (...)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.

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulamalı teste geçiniz.

B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı aşağıdaki kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

KONTROL LİSTESİ

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

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda **hayır** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksiklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı **evet** ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında, basma deneyi test cihazlarında basma deneyi yapabilecek ve basma gerilmesini hesaplayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Basma deneyi en çok hangi malzemelere uygulanır, araştırınız?
- Basma deneyi ile çekme deneyini karşılaştırarak rapor hazırlayınız?

Araştırma işlemleri için internet ortamı ve yakın çevrede bulunan mekanik atölyeleri gezmeniz gerekmektedir.

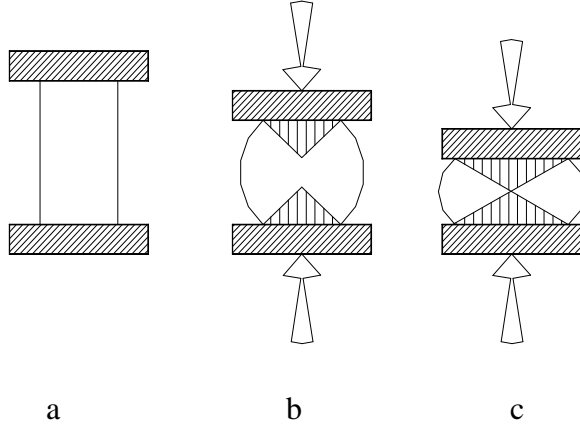
2. BASMA DENEYİ

2.1. Tanım

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 benzerdir. 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

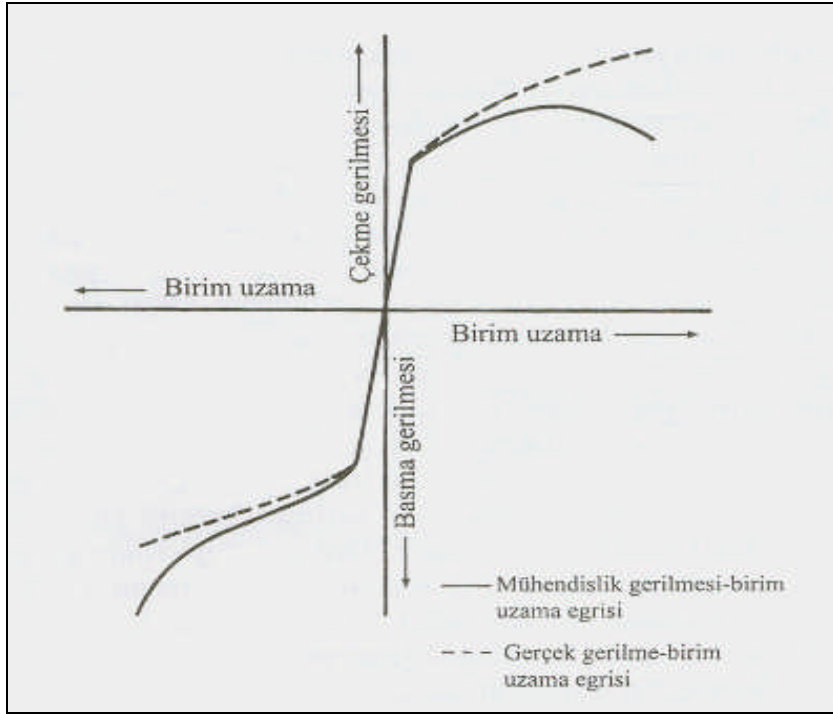
Ya da kesitin başlangıçtaki çapı (d_o) cinsinden yerine konularak aşağıdaki bağıntı ile elde edilir.

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

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.

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

Ψ = 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
<ul style="list-style-type: none">➤ İstenilen parçadan örnek numuneyi hazırlayınız.➤ Basma cihazının alt plakasını eğilme platformunun ortasına gelecek şekilde ayarlayınız.➤ Silindir şeklindeki üst kafayı cihazın üst tablasına vidalayınız.➤ Alt kafanın üzerine konan parçayı hareketli üst parça ile sıkıştırınız. (Şekil 2.1)➤ Cihazın basınç hız ayarını ayarlayınız.➤ İlk kırılma veya çatlamanın meydana gelmesine kadar yük uygulamaya devam ediniz. (Şekil 2.1)➤ Cihaz göstergesinden uygulanan yükü takip ediniz.➤ Cihazı durdurunuz.➤ Gerekli ölçüm ve hesaplamaları yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz➤ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz➤ Etik kurallara uyunuz➤ Çalışırken dikkatli olunuz➤ Zamanı iyi kullanınız➤ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

- (...)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 anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulamalı teste geçiniz.

B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı aşağıdaki kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

KONTROL LİSTESİ

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

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksiklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında, kırma deneyi test cihazlarında kırma deneyi yapabileceksiniz ve kırma enerjisini hesaplayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

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

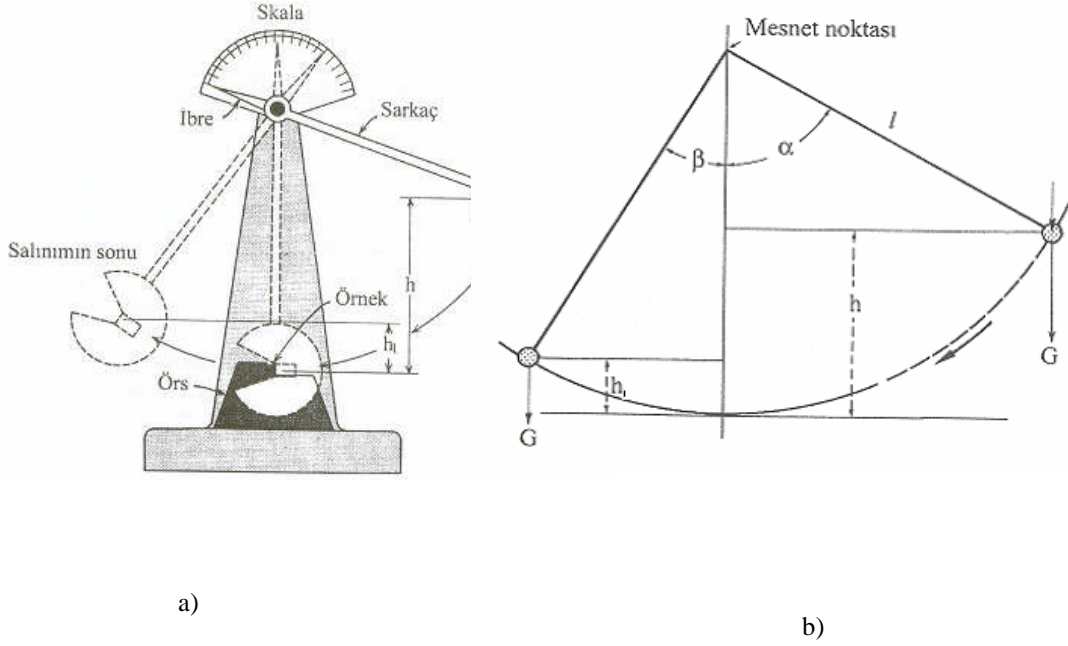
Araştırma işlemleri için internet ortamı ve yakın çevrede bulunan mekanik atölyeleri gezmeniz gerekmektedir. Darbe deney numuneleri için TSE' nin internet sitesinden gerekli bilgileri alabilirsiniz.

3. KIRMA DENEYİ

3.1. 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 giriş 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 İzod darbe deneylerinde kullanılan standart numuneler Şekil 3.2' de görülmektedir. Bu standartlarda hazırlanan numuneler Şekil 3.3'de 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

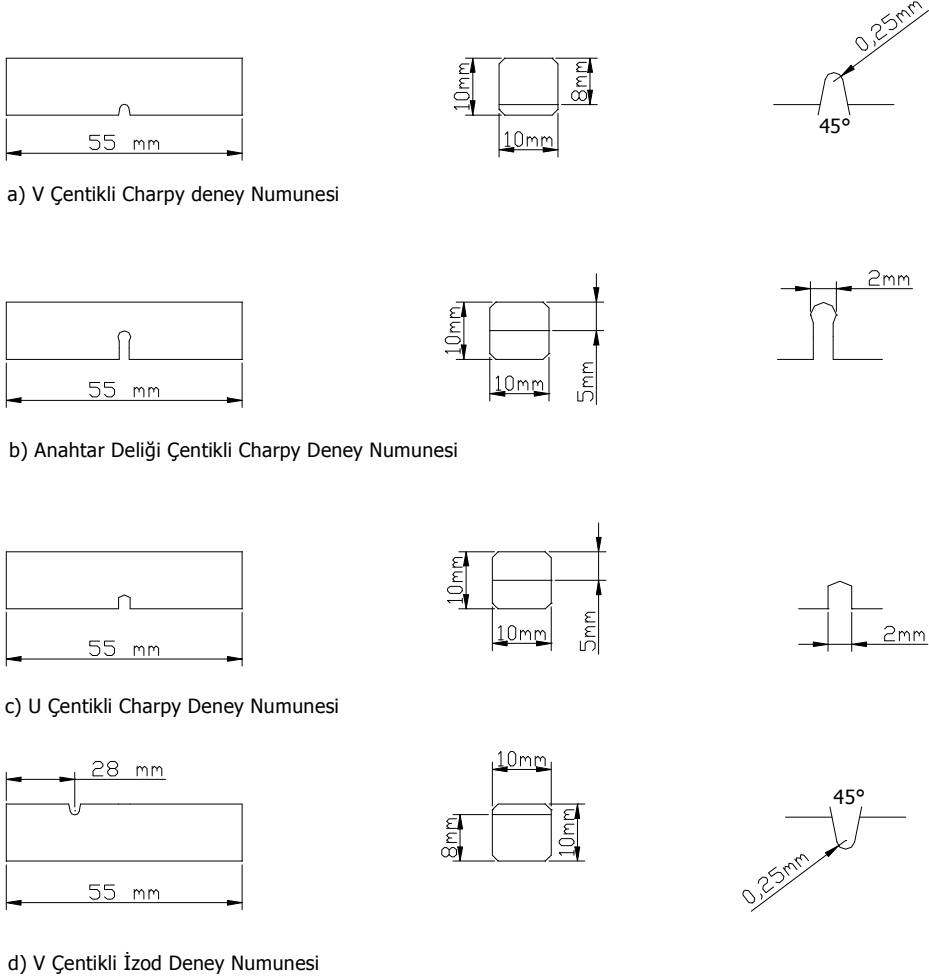
Darbe deneylerinde çoğunlukla kullanılan darbe test cihazı şekil 3.1' de görülmektedir. Şekil 3.1'de görülen Charpy test cihazının çalışma prensibi G ağırlığında bir sarkac h yüksekliğine çıkarılırsa, potansiyel enerjisi $G \times h$ olur. Daha sonra bu sarkaç serbest olarak bu yükseklikten bırakılıp 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.

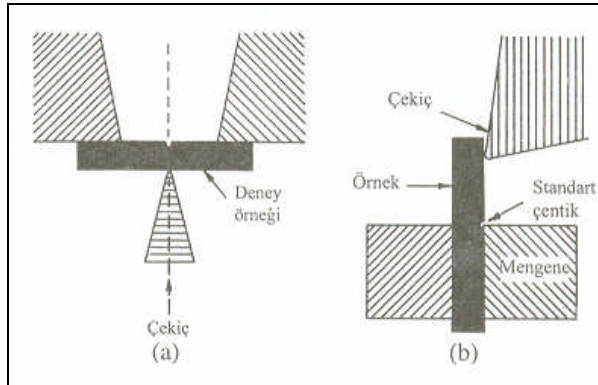
$$\text{Kırılma Enerjisi} = G.h - G.h_2 = G (h_1 - h_2) = G \cdot l \cdot (\cos \beta - \cos \alpha)$$

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



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.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kaynak alanından test parçası alınız.➤ Test numunesinin bir tarafına çentik açınız.➤ Parçayı kırınız. (Şekil 3.1)➤ Kırılan yüzeyi gözle kontrol ederek hataları tespit ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz➤ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz➤ Etik kurallara uyunuz➤ Çalışırken dikkatli olunuz➤ Zamanı iyi kullanınız➤ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

- (....) 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 sarkaçın 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 enerjinin 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 = $G.h - G.h_1 = G (h-h_1) = G \cdot l \cdot (\cos \beta - \cos \alpha)$ bağıntısı ile bulunur.

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulamalı teste geçiniz.

B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı aşağıdaki kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
➤ Test parçası hazırladınız mı?		
➤ Test parçasına çentik açtınız mı?		
➤ Kuvveti doğru biçimde uyguladınız mı?		
➤ Kopan yüzeyi kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksiklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Bu faaliyet ile uygun ortam sağlandığında, eğme deneyi test cihazlarında eğme deneyi yapabileceksiniz ve eğme gerilmesini hesaplayabileceksiniz.

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

4.1. 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,

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

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

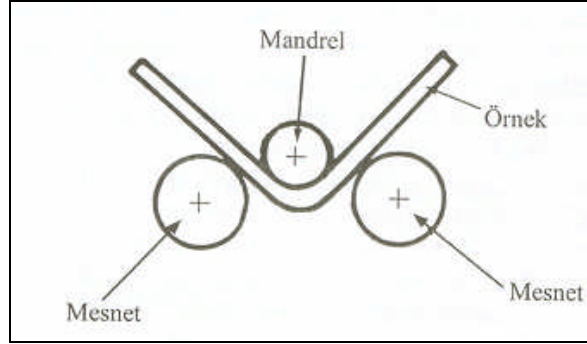
$$W = (b.h^2) / 6$$

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 kırma deneyini gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kaynak yapılmış malzemeyi mengeneyle bağlayınız.➤ Çekiçle numuneyi 90° - 120° - 180° bükünüz.➤ İç köşe ya da dış köşe kaynağı ise kaynağın fiziksel durumunu belirleyiniz.➤ Yüzey kaynağı ise kaynağın dikiz dokusunu belirleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz➤ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz➤ Etik kurallara uyunuz➤ Çalışırken dikkatli olunuz➤ Zamanı iyi kullanınız➤ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru (D) ve yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

- (....) 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 anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz modül değerlendirmeye geçiniz.

B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı aşağıdaki kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

KONTROL LİSTESİ

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

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksiklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise modül değerlendirmeye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

YETERLİK ÖLÇME

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki ölçütlere göre değerlendiriniz.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
Çekme Deneyi		
Deney çubuğunu çekme çubuğuna bağladınız mı?		
Deney yükünü doğru biçimde uyguladınız mı?		
Elastikiyet, akma, çekme ve kopma noktalarını tespit ettiniz mi?		
Malzeme için gerekli hesaplamaları yaptınız mı?		
Basıncı düşürerek cihazın motorunu durdurdunuz mu?		
Basma Deneyi		
Örnek deney parçası hazırladınız mı?		
Malzemeyi cihaza doğru biçimde yerleştirdiniz mi?		
Yükü doğru biçimde uyguladınız mı?		
Cihaz göstergesinden yükü takip ettiniz mi?		
Cihazı durdurarak gerekli ölçüm ve hesaplamaları yaptınız mı?		
Kırma Deneyi		
Test parçası hazırladınız mı?		
Test parçasına çentik açtınız mı?		
Kuvveti doğru biçimde uyguladınız mı?		
Kopan yüzeyi kontrol ettiniz mi?		
Eğme Deneyi		
Kaynak yapılmış malzemeyi mengeneyle doğru biçimde bağladınız mı?		
Çekiçle veya bükme çatalıyla parçayı doğru bir şekilde bükünüz mü?		
İç ve dış köşe kaynaklarında kaynağın fiziksel durumunu belirlediniz mi?		
Yüzey kaynaklarında dikiş dokusundaki gözenekleri belirlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonucunda eksikleriniz varsa öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

Modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1 CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	D
4	D
5	Y
6	D
7	D
8	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ 2 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ 3 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	Y
6	D

ÖĞRENME FAALİYETİ 4 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- TSE Çekme, Basma, Darbe, Eğme Deneyleri Katolokları
- İnternette Tahribatlı Muayene ile İlgili Siteler
- Teknik Üniversitelerin Mekanik Testler Laboratuvarları
- Tübitak Maramara Araştırma Merkezi, Gebze
- Kardemir DemirÇelik Fabrikaları Mekanik Testler Laboratuvarları
- Erdemir/İsdemir DemirÇelik Fabrikaları Mekanik Testler Laboratuvarları

KAYNAKÇA

- BAYDUR Galip, **Malzeme**, Milli Eğitim Basımevi, İSTANBUL, 1987.
- GÜNDÜZ Doç.Dr. Süleyman, **Metalurjide Faz Diyagramları Dersi Ders Notları**, KARABÜK, 2002.
- KARABULUT Hasan, **Yayımlanmamış Ders Notları**, ANKARA, 2005.
- ONARAN Prof. Dr. Kaşif, **Malzeme Bilimi**, İSTANBUL, 1995.
- SAVAŞKAN Prof. Dr. Temel, **Malzeme Bilgisi ve Muayenesi**, TRABZON, 2004.
- TEKELİ Doç.Dr. Süleyman, **Faz Diyagramları Dersi Ders Notları**, ANKARA, 2005.
- YILDIRIM Prof. Dr. Mustafa, **Metalik Malzemelerde Mekanik ve tahribatsız Muayene Yöntemleri**, İSKENDERUN, 2001.
- Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mekanik Testler laboratuvarı, ANKARA., 2005.