



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

LABORATUVAR FÖYÜ

METALİK MALZEMELERİN DARBE TESTİ DENEYİ

Doç. Dr. Fatih ERDEMİR

Arş. Gör. Hamit Ali REİS

EKİM 2022

TRABZON

İçindekiler

1	Deneyin Amacı.....	3
2	Teorik Bilgiler.....	3
2.1	Gerilim Deriřimi.....	3
2.2	Kırırma Tokluğu	4
2.3	Kırılma Tokluğu Testleri	5
2.3.1	Charpy Testi	5
2.3.2	Izod Testi.....	6
2.4	Deneyin Temel Prensipleri	7
2.5	Sünek Gevrek Geçiş Sıcaklığı	8
2.5.1	Sünek Gevrek Geçiş Sıcaklığını Etkileyen Faktörler.....	9
3	Kullanılan Cihaz ve Malzemeler.....	10
4	Deneyin Yapılışı.....	10
4.1	Cihazın Deney Öncesi Kontrolü.....	10
4.2	Numunelerin Hazırlanması.....	10
4.3	Numunenin Yerleştirilmesi.....	11
4.4	Deney Sıcaklığı.....	11
4.5	Geçiş Sıcaklığının Belirlenmesi	12
4.5.1	Kırılma Enerjisi	12
4.5.2	Kırılma Yüzeyinin Görünüşü	12
4.5.3	Kırılmadan Sonra Çentik Tabanında Oluşan Enlemesine Büzülme Miktarı	13
5	İstenilenler.....	14
6	Faydalı Bağlantılar.....	14
7	Kaynaklar	15

Şekiller Dizini

Şekil 1. a) malzemenin yüzey geometrisi ve iç çatlaklarının şekilsel gösterimi, b) X-X' doğrultusu boyunca uygulanan σ_0 yükünün etkisi (Callister ve Retwisch, 2021).....	3
Şekil 2 Charpy Darbe Testi Numune Örnekleri, A tipi, B tipi ve C tipi.....	5
Şekil 3. Izod Darbe Testi Numune Örneği, D tipi.	5
Şekil 4. Charpy darbe testinde numunenin cihaza yerleştirilmesi	6
Şekil 5. Charpy darbe testinde numunenin cihaza yerleştirilmesi	6
Şekil 6. Darbe test cihazının şematik olarak gösterimi (Callister ve Retwisch, 2021).	7
Şekil 7. Darbe enerjisinin sıcaklığa bağlı değişimi (Callister ve Retwisch, 2021).	8
Şekil 8. A36 çeliğine ait farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilmiş darbe testleri sırasında çeliğin farklı tür kırılmaları (Callister ve Retwisch, 2021)	8
Şekil 9. Farklı tür malzemelerin sıcaklığa bağlı olarak tokluk değerlerinin kıyaslanması (Callister ve Retwisch, 2021)	9
Şekil 10. Düşük mukavemetli çeliklerde karbon miktarı ile darbe enerjisi arasındaki ilişki (Callister ve Retwisch, 2021)	10
Şekil 11. Farklı geçiş sıcaklığında oluşan kırılma yüzeylerinin şematik olarak gösterimi.	12
Şekil 12. Charpy test numunesinin kırılma yüzeyinin farklı bölgelerinin şematik olarak gösterimi (ASTM E23-12c, 2012)	13

Tablolar Dizini

Tablo 1. Farklı malzemelerin akma dayanımı ve kırılma tokluğu değerleri (Callister ve Retwisch, 2021).....	4
Tablo 2. Charpy ve Izod darbe testlerinin kıyaslanması (www.element.com).....	7

METALİK MALZEMELERİN DARBE TESTİ DENEYİ

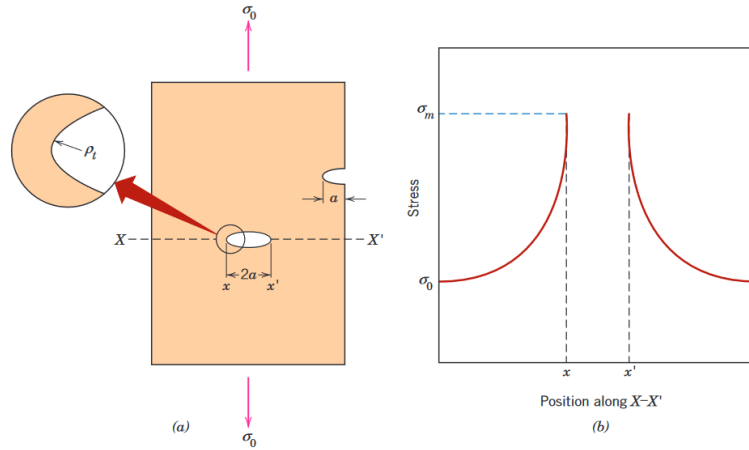
1 Deneyin Amacı

Darbe testi deneyinin amacı malzemelerin sıcaklığa bağlı olarak kırılma direncindeki değişimini incelemek ve test edilen malzemenin sünek gevrek geçiş sıcaklığını belirlemektir.

2 Teorik Bilgiler

2.1 Gerilim Deriřimi

Malzemelerin kırılma dayanımları atomlar arası bağ enerjileri esas alınarak hesaplanmaktadır. Fakat birçok malzemenin ölçülen kırılma dayanımı teorik dayanımlarına göre çok daha düşüktür. Bu durum, malzemenin hem yapısı içerisinde hem de yüzeyinde bulunan gözenekler ve çatlaklar gibi birçok mikro kusurun varlığından kaynaklanmaktadır. Malzemeye uygulanan yükler bu kusurlar etrafında yoğunlaşabilir. Şekil 1'den de anlaşılabilceği gibi kesit alanı boyunca uzanan bir çatlak ya da boşluk varlığında uygulanan σ_0 gerilmesinin sabit olmasına rağmen malzeme yüzeyinden çatlakla yaklaşıkça bölgesel gerilimlerde artış görülür. Bu değer çatlak yüzeyinde ise en yüksek değerine ulaşır. Malzeme kusurlarının bu etkilerinden dolayı bazı kusurlar gerilim arttırıcılar olarak da isimlendirir.



Şekil 1. a) malzemenin yüzey geometrisi ve iç çatlaklarının şekilsel gösterimi, b) X-X' doğrultusu boyunca uygulanan σ_0 yükünün etkisi (Callister ve Retwisch, 2021).

Malzeme içerisindeki çatlakın eliptik bir geometride ve bir yüzeye dik olarak ilerlediği düşünüldüğünde uygulanan σ_0 gerilmesinin çatlak ucunda meydana getirebileceği en yüksek gerilme değeri σ_m aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$\sigma_m = 2\sigma_0 \left(\frac{a}{p_t} \right)^{1/2}$$

Bu denklemde σ_0 uygulanan nominal çekme gerilmesini, p_t çatlak ucunun eğrilik yarıçapı, a yüzey çapının uzunluğunu veya çatlak uzunluğunun yarısını ifade etmektedir. Bu denklemde de anlaşılabilceği üzere çok küçük eğrilik çapına sahip uzun çatlaklarda gerilme derişimi çok yüksek olmaktadır. Bu formül aynı zamanda gerilme derişiminin bir ölçüsü olarak tanımlanan gerilme derişimi faktörü (K_t) ile de tanımlanır.

$$K_t = \frac{\sigma_m}{\sigma_0} = 2 \left(\frac{a}{p_t} \right)^{1/2}$$

Ayrıca mikro kusurların yanında, boşluklar, süreksizlikler, keskin kenarlı geometriler, çizikler ve çentikler gibi makro kusurlar da gerilim derişimine neden olmaktadır.

Gerilim artırıcı faktörler gevrek malzemelerde, sünek malzemelere göre daha çok önem arz etmektedir. Bu durumun nedeni gevrek malzemelerde plastik deformasyonun, uygulanan gerilimin akma dayanımını aştığı zaman gerçekleşmesinde kaynaklanır çünkü bu durum daha homojen bir şekilde gerilmeleri dağıtır. Fakat bu durum gevrek malzemeler için geçerli değildir. Gevrek malzemelerde ise kırılmanın gerçekleşebilmesi için gereken kritik gerilme σ_c hesaplanabilir.

$$\sigma_c = \left(\frac{2E\gamma_s}{\pi a} \right)^{1/2}$$

Bu denklemden E malzemenin elastik modülünü, γ_s spesifik yüzen enerjisini ve a ise çatlak boyunun yarısını ifade eder.

2.2 Kırılma Tokluğu

Kırılma tokluğu (K_c) bir malzemenin çatlak varlığında gevrek kırılmaya karşı olan direnci olarak tanımlanabilir ve aşağıda belirtilen formül ile tanımlanır.

$$K_c = Y\sigma_c\sqrt{\pi a}$$

Genel olarak birimi $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ olarak ifade edilir. Denklemden Y ifadesi malzemenin geometrisine ve boyutuna bağlı olan birimsiz bir değerdir. Malzemede meydana gelen çatlak boyutu malzeme kalınlığına göre çok küçük bir değerde ise K_c değeri kalınlıktan bağımsız olur. Bu durumda düzlem gerilme kırılma tokluğu (K_{Ic}) ifadesi kullanılır.

$$K_{Ic} = Y\sigma\sqrt{\pi a}$$

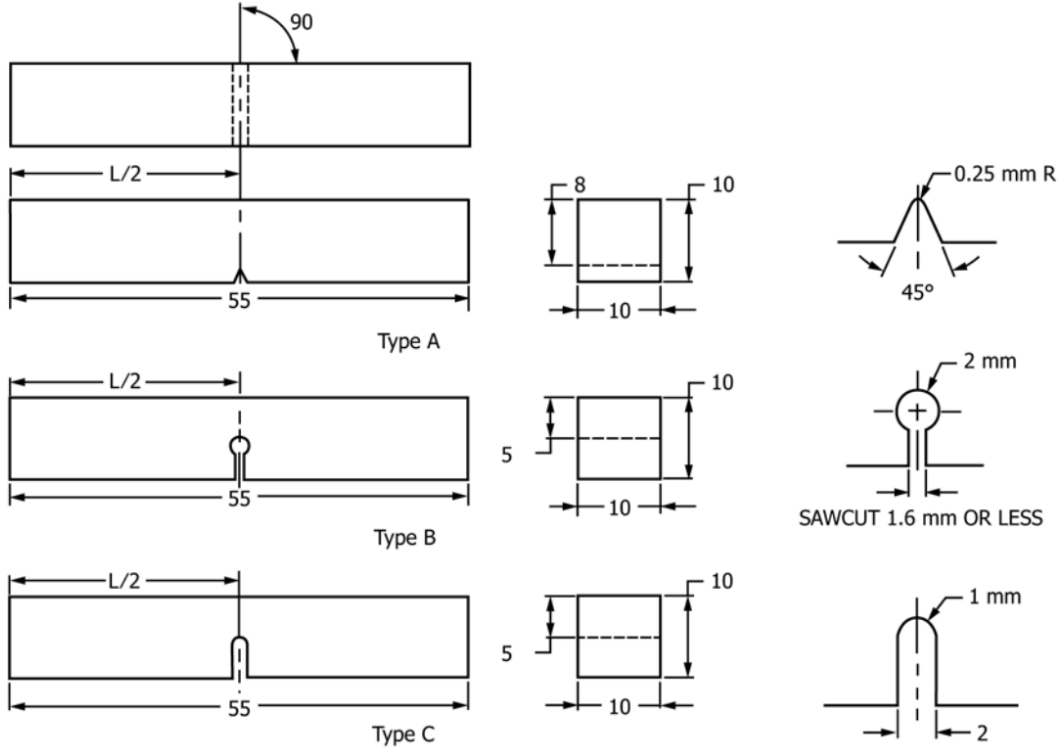
Burada K_{Ic} değeri gevrek malzemeler için düşüken sünek malzemeler için daha yüksektir. Farklı malzemelerin K_{Ic} değerleri zzz'de verilmiştir. Bu değer malzemenin birçok özelliğine bağlı olarak etkilense de göz önünde bulundurulması gereken en önemli parametreler sıcaklık, mikro yapı ve deformasyon oranıdır. Sıcaklık arttıkça ve deformasyon miktarı azaldıkça K_{Ic} değerinde artış meydana gelir. Deformasyon sertleşmesi ve katı çözelti sertleştirilmesi gibi uygulamalar ise genellikle K_{Ic} değerini düşürür. Ayrıca tane boyutunun küçülmesi de kırılma tokluğunu artırır. Tablo 1'de farklı malzemelere ait kırılma toklukları ve akma dayanımları verilmiştir.

Tablo 1. Farklı malzemelerin akma dayanımı ve kırılma tokluğu değerleri (Callister ve Retwisch, 2021).

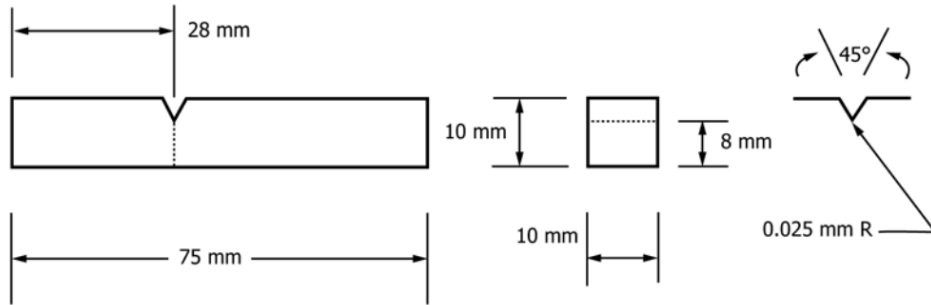
Malzemeler	Akma Dayanımı (MPa)	K_{Ic} ($\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$)
Al Alaşımı (7075-T651)	495	24
Al Alaşımı (2024-T3)	345	44
Çelik (4340 temperli 260 °C)	1640	50
Çelik (4340 temperli 425 °C)	1420	206
Beton	-	0.2-1.4
Alüminyum Oksit (Al_2O_3)	-	2.7-5.0

2.3 Kırılma Tokluğu Testleri

Yapısal malzemelerin kırılma tokluğu değerlerinin ölçülebilmesi için birçok farklı standart geliştirilmiştir. Kırılma tokluğunun ölçülmesi için Charpy ve Izod darbe testleri tasarlanmış ve standartlaşmıştır. Malzemelerin testleri için ise ISO, ASTM ve EN gibi çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Örneğin ASTM E23 Standardına göre Charpy ve Izod darbe testleri için hazırlanması gereken numuneler Şekil 2 ve Şekil 3’de gösterilmiştir. Bu şekillerden de anlaşılacağı üzere hem Izod hem de Charpy testleri için hazırlanan numuneler kare kesit alanına sahip çubuklarda çentik oluşturulmuştur.



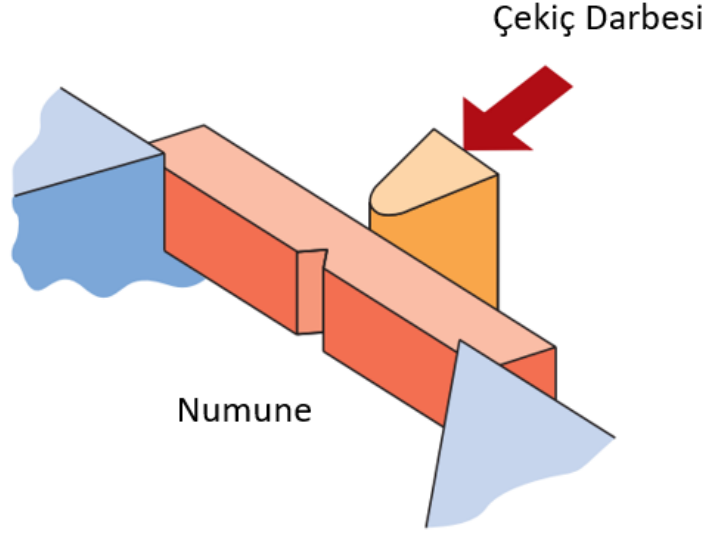
Şekil 2 Charpy Darbe Testi Numune Örnekleri, A tipi, B tipi ve C tipi.



Şekil 3. Izod Darbe Testi Numune Örneği, D tipi.

2.3.1 Charpy Testi

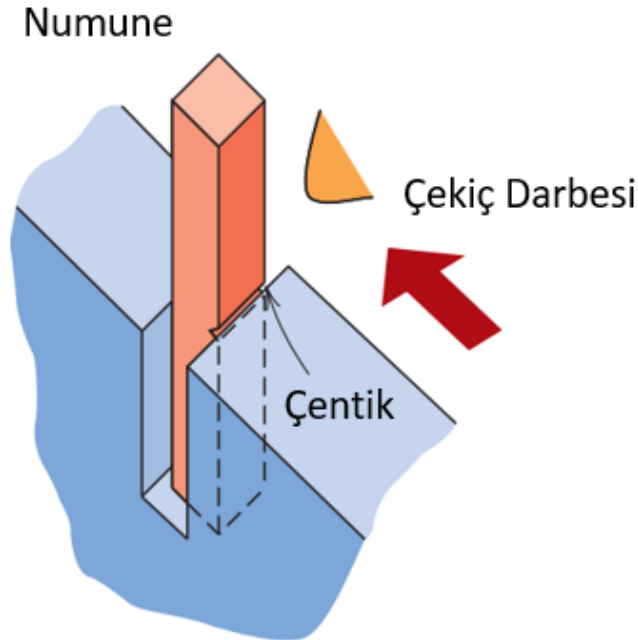
Charpy deneyinde iki mesnede yatay olarak yaslanan basit bir kiriş durumundaki örneğin çentik tabanına bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapıp, çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilmenin etkisi ile söz konusu örneğin kırılması için harcanan enerji ölçülür (Şekil 4).



Şekil 4. Charpy darbe testinde numunenin cihaza yerleştirilmesi (Callister ve Retwisch, 2021).

2.3.2 Izod Testi

Izod darbe deneyi, dikey ve konsol kiriş halinde bir kavrama çenesine yerleştirilen numunenin (Şekil 6) yüzeyine, kavrama çenesinden belirli yükseklikte, bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler etkisi ile numunenin kırılması için sarf edilen enerjiyi tayin işidir. Izod testini Charpy testinden ayıran temel özellikler verilmiştir.



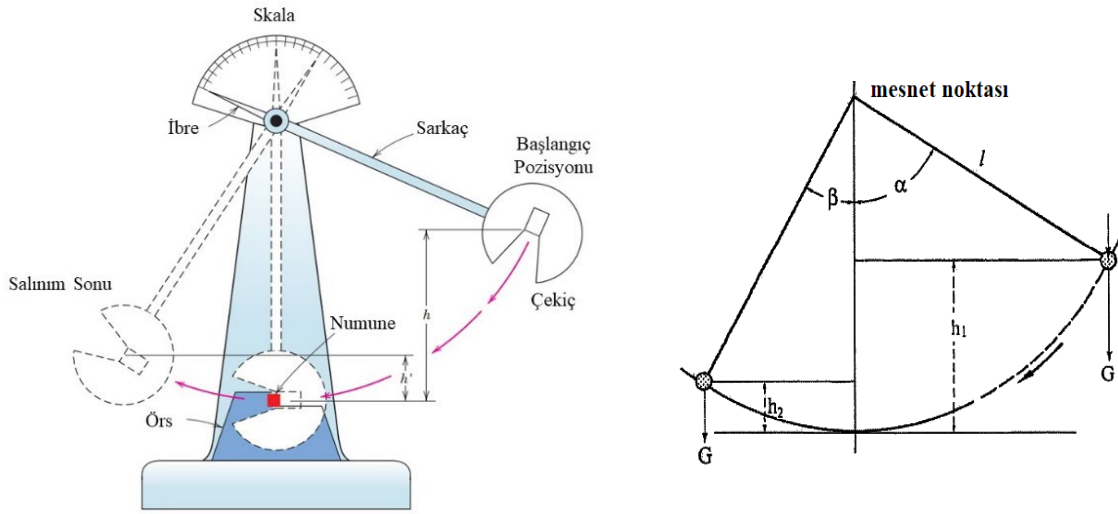
Şekil 5. Charpy darbe testinde numunenin cihaza yerleştirilmesi (Callister ve Retwisch, 2021).

Tablo 2. Charpy ve Izod darbe testlerinin kıyaslanması (www.element.com).

	Charpy Darbe Testi	Izod Darbe Testi
Test Edilebilen Malzemeler	Metaller	Plastik ve Metaller
Çentik Tipi	U-Çentik ve V-Çentik	Sadece V-Çentik
Numunenin Konumu	Yatay	Dikey
Çarpma Noktası	Numunenin Ortası	Numunenin Üst Ucu
Yaygın Numune Boyutu	55x10x10 mm	64x14.7x3.2 mm (plastik) 127x11.43 mm dairesel çubuk (metal)
Yaygın Standartlar	ASTM E23, ISO 148, EN 10045-1	ASTM D256, ASTM E23, ISO 180

2.4 Deneyin Temel Prensipleri

Darbe deneyi yukarıda bahsedilen standartlarda üretilmiş numunelerin dinamik bir yük altında kırılması için gereken enerjiyi tayin eder. Şekil 6’da darbe test cihazının şematik olarak gösterimi verilmiştir. Yerleştirilen numunenin kırılması için gereken enerji, sarkaçlı çekicinin belirli bir h yüksekliğine kaldırılıp serbest bırakılmasıyla sağlanır. Burada m ağırlığına sahip çekiç h kadar kaldırıldığında sahip olduğu potansiyel enerji (E_{pot}) mgh kadar olur (g , yerçekimi ivmesi).



Şekil 6. Darbe test cihazının şematik olarak gösterimi (Callister ve Retwisch, 2021).

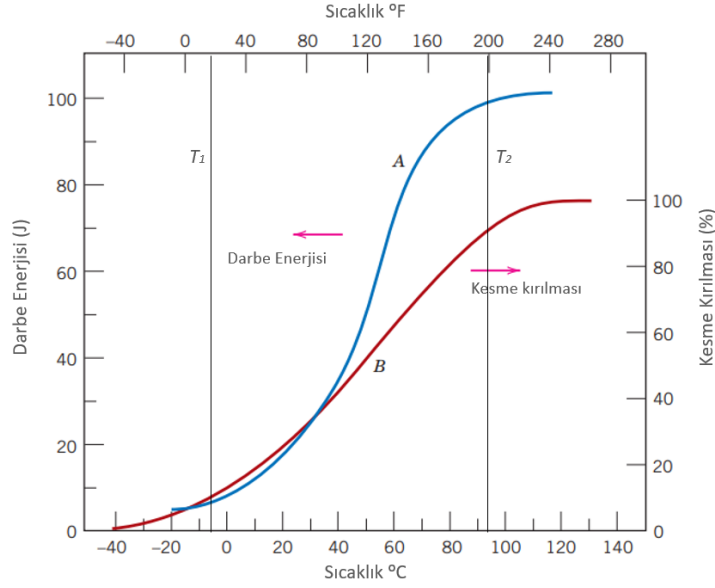
Serbest kalan çekicinin yarattığı yüksek hızlı darbe ile numune çentik bölgesinden kırılır. Bu durumun nedeni bu bölgede gerilimin yoğunlaşmasından kaynaklanır. Bu aşamadan sonra sarkaç salınımına devam ederek h yüksekliğinden daha az olan h' kadar yükselir. Bu son durumda çekicinin sahip olduğu potansiyel enerji mgh' kadardır. Buradan sürtünmeler ve enerji kayıpları ihmal edildiğinde numunenin kırılması için harcanan enerji, bu iki potansiyel enerji arasındaki fark kadardır. Bu fark aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$mg(h - h') = mgl (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Bu enerji miktarı malzemenin kırılma direncini ifade eder ve genellikle Joule (J) olarak ifade edilir fakat bazı durumlarda J/m^2 , Kg.m veya $Kg.m/cm^2$ cinsinden de ifade edilebilir.

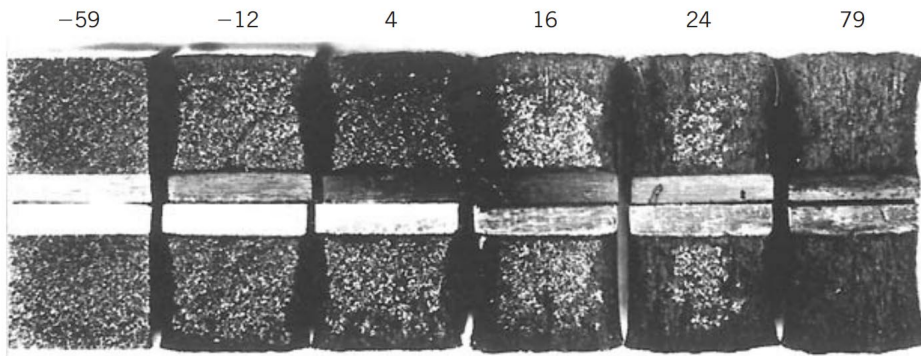
2.5 Sünek Gevrek Geçiş Sıcaklığı

Darbe testlerinin bir diğer amacı malzemelerin sünek gevrek geçiş sıcaklığını belirlemektir. Sünek gevrek geçiş sıcaklığı malzemelerin sıcaklığa bağlı olarak sergiledikleri darbe direnci ile ilişkilidir. Örneğin Şekil 7 de çelik bir numunenin Charpy çentik testi yapılarak elde edilmiş eğrisi verilmiştir. Bu grafikten yola çıkarak sıcaklık arttıkça malzemenin sünek bir davranış sergilediği ve darbe enerjisinin de göreceleri olarak daha yüksek olduğu sonucuna varılabilir.



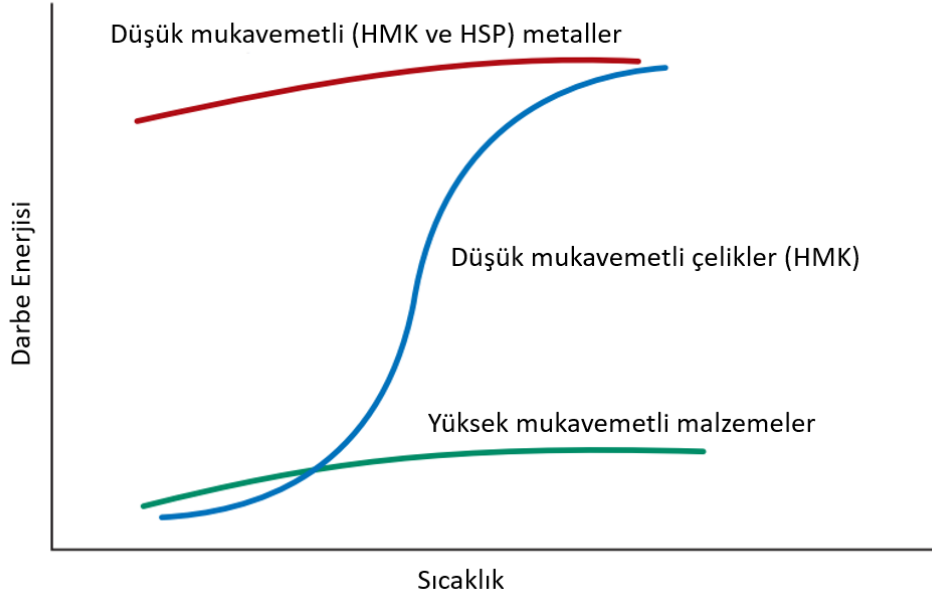
Şekil 7. Darbe enerjisinin sıcaklığa bağlı değişimi (Callister ve Retwisch, 2021).

Bu bölgede malzemeler sünek kırılma davranışı sergiler. Sıcaklık azaldıkça darbe enerjisinde hızlı bir düşüş gerçekleşir ve bir noktadan sonra darbe enerjisindeki değişim daha yavaş olmaktadır. Bu bölgede ise gevrek kırılma gerçekleşir. Geçiş bölgesinde ise iki tür kırılma davranışı da meydana gelmektedir. Şekil 8'de A36 çeliğine ait ve farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen çentik testlerinde, numunenin kırılma yüzeylerinin fotoğrafları verilmiştir. Burada farklı sıcaklıklardaki kırılma davranışları kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Sıcaklık arttıkça gevrek kırılma davranışının azaldığı ve sünek kırılmanın arttığı görülmektedir.



Şekil 8. A36 çeliğine ait farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilmiş darbe testleri sırasında çeliğin farklı tür kırılmaları (Callister ve Retwisch, 2021)

Ek olarak yüzey merkezli kübik (YMK) kristal yapısına ve hegzagonal sıkı paket kristal yapısına sahip malzemeler sünek gevrek geçiş sıcaklığı göstermezler. Yüksek darbe dayanımlarını düşük sıcaklıklarda bile korurlar. Titanyum alaşımları gibi yüksek mukavemetli alaşımlar da darbe dayanımlarını sıcaklığa bağlı olarak korurlar. Fakat bu malzemeler genellikle çok gevrek özellik sergiler. Bu malzemelerden farklı olarak hacim merkezli kübik (HMK) kristal yapısına sahip malzemeler ile düşük mukavemetli çeliklerin darbe dayanımları değişen sıcaklıkla önemli derecede etkilenmektedir. Bu malzemelerin davranışlarının darbe enerjisi-sıcaklık eğrisinde göreceli olarak konumları Şekil 9'da verilmiştir.

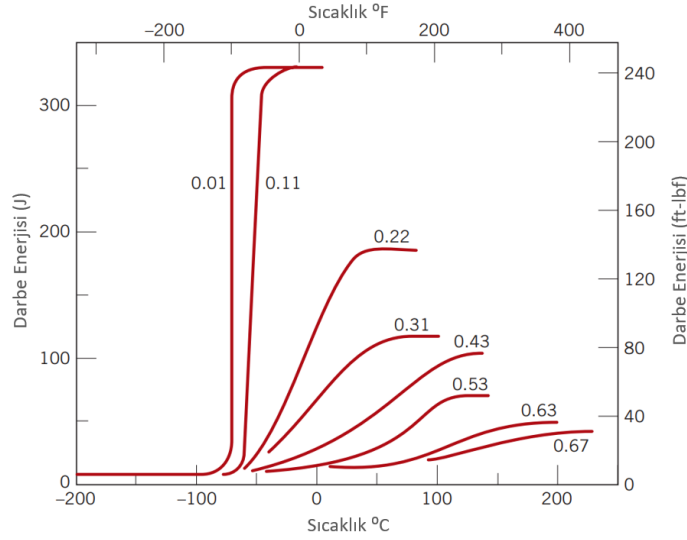


Şekil 9. Farklı tür malzemelerin sıcaklığa bağlı olarak tokluk değerlerinin kıyaslanması (Callister ve Retwisch, 2021)

2.5.1 Sünek Gevrek Geçiş Sıcaklığını Etkileyen Faktörler

Malzemelerin geçiş sıcaklığı, mühendislik uygulamalarında, özellikle malzeme seçimi esnasında oldukça önemli bir kriterdir. Geçiş sıcaklığı metallerde mutlak ergime sıcaklığının %10-20'si arasında, seramiklerde ise mutlak ergime sıcaklığının %50-70'i arasında yer alır. Geçiş sıcaklıklara düşük olan malzemelerin tokluğu yüksek olduğundan mühendislik uygulamalarında daha çok tercih edilirler. Düşük sıcaklıklarda çalışacak malzemelerde, bu özellik oldukça büyük önem taşır. Buna göre geçiş sıcaklığı, kimyasal bileşime, kristal yapıya, Tane boyutuna, mikroyapıya, uygulanan ısıtma işlemleri, soğuk deformasyon miktarını, gibi birçok faktöre bağlıdır.

Bu malzemeler içerisinde düşük mukavemetli çeliklerde alaşım kompozisyonu ve ortalama tane boyutu sünek gevrek geçiş sıcaklığını çok önemli derecede etkilemektedir. Ortalama tane boyutunun artması çeliğin tokluğunu düşürecektir. Alaşım elementleri içerisinde karbon miktarının artmasıyla çeliklerin mukavemeti artmasına rağmen geçiş sıcaklığı artmaktadır Şekil 10.



Şekil 10. Düşük mukavemetli çeliklerde karbon miktarı ile darbe enerjisi arasındaki ilişki (Callister ve Retwisch, 2021)

3 Kullanılan Cihaz ve Malzemeler

- Darbe Testi Numunesi
- Darbe Cihazı
- Kül Fırını
- Buz
- Termokupl
- Maşa

4 Deneyin Yapılışı

4.1 Cihazın Deney Öncesi Kontrolü

Deneylere başlamadan önce cihazın bir iki defa boşta çalıştırılıp, deney esnasında cihazın enerji kayıplarına sebebiyet verip vermediği kontrol edilmelidir. Enerji kayıpları genellikle yataklardaki sürtünmeden, sarkacın hareket esnasında yanlara doğru oynaması ile meydana gelen sürtünmelerden ve hava direncinden kaynaklanır.

Kalibre edilmiş bir cihazda, cihaz boşta çalıştırılırken, ikinci salınım sonunda meydana gelecek enerji kaybı, ilk potansiyel enerjinin %1'inden daha düşüktür. Enerji kaybı bu değeri aşması halinde cihaz kalibre edilmesi gerekmektedir.

Deney sırasında cihaz numune koymadan önce çalıştırılacaktır ve enerji kaybının miktarı hesaplanacaktır. Bu değer test edilen numunelerin darbe direncini hesaplarken göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

4.2 Numunelerin Hazırlanması

Testin gerçekleştirilebilmesi için çelikten üretilmiş 4 farklı numune yukarıda bahsedilen ASTM E23 standardına göre hazırlanacaktır. Sıcaklığın darbe enerjisine olan etkisini ölçmek için birinci numune soğutma amacıyla buza koyulacaktır. İkinci numune 100 °C'ye, üçüncü numune 300 °C'ye ve son numune 600 °C'ye kadar kül fırınında ısıtılacaktır. Deney sırasında ısıtılan ve soğutulan numunelerin sıcaklığının değişmemesi için bulunduğu ortamdan alındıktan sonra 5 saniye içinde test cihazına yerleştirilmeli ve kırılma testi yürütülmelidir.

4.3 Numunenin Yerleştirilmesi

Bu deney tamamen ampirik olduğu ve şartlar değiştikçe malzemeler farklı özellik gösterebildiği için numunelerin cihaza uygun bir şekilde yerleştirilmesi, doğru sonuç almak açısından önem arz etmektedir.

Deney esnasında önce sarkaç, daha önce tespit edilen potansiyel enerjiye sahip olabileceği bir yüksekliğe çıkarılır. Daha sonra numune, uygun bir şekilde yerleştirilir. Örneğin Charpy testinde numune, mesnetlere tam yaslanacak şekilde ve çekicinin salınım düzlemi ile çentiğin simetri düzlemi 0.5 mm içinde birbirine çalışacak şekilde yerleştirilir. Bu durum cihaza bağlı, yardımcı bir aletle sağlanabilir. Numune uygun şekilde yerleştirildikten sonra, okumaların yapıldığı kadranın göstergesi başlangıç durumuna getirilir ve sarkaç düzgün bir şekilde serbest bırakılır. Sonuç, deneyden sonra kadrandan okunur.

4.4 Deney Sıcaklığı

Bazı malzemelerde darbe direnci değeri, sıcaklıkla değişir. Kırılma anında deney numunesinin sıcaklığa başka bir tolerans üzerinde anlaşmaya varılmadığı takdirde, belirtilen sıcaklıktan 2 °C'den daha fazla fark göstermemelidir. Şayet deney sıcaklığı malzemenin kendi standardına belirtilmemişse deney ılıman iklimlerde 20 ±2 °C, tropikal iklimlerde 27 ±2°C sıcaklıklarında yapılmalıdır. Belirtilen herhangi bir sıcaklıkta yapılan deneylerde, numunenin cihaza nakli sırasında kullanılan tutma düzeninin numune ile değen aksamı da deney numune ile aynı sıcaklıkta olmalıdır.

Sıfırın altındaki sıcaklıklarda darbe testi yapılacağı zaman doğru sonuçlar elde edebilmek için aşağıdaki yöntem tavsiye edilir:

- Derinliği yaklaşık olarak 100 mm olan elverişli bir kabul içine bir sıvı (alkol, aseton vb.) doldurulur. Kabin tabanından en az 25 mm yukarda bir ızgara bulunur ve sıvının içine daldırılan numune, sıvının üst seviyesinden en az 25 mm altta bulunmalıdır. Banyonun sıcaklığını ölçmek için hangi düzen kullanılırsa kullanılsın bu, deneyi yapılacak numunelerin merkezine yerleştirilmelidir. Bütün numuneler banyoda belirtilen sıcaklıkta en az 15 dakika tutulmalıdır. Son 5 dakikada sıcaklık toleransı 0 °C ve -1 °C olmalıdır. Havada soğutulmuş olan numunelerde ise, son 15 dakikadaki sıcaklık toleransı 0 °C ve -1 °C olmalıdır. Soğutucudan numune çıkartıp cihaza yerleştirmek için kullanılan düzenin numuneye değen aksamı da soğutucu sıvı içinde bırakılır. Soğutucudan çıkartılan numuneler 5 saniye içinde kırılmalıdır
- 200 °C'a kadar olan sıcaklıklarda yandan deneylerde numara bir yağ banyosuna daldırılır ve deney için belirtilen sıcaklıkta ±2 °C toleransla 15 dakika süre ile tutulur.
- 200 °C'ın, üstündeki sıcaklıklarda yapılan deneylerde numune bir fırında veya tuz banyosunda ısıtılır. Belirtilen sıcaklıkta ±2 °C toleransla bir saat süre ile tutulur. Deney numunesi, banyo veya fırından çıkarıldığında itibaren 5 saniye içinde kırılmalıdır.
- Oda sıcaklığında ayrı sıcaklıklarda Izod darbe testinin uygulanması zor olduğu için, düşük ve yüksek sıcaklıklarda Izod testi yapılmaz.

4.5 Geçiş Sıcaklığının Belirlenmesi

Şekil 7 görüldüğü gibi geçiş sıcaklığı (Transition) T_1 ve T_2 gibi sıcaklıklar arasında gerçekleşiyorsa, gevrek ve sünek davranışların her ikisi aynı anda bu aralıkta görülür. Deney sıcaklığı T_1 sıcaklığına yaklaştıkça, gevrek davranış duruma hâkim olur. Mühendislik uygulamalarında T_1 sıcaklığı T_2 'ye göre daha büyük önem taşır. Çünkü deneyi yapılan malzeme bu sıcaklıktan daha düşük sıcaklıklarda kullanılmaz. Geçiş sıcaklığı olarak da genellikle bu T_1 sıcaklığı alınır.

T_1 Sıcaklığını belirlenmesinde ise genellikle aşağıdaki üç kriterden faydalanılır:

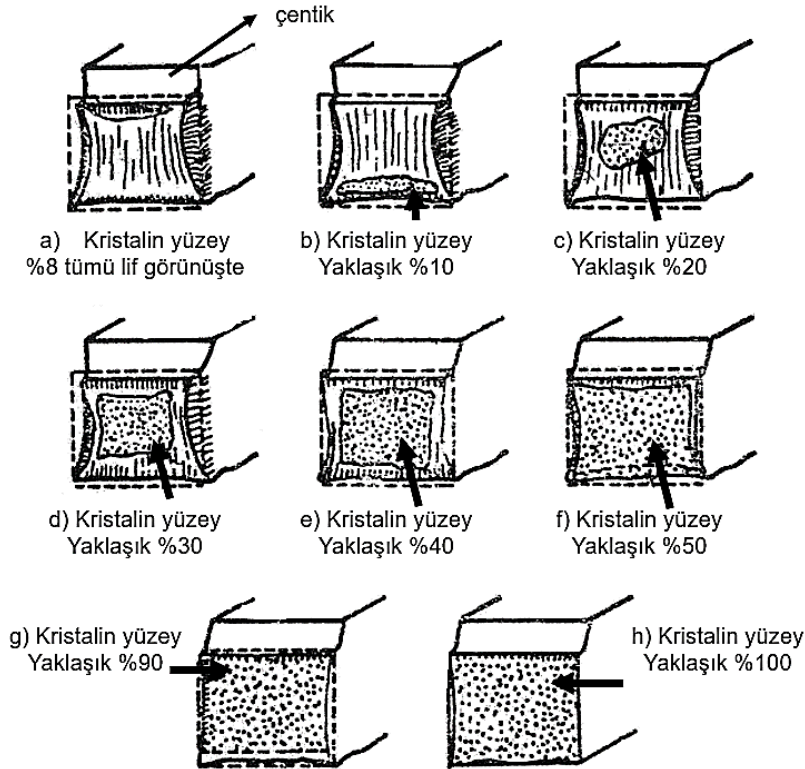
- Kırılma enerjisi
- Kırılma yüzeyinin görüntüsü
- Kırılmadan sonra çentik tabanında meydana gelen enlemesine büzülme miktarları

4.5.1 Kırılma Enerjisi

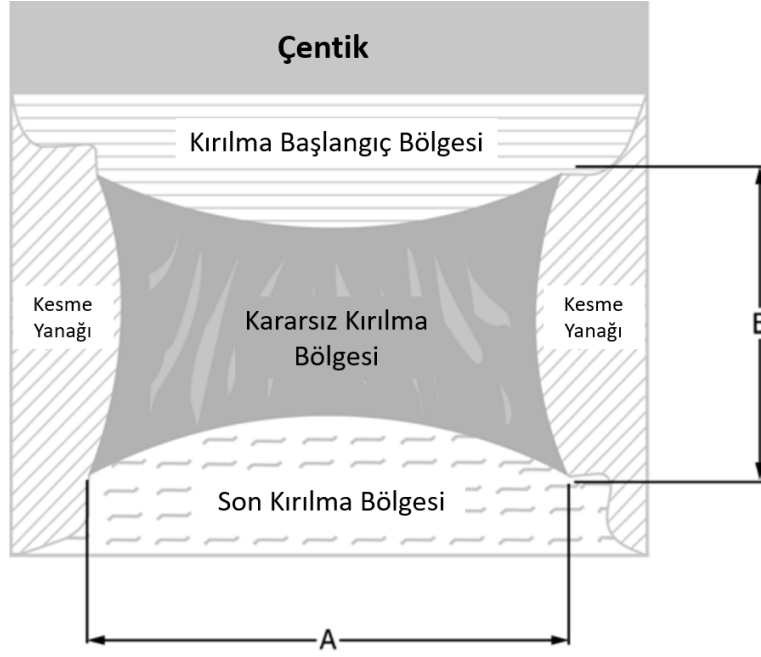
Kırılma enerjisi kriter olarak seçildiğinde, genellikle 2-3 Kgm (15-20 ft.lb)'lik kırılma enerjisine tekabül eden sıcaklık, geçiş sıcaklığı olarak kabul edilir.

4.5.2 Kırılma Yüzeyinin Görünüşü

Kırılma yüzeyi görünüşü kriter olarak alındığında, kırılma yüzeyinde kristalin şekilde gözüken alanın tüm kesit alanına oranı, yaklaşık olarak tespit edilmeye çalışılır. Şekil 11 geçiş aralığından kırılma yüzeylerinin farklı görünüşleri verilmektedir. Şekil 11 (a) şekli sünek davranış, (h) şekli ise çok gevrek davranış ait görünüşü yansıtmaktadır. Kesitte %50 kristalin görünüşü veren sıcaklık, geçiş sıcaklığı olarak alınabilir (Şekil 11 (f)). Ayrıca bu numunelerin kırılma yüzeyindeki bölgelerinin isimlendirilmesi Şekil 12 verilmiştir.



Şekil 11. Farklı geçiş sıcaklığında oluşan kırılma yüzeylerinin şematik olarak gösterimi.



Şekil 12. Charpy test numunesinin kırılma yüzeyinin farklı bölgelerinin şematik olarak gösterimi (ASTM E23-12c, 2012)

4.5.3 Kırılmadan Sonra Çentik Tabanında Oluşan Enlemesine Büzülme Miktarı

Şekil 11 incelendiğinde, sürek davranış (a ve b şekilleri) halinde, çentik tabanında belirli miktarda enlemesine büzülme görülür. Gevrek davranış halinde ise ((h) şekli) plastik şekil değiştirme olmadığından, çentik tabanında enlemesine büzülme görülmez. Bu büzülme miktar kriter olarak seçildiğinde, %1 mertebesinde büzülme gösteren sıcaklık, geçiş sıcaklığı olarak kabul edilebilir.

5 İstenilenler

- Rapor, Karadeniz Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü internet sitesindeki ‘Deney Raporu Yazım Kılavuzu’ esas alınarak, yazım ve noktalama kuralları gözetilerek özenle hazırlanmalı, A4 ebatlarında beyaz kâğıda mavi tükenmez kalemle yazılmalıdır.
- Rapor; kapak, deneyin amacı, teorik bilgiler, deneysel çalışmalar, sonuçlar ve tartışma, ödev, kaynakça ve tasarım bölümlerini içermelidir.
- Deney raporu deney tarihinden itibaren 1 hafta içerisinde teslim edilmelidir. Teslimi 1 haftayı geçmiş raporlar kabul edilmeyecektir.
- Raporun değerlendirilmesinde sayfa tertip ve düzeni, yazım ve noktalama kuralları, deneyin yapılışı, ödev ve tasarım bölümlerindeki işlemler ve raporu teslim edilme tarihi göz önünde bulundurulacaktır.

6 Faydalı Bağlantılar

Charpy Darbe Deneyi Simülasyonu; <https://sm-nitk.vlabs.ac.in/exp/charpy-impact-test/simulation.html>

Sünek Kırılma; https://www.youtube.com/watch?v=EbTZy7rbt7k&ab_channel=All-ProFasteners%2CInc.

Gevrek Kırılma;

https://www.youtube.com/watch?v=K2dof0D5aBY&ab_channel=comtesfht7

Analiz Simülasyonları

- https://www.youtube.com/watch?v=wIH8HkpHRbU&ab_channel=Trajkovskifeasolution
- https://www.youtube.com/watch?v=wBggtyKuwdY&ab_channel=expertfea.com
- https://www.youtube.com/watch?v=BPnYz9WxpxM&ab_channel=mateimc

7 Kaynaklar

ASTM E23-12c, (2012). “Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials”, ASTM International, West Conshohocken, ABD.

Advner, S. H. (2008). *Introduction to Physical Metallurgy*. Tata Mcgraw -Hill.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2021). *Materials science and engineering an introduction*. John Wiley and Sons Australia.

Dieter, G. E. (1976). *Mechanical metallurgy*. McGraw-Hill.

Element. (19 Aralık 2016). Charpy vs. Izod: An impact testing comparison. 5 Ekim 2022 tarihinde adresinden alındı; <https://www.element.com/nucleus/2016/charpy-vs-izod-impact>

Kayalı, E.S. Ensari, C. Dikeç, F. (1990). Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyle, İTÜ Yayınları, Sayı: 1262.

Savaşkan, T. (2009). *Malzeme Bilgisi ve Muayenesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Tec-Science. (19 Ağustos 2022). Charpy impact test. 5 Ekim 2022 tarihinde adresinden alındı; <https://www.tec-science.com/material-science/material-testing/charpy-impact-test/>