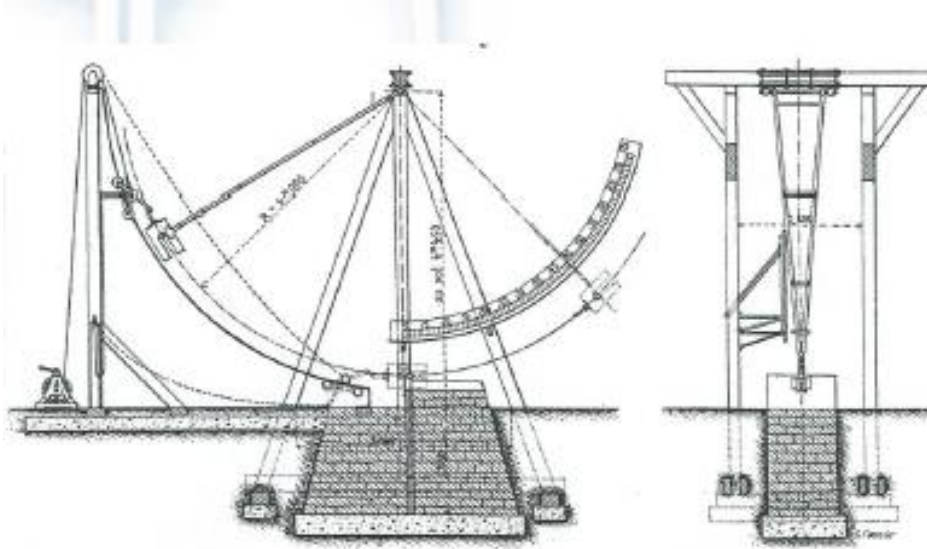


DARBE TESTLERİ



Dr. Öğr. Üyesi Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

KAYNAKLAR

Pürçek, G.; Mekanik Malzemelere Uygulanan Mekanik Deneyler (Ders Notu), 2014

Kayalı, E.S.; Ensari, C. Ve Dikeç, F.; Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İ.T.Ü. Kimya Metalürji Fa. Ofset Atölyesi, İstanbul, 1990.

Güleç, Ş. Ve Aran, A.; Malzeme Bilgisi, Cilt 1, TÜBİTAK Marmara Bilimsel Ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Gebze, 1988.

<https://studentcommunity.ansys.com/>

Kamile Tosun, Yapımalzemesi ders notları, Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği

<https://www.instron.us/our-company/library/test-types/impact-testing>

Material Testing Technology, ASTM.D7136.10 - 500 IN-LBS Drop Weight Impacter

<http://www.materials.unsw.edu.au/tutorials/online-tutorials/2-temperature-impact>

<https://www.ptli.com/testlopedia/tests/izod-d256-ISO180.asp>

<https://www.relinc.com/tr/split-hopkinson-bar-kolsky-bars/split-hopkinson-bar-videos/>

Impact Testing Yesterday and Today, Enrico Lucon and Chris McCowan Materials Reliability Division NIST, Boulder Colorado (US)

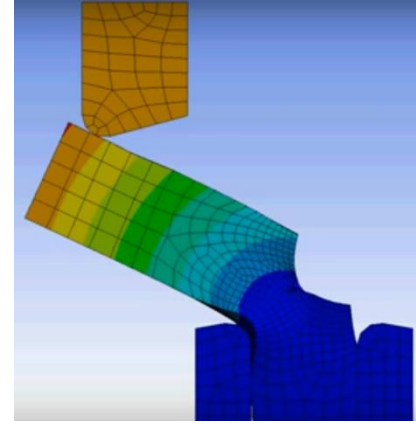
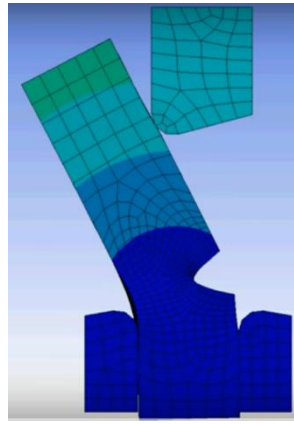
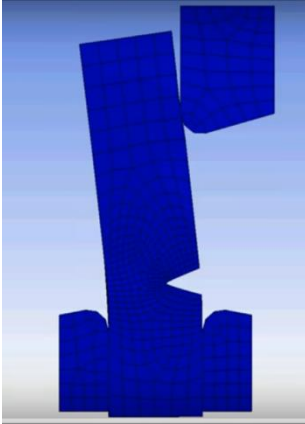
Westmoreland Mechanical Testing & Research, Ltd. <http://www.wmtr.co.uk/>

Prof. Dr. Halit S. Türkmen, İTÜ, Ders Notları

<http://sm-nitk.vlabs.ac.in/>

- Bir yapıya veya elemana uygulanan dış yük, tabii titreşim periyodunun üçte birinden daha kısa zamanda uygulanırsa, bu yüklemeye **darbe** denir.
- Tokluk bir malzemenin kırılmadan önce sönümlendiği enerjinin bir ölçüsüdür ve bir malzemenin kırılmadan bir darbeye dayanması yeteneği söz konusu olduğunda önem kazanan bir mühendislik özelliğidir.

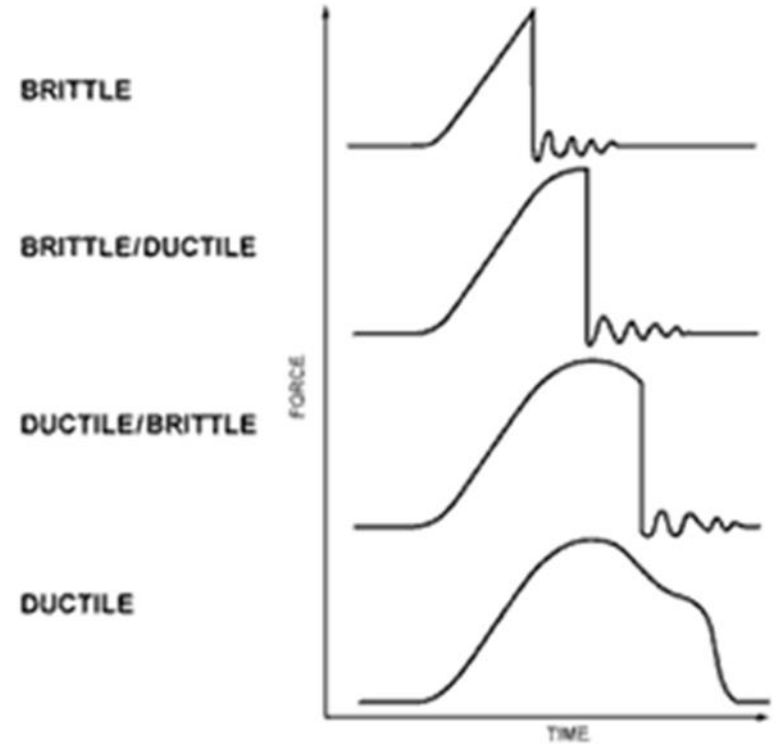
Tokluğun en basit ölçme yöntemlerinden birisi darbe deneyidir.



Neden Yapılır?

Darbe Deneyi, metalik ve metalik olmayan malzemelerin dinamik zorlamalar altında kırılması için sarfedilen enerji miktarını tayin ve tespit amacıyla yapılır .

İki obje birbiri ile çarpıştığında genellikle objelerden biri ya da ikisi birden darbe olarak zarar görür. Günlük hayatta her bir nesne darbe ile karşılaşma riski altındadır. Bu sebeple dizayn safhasında darbeye karşı malzemelerin nasıl davranacağını bilmek, darbe direncinin ne kadar yük altında dayanabileceğini tayin etmek önemlidir.



Tarihçe

- *Malzeme testinin gelişimi, 1830 ve 1900 yılları arasındaki demiryolu ağının hızlı bir şekilde genişlemesi ile başladı*
- *Tüm sanayileşmiş ülkelerde rayların ve aksların kırılğan arızalarından kaynaklanan çok sayıda felaket kazası kaydedildi.*
- *İnşaat için geleneksel malzemeler (ahşap, tuğla, taş, vb.) yerine metal kullanımı maliyet artışı pahasına % 20'den % 80'e kadar arttı.*
- *1800'lerin ortalarında yeni bir malzeme, çelik türü geliştirildi.*
- *1858'de, David Kirkaldy Southwark, Londra'daki ilk kamu malzeme test laboratuvarını açtı ve TayBridge demiryolu felaketinin nedenleri hakkındaki soruşturmaya katkıda bulundu (İskoçya, 12/28 / 1879- 75 kurban)*



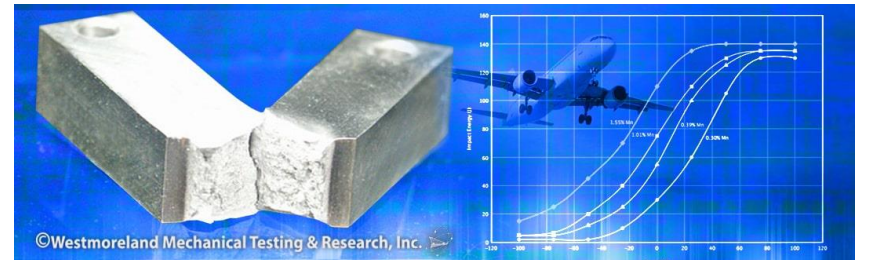
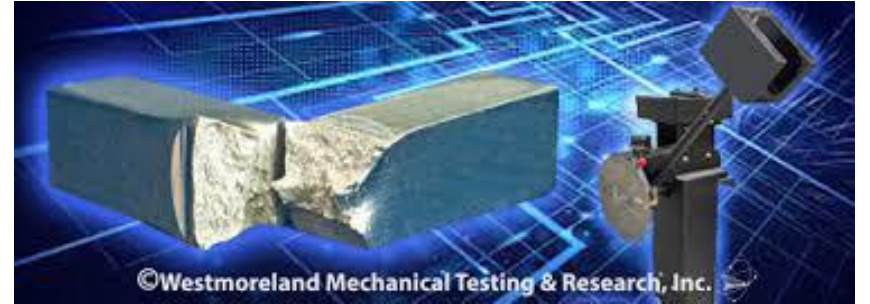


'arihçe

- 1896 : *S.Bent Russell'in kırılma enerjisi fikri makine sanayi dönemine atılmış ilk adımlardan biri olarak önemli bir girişim kabul edildi.*
- 1897 : *Darbe yüklemesi sırasında artan kuvvetleri ölçmeye ilişkin en eski makale: B.W. Dunn, J. Franklin Inst., (Russell'in makalesi 1898'den!)*
- 1897 : *Dunn'in sapma verilerini ölçme tekniği: döner bir filme ışık yansıtma*
- 1898 : *Russell'in ilk test denemeleri ile ortaya çıktı . Bu yeni geliştirilen sarkaç kırık testi idi ve ilk test sonuçları çentikli örneklerle elde edildi.*
- 1901 : *George A. A. Charpy tarafından çentiklerin standartlaştırılması çalışmaları yapıldı.*
- 1912 : *Eş zamanlı kuvvet ve sapma kaydı:A.Gagarin,*
- 1910-1922 : *Test numunelerinin boyutları için standart çalışmaları başladı.*
- 1922 -1933 : *ASTM E23 standardı kabul edildi.*
- 1930 : *Kuvvet ölçümü için piezoelektrik yük hücresi kullanımı : R. Yamada ve S. Watanabe*
- 1958 : *İlk ticari aletli sarkaç, PSWO, Almanya*
- 1930-1961: *Gerinim ölçer teknolojisi, çekiç, sonra destekler ve son olarak vurucu, S. Sakui, 1961*

Hangi sektörlerde uygulanıyor?

- Havacılık ve Savunma Sanayi
- Otomotiv Sanayi
- İnşaat Sanayi
- Teknoloji Sanayi
- Medikal cihazlar ve aletler
- Spor aletleri
- Tekstil Sanayi
- Hızlı Tüketim Sanayi
- Hammadde Sanayi





Onemi

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan malzemeler, uygulanan yükün türüne ve ortam sıcaklığına bağlı olarak zamanla hasara uğramaktadır. Bu nedenle malzeme seçimi yapılırken, malzemenin hangi sıcaklıklarda kırılacağı, sünek veya gevrek hangi şekilde kırılacağı, kırılırken ne kadar enerji emeyeceği ve kırılma enerji miktarının ne olacağı gibi malzemenin davranış şekilleri önemli olmaktadır.

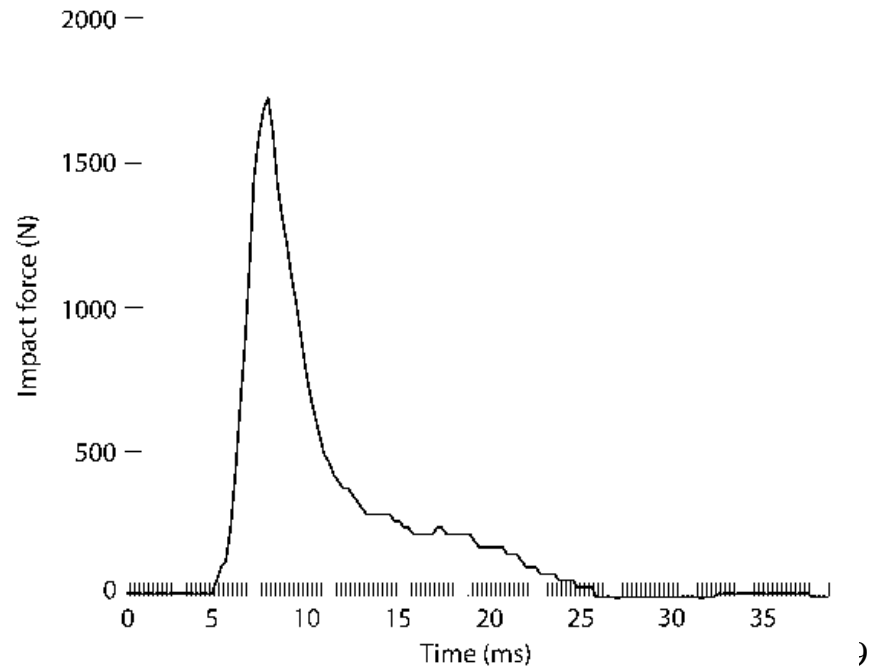
Darbe dayanımı, malzeme mühendisleri ve tasarımcıların dikkate alması gereken en önemli özelliklerden biridir. Malzemelerin fiziksel özelliklerini belirlemede en yaygın kullanılan testlerden biri, ASTM D 256 standart test yöntemi tarafından belirtilen çentikli izod darbe testi, diğeri ise ISO 180 standardı ile açıklanan darbe dayanımını tayin yöntemidir.



Çeşitleri

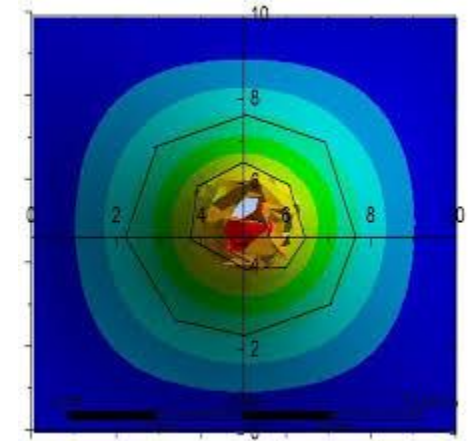
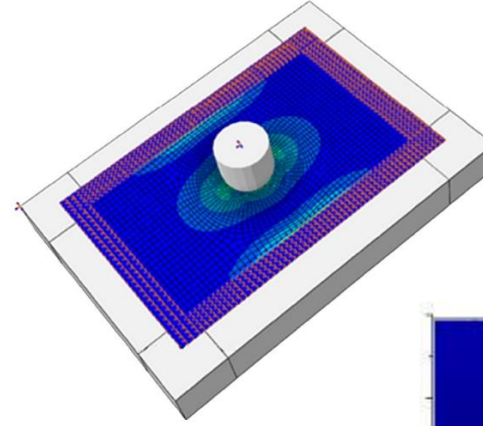
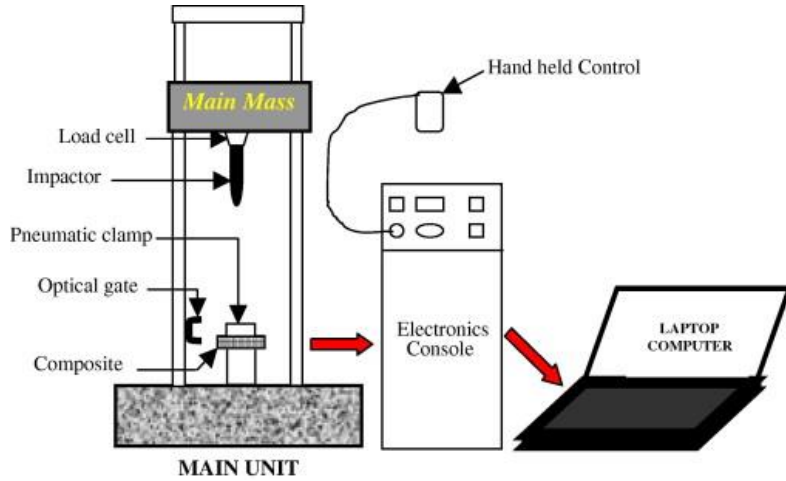
- Düşük hızlı darbe deneyleri ≤ 10 m/s
- Orta hızlı darbe deneyleri 10 – 50 m/s
- Yüksek hızlı darbe deneyleri (balistik) 200 – 2000 m/s
- Hiper hızda darbe deneyleri 2000 – 5000 m/s

- Ağırlık düşürme testleri
- Sarkaç testleri (Izod ve Charpy)
- Hava veya gaz silah testleri



Ağırlık Düşürme Darbe Testleri

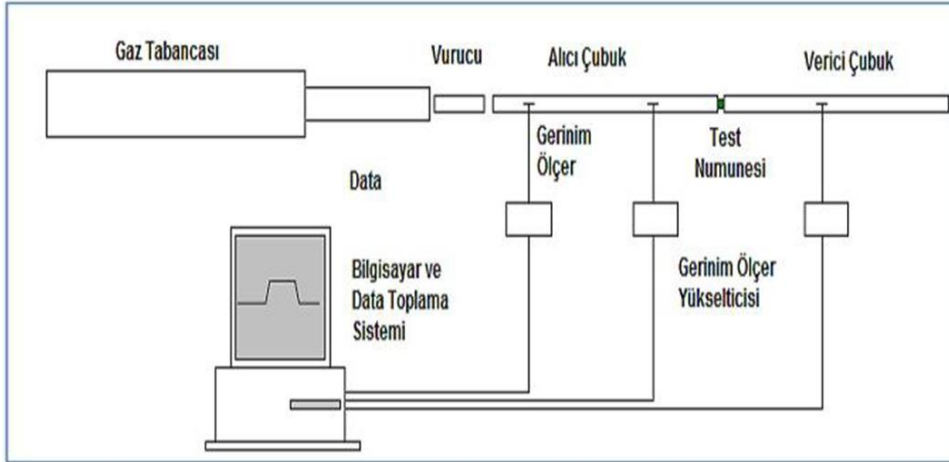
Ağırlık düşürme testleri yaygın olarak kullanılmakla birlikte değişik tasarımlara hizmet etmektedir. Genellikle bir ağırlık grubuna bağlı vurucu uç, belli bir yükseklikten serbest olarak bırakılır. Tekrarlı çarpmayı önlemek için belirli mekanik aksamla donatılırlar



Hava veya gaz silah testleri

Split Hopkinson Bar (Kolsky Bar)

Yüksek deformasyon hızı istendiğinde sarkaç ve ağırlık düşürme testleri yeterli olmamaktadır. $10^{-2}/s$ - $10^{-3}/s$ değerlerindeki deformasyon hızlarına ulaşılacak istendiğinde genellikle Split Hopkinson bar tekniği kullanılmaktadır.

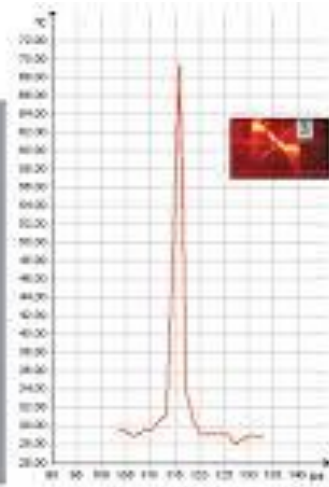


Bu teknikle $10^{-2}/s$ - $10^{-3}/s$ değerlerine kadar deformasyon hızları kolaylıkla elde edilebilmekte, istenirse özel aparatlar yardımıyla $10^{-4}/s$ değerlerine çıkılabilmektedir. Tipik bir hopkinson barı ekipmanı darbeli basma testleri için kullanılır.

Cihaz test numunesinin yerleştirildiği giriş ve çıkış değerleri için iki tane çelik barı ve çubuklar üzerinden birim şekil değiştirmenin ölçüldüğü gerinim ölçerlerden oluşmaktadır. Bir gaz tabancası olayı başlatır ve vurucuyu tetikler. Vurucunun alıcı çubuğa çarpmasıyla oluşan gerilim dalgası sırasıyla, birinci ve ikinci gerilim ölçerler aracılığı ile kayıt altına alınır.

Gerilim dalgası sonra numuneye geçer ve numune sıkıştırılır. Gerilim dalgasının bir bölümü çekme dalgası şeklinde yansıtılır ve ikincigerilim ölçer tarafından kaydedilir.

Dalga enerjisinin bir kısmı numune tarafından yutulur ve kalanı verici çubuğa aktarılır ve üçüncü gerilim ölçer tarafından kayıt altına alınır.



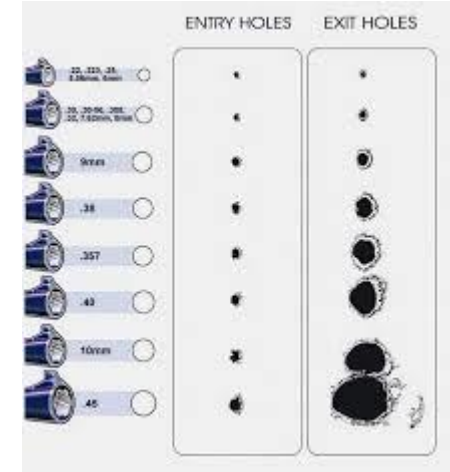
Uçakların havaalanından kalkış ve inişleri sırasında, uçak gövdesine yüksek hızda çarpan taşların oluşturacağı hasarlar gaz tabancası kullanılarak simüle edilebilir.

Balistik test düzeneği

Genellikle balistik deneylerde mermi kullanılmaktadır. Özellikle askeri alanda bu çalışmalar yapılmakta olup, çelik yelekler ve zırhlı araç malzemeleri üzerinde testler gerçekleştirilmektedir. Balistik testlerde, balistik standartlarının öngördüğü çaptaki mermilerle, mermi hızı da kullanılan barutu ayarlamak suretiyle gerçekleştirilen atışlarda, zırh ve benzeri malzemenin balistik performansını elde etmek mümkün olmaktadır.



National Research and Space Administration
Lewis Research Center



Sarkaç testleri (Izod ve Charpy)

Charpy ve Izod darbe test yöntemlerinde çentik açılmış bir test numunesi, standart bir yükseklikten bırakılan bir sarkaç ile darbeye maruz bırakılır.

Darbeden sonra sarkacın çıktığı yükseklik tespit edilerek sarkacın ilk ve son konumdaki enerji farkı numune tarafından yutulan darbe enerjisi olarak ölçülür. Darbeden sonraki sarkacın yüksekliği ne kadar az ise, yutulan darbe enerjisi, dolayısıyla malzemenin darbe direnci veya tokluğu da o derece yüksektir.

Charpy ve Izod test yöntemleri ufak farklılıklar dışında birbirine çok benzerler. Bu farklılıklardan en önemli olanı, numunenin desteklenme şekli ile çentiğin destek ve darbe noktalarına göre konumudur.

entik darbe deneyi gevrek kırılmaya neden olabilecek şartlar altında çalışan malzemelerin mekanik özelliklerinin saptanmasında kullanılır. Darbe deneyinin genel olarak amacı, metalik malzemelerin dinamik zorlamalar altında kırılması için gerekli enerji miktarını, kırılma tipini ve sünek-gevrek geçiş sıcaklığını tespit etmektir.

Darbe deneyinden elde edilen sonuçlar, çekme deneyi sonuçları gibi mühendislik hesaplarında kullanılmazlar.

Deneyin Prensibi

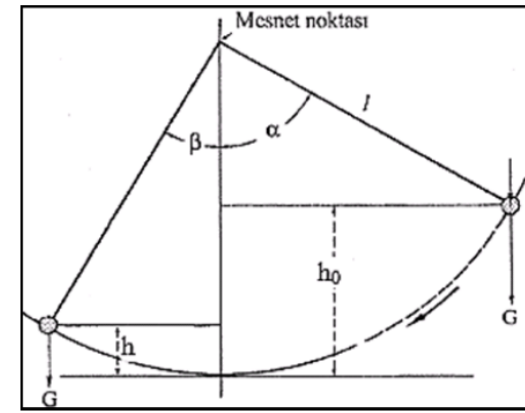
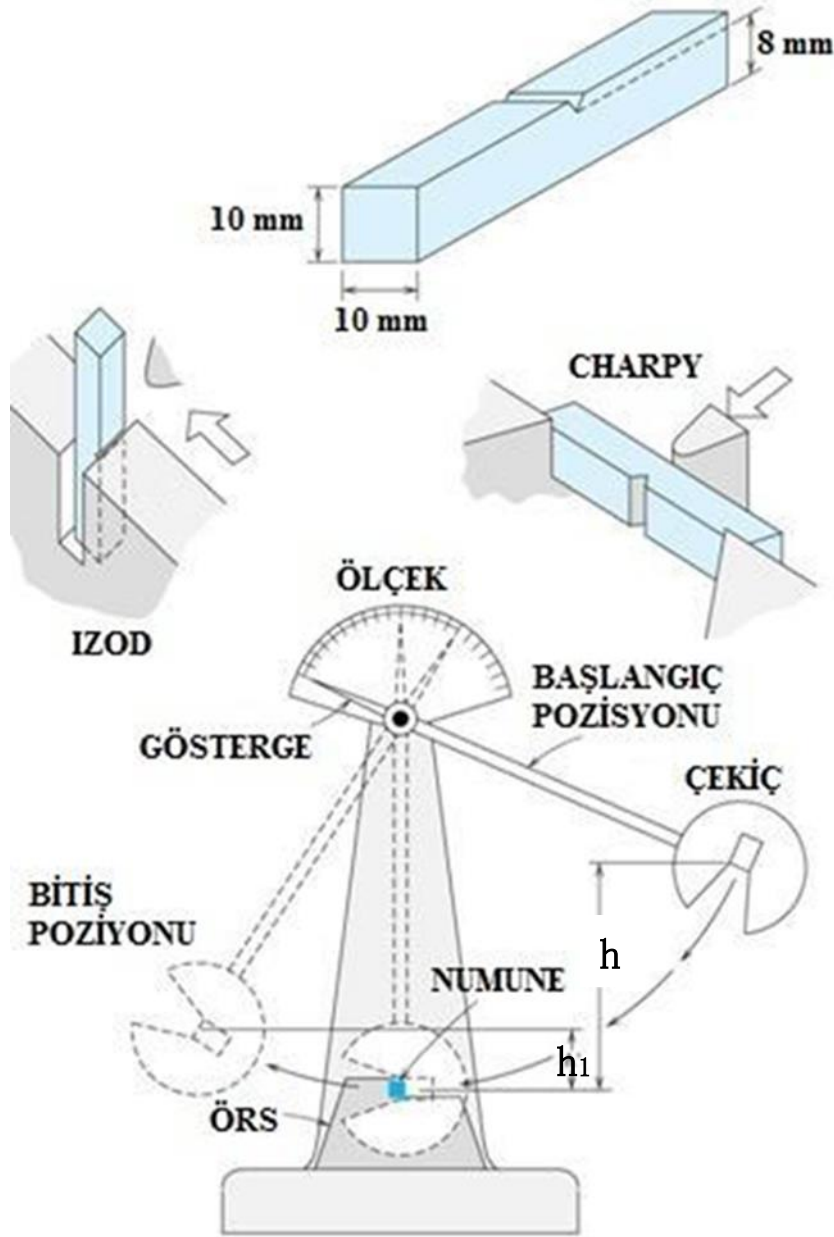
Deneyde numunenin dinamik zorlama altında kırılması için gereken enerji belirlenir. Bulunan değer malzemenin darbe direnci (darbe mukavemeti) veya bu değer çentik dibindeki anma kesitine oranlanırsa çentik darbe tokluğu elde edilir.

Darbe direnci, bir parça tasarımcısı için dikkate alınması gereken en önemli özelliklerden biridir ve sorgulamadan ölçülmesi en zor olanıdır. Bir parçanın darbe direnci birçok uygulamada servis ömrünün kritik bir ölçüsüdür.

Bu deneylerde, sarkaç tipi cihazlardan faydalanılır. Ağırlığı G olan sarkaç, h yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerjisi ($G \times h$) mertebesindedir. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve aksi istikamette h_1 yüksekliğine kadar çıkar. Böylece, numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji ($G \times h_1$) mertebesinde demektir.

Sarkacın, numune ile temas haline geldiği andaki potansiyel enerji ile numune kırıldıktan sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi başka bir deyimle, darbe direncini verir. Bu enerji aşağıdaki formülle de gösterilebilir:

$$\text{Kırılma enerjisi} = G (h - h_1) = G.L. (\cos\beta - \cos\alpha)$$



Burada;

G = Sarkacın ağırlığı (kg)

L = Sarkacın ağırlık merkezinin, sarkacın salınım merkezine uzaklığı (m),

h = Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m),

h_1 = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m),

α = Düşme açısı (derece),

β = Yükseliş açısı (derece),

Bu deney tamamen ampirik olduğu ve şartlar değiştiğinde malzeme farklı özellik gösterdiği için numunelerin cihaza uygun bir şekilde yerleştirilmesi, doğru sonuç alma yönünden önemlidir. Darbe direnci genellikle **Joule (J)** olarak verilir. Ancak, bazı durumlarda J/m^2 , Nm yada Nm/m^2 cinsinden de verilebilir. **Kırılma enerjileri yüksek olan malzemelerin kırılma toklukları da yüksek olur.**



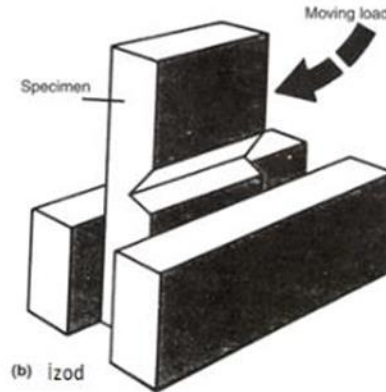
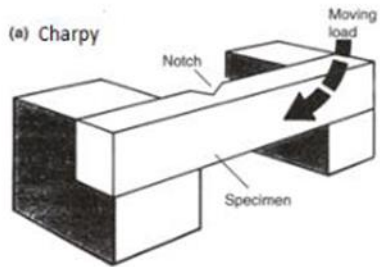
Çentik darbe deneyinde amaç, malzemenin bünyesinde muhtemelen bulunacak bir gerilim konsantrasyonunun (gerilim birikiminin) darbe esnasında çentik tabanında suni olarak teşkil ettirilip, malzemenin bu durumda dinamik zorlamalara karşı göstereceği direnci tayin etmektir. Gri dökme demir numunelerinde, malzemenin bünyesindeki grafit levhacıklar çentik gibi etki yapacaklarından, ayrıca çentik açmağa lüzum yoktur. Darbe deneyi, metallerin özellikle gevrek kırılmaya müsait şartlardaki mekanik özellikleri hakkında sağlam bir fikir elde etmek amacıyla uygulanır.

Deney esnasında önce sarkaç, daha önce tespit edilen potansiyel enerjiye sahip olabileceği bir yüksekliğe çıkarılır. Daha sonra numune, uygun bir şekilde yerleştirilir. Örneğin, en çok uygulanan Charpy deneyinde numune, mesnetlere tam yaslanacak şekilde ve çekicinin salınım düzlemi ile çentiğin simetri düzlemi 0,5 mm içinde birbirine çakışacak 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.

Darbe tokluğu dayanım hesaplamalarında sayısal bir değer olarak kullanılmaz; çünkü konstrüksiyondaki gerilme durumu, yüklemenin seyri, boyutlar ve çentik geometrisi çok farklıdır. Bu nedenle sadece malzeme kalitesinin belirlenmesi için yapılan bu deneylerde sonuçların verilmesi ve mukayese amaçlı kullanılması yeterlidir.

Çentikli darbe deneyleri genellikle 2 türde yapılmaktadır :

- **Charpy Darbe Deneyi**
- **Izod Darbe Deneyi**



Charpy Darbe Deneyi:

Yatay ve basit kiriş halinde 2 mesnede yaslanan numunenin çentik tabanına bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler etkisi ile numunenin kırılması için harcanan enerjiyi tayin işlemidir.

İzod Darbe Deneyi:

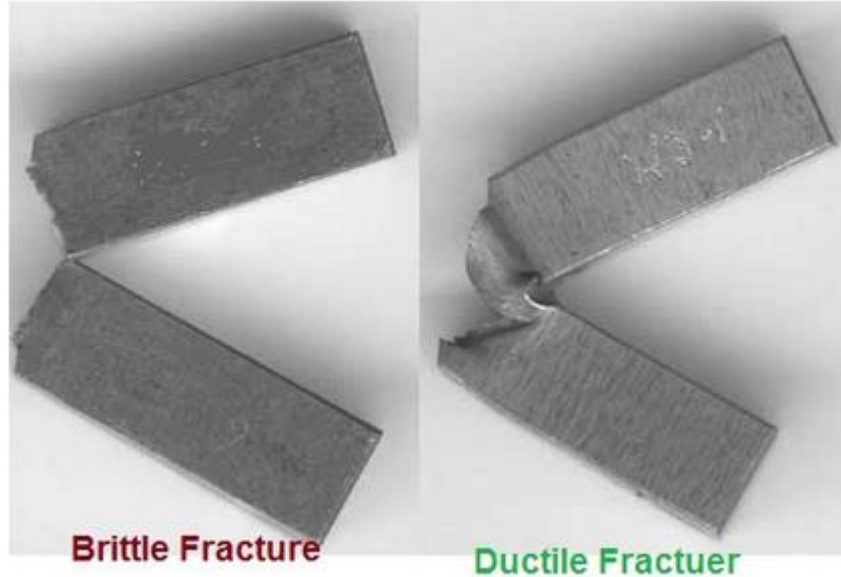
Dikey ve konsol halinde bir kavrama çenesine tutturulan numunenin yüzeyine, kavrama çenesinden belirli yükseklikte, bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler ile numunenin kırılması için sarf edilen enerjiyi tayin işlemidir.

Tablo 1. Charpy ve Izod Darbe Testleri

Yöntem	İsim	Açıklama	Şekil
A	Charpy Darbe Dayanımı	Numune basit mesnetli kiriş şeklinde düzleme sabitlenir.	
B	Izod Darbe Dayanımı	Numune dikey ankastre kiriş şeklinde deney düzeneğine yerleştirilir. Genellikle numunenin ortasında bir çentik açılır.	

Çentikli bir numune zorlandığı zaman, çentiğin tabanına dik bir gerilim meydana gelir. Kırılmanın başlaması, bu gerilimin etkisi ile olur. Numunenin kırılabilmesi için bu dik (normal) gerilimin, kristalleri bir arada tutan veya kristallerin kaymasına karşı koyan kohezif dayanımdan fazla olması gerekir. Numune, plastik biçim değiştirmeye fırsat bulamadan bu hal meydana gelirse, buna **gevrek kırılma** denir. Burada kırılan yüzey, düz bir ayrılma yüzeyidir.

Deney esnasında, numune kırılmadan önce çoğu zaman plastik biçim değiştirme meydana gelir. Uygulanan kuvvet etkisi ile normal (dik) gerilime ilaveten, bununla yaklaşık olarak 45° farklı bir kayma gerilimi etki etmeye başlar. Kayma gerilimi, kayma dayanımını (kritik kayma gerilimi) aştığı an, elastik (esnek) özellik sona erer ve plastik biçim değiştirme başlar. Bu durumda önce plastik biçim değiştirme, daha sonra kırılma meydana gelir. Buna **sünek kırılma** hali denir ve kırılma yüzeyi girintili çıkıntılı bir görünüştedir.

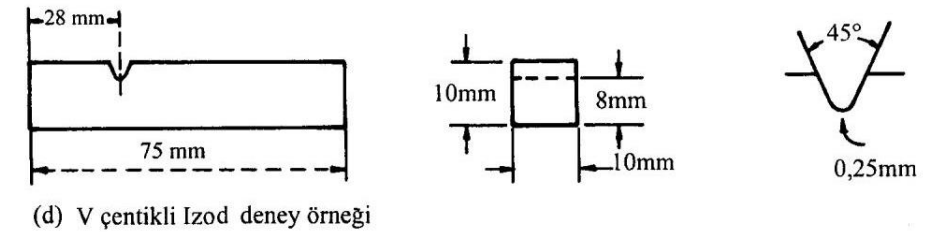
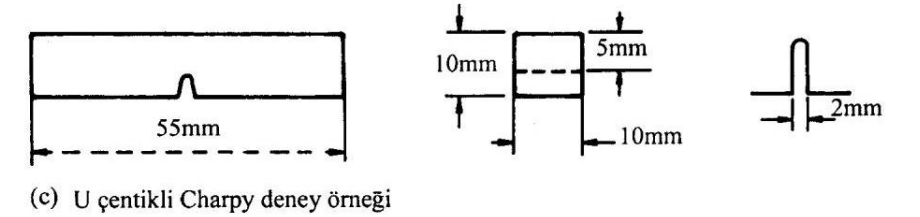
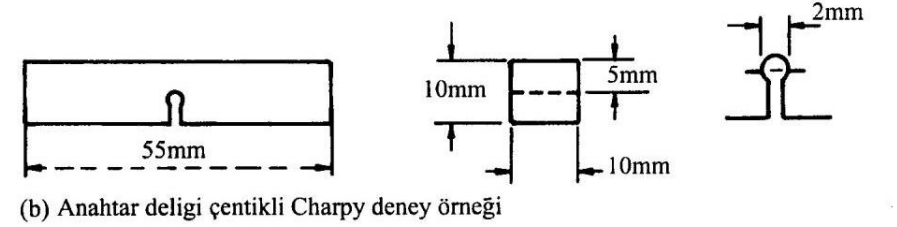
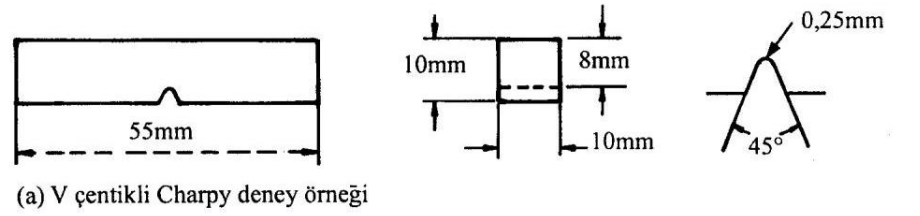


Numuneler

Standartlarda belirtilen numune boyut ve biçimleri aşağıdaki şekilde verilmiştir. Bazen, bu standartlara uygun numune hazırlama imkânı olmadığı durumlarda standart dışı numunelerde hazırlanabilir.

Açılan çentikler sünek malzemelerde kırılmayı kolaylaştırmak amacıyla yapılmaktadır.

Sert-kırılğan (gevrek) malzemelerin, kompozit malzemelerin darbe deney numunelerine çentik açılmaz.

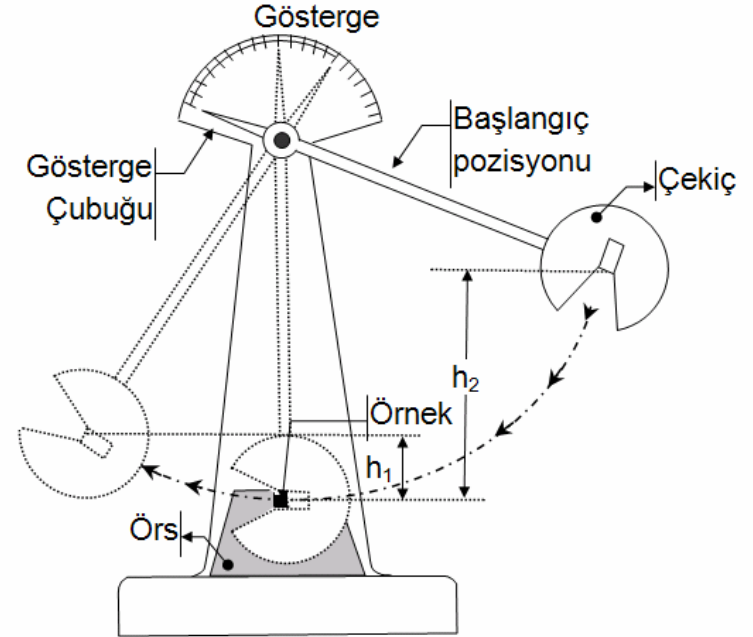


Çentik Darbe İşi

İlk durumda h_2 yüksekliğindeki çekiç numuneyi kırdıktan sonra h_1 kadar yükselir. İki yükseklik arasındaki potansiyel enerji farkı **Çentik Darbe İşi**'dir.

$$P \cdot h_2 = P \cdot h_1 + W$$

$$W = P \cdot (h_2 - h_1)$$



Çentik Darbe Tokluğu

Çentik darbe işinin, kırılan kesit alana bölünmesiyle **Çentik Darbe Tokluğu** elde edilir. Malzemelerin (özellikle *hacim merkezli kübik* kristal yapılı) çentik darbe toklukları sıcaklıkla değişir.

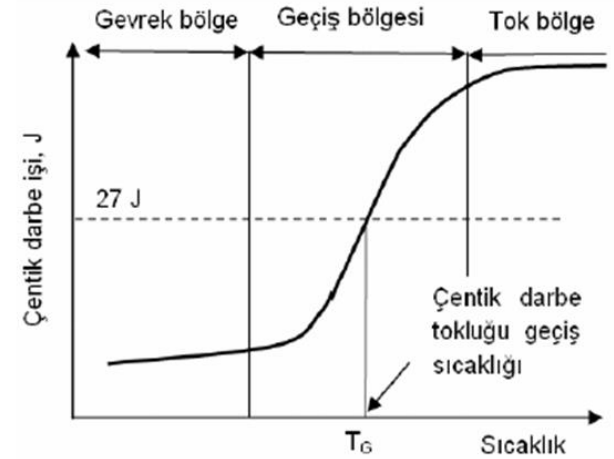
Örneğin; tipik bir çeliğin sünekliği sıcaklık 27°C ' den -40°C ' ye düştüğünde çentik darbe dayanımı 95 Nm ' den 14 Nm ' ye düşebilir. Malzemeler, **27 J** ve **daha düşük** çentik darbe işi olması durumunda **gevrek** kabul edilir.

Geçiş Sıcaklığı

Malzemenin tokluğunu kaybederek gevrekleştiği sıcaklığa çentik darbe tokluğu geçiş sıcaklığı denir. Düşük sıcaklıklarda çalışacak malzemeler için bu özellik önem kazanmaktadır.

T_T (T_g), geçiş sıcaklığı malzemenin kimyasal bileşimine, ısıl işlem durumun, işleme yöntemine ve mikroyapısına bağlıdır. Bu değişkenler arasında, tane boyutunu küçültme mukavemeti Hall-Petch bağıntısına göre artıran ve aynı zamanda geçiş sıcaklığını düşüren tek yöntemdir.

Metallerde bu geçiş mutlak ergime sıcaklığına bağlı olarak $0.1-0.2 T_m$, seramiklerde ise $0.5-0.7T_m$ aralığında olmaktadır. Sünek-gevrek geçiş aralığı içeren malzemelerde, geçiş sıcaklığını belirlemek için çeşitli kriterler kullanılmaktadır.

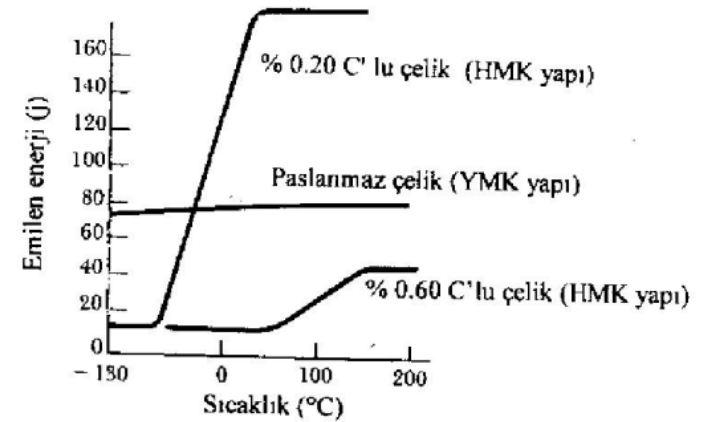
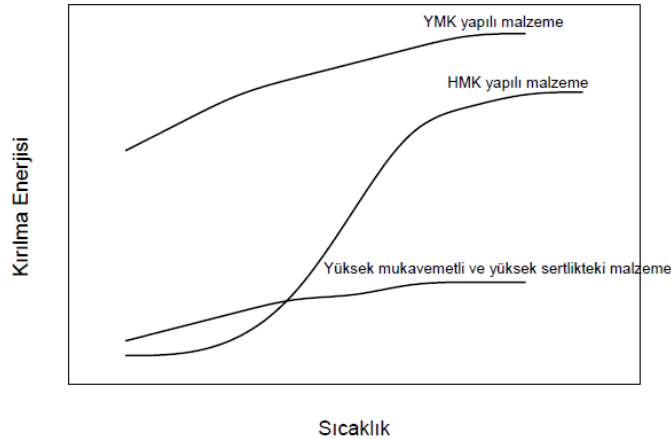


Geçis Sıcaklığını Etkileyen Parametreler

Kristal yapının etkisi

Orta ve düşük mukavemetli YMK metallere ve çoğu SDH yapıları metallere yüksek darbe direncine sahiptir ve bu tür metallere (özel reaktif kimyasal ortamlarda bulunmuyorsa) gevrek kırılma problemi yoktur. Yüksek mukavemetli ve gevrek yapıları malzemeler düşük darbe direncine sahip olduklarından, yapılarında çatlak bulunuyorsa, bütün sıcaklık ve deformasyon hızlarında elastik bölgedeki gerilme değerlerinde gevrek olarak kırılırlar. Yüksek mukavemetli çelikler, alüminyum ve titanyum alaşımları bu guruba girer.

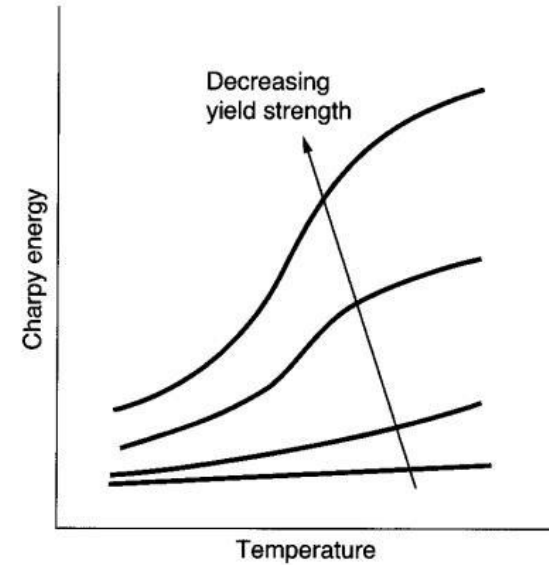
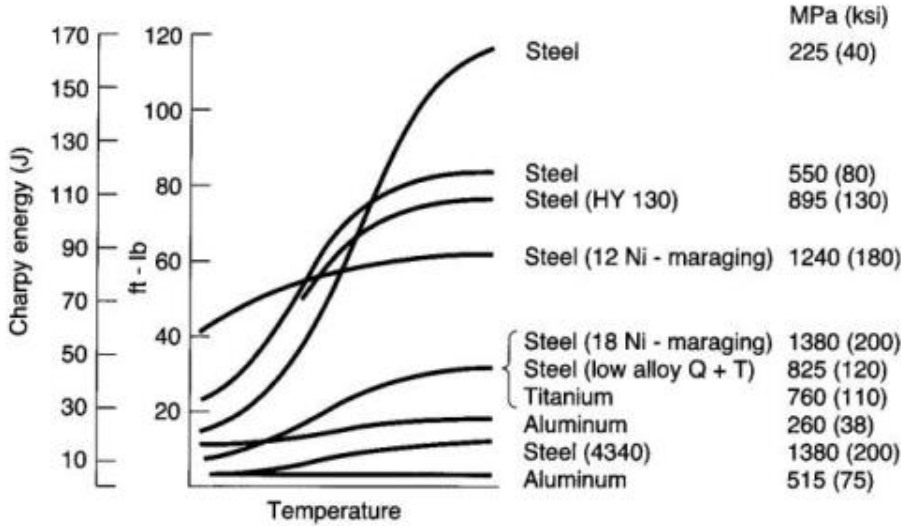
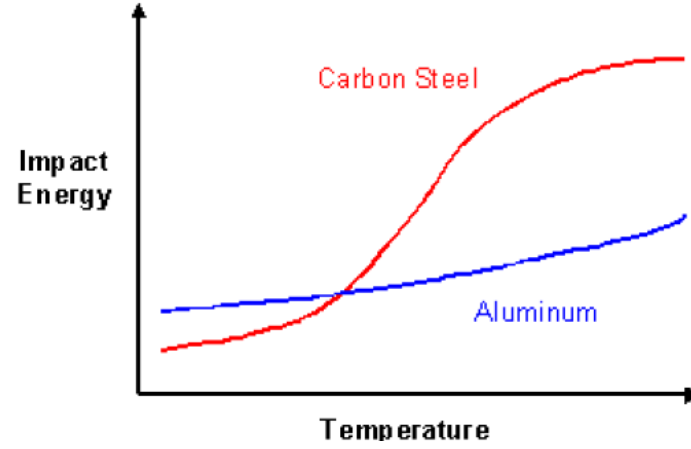
Düşük ve orta mukavemetli HMK yapıları metallere ve seramiklerin darbe dirençleri sıcaklığa oldukça bağlıdır. Düşük sıcaklıklarda klivaj kırılma, yüksek sıcaklıklarda ise kayma kırılması meydana gelmektedir. Diğer bir deyişle, artan sıcaklığa bağlı olarak gevrek kırılmadan sünek kırılmaya geçiş olmaktadır.



Mikro yapı ve kimyasal bileşimin etkisi

Mikro yapıdaki ikinci sert fazlar varsa bunların morfolojisi de darbe dirençlerini etkiler. Bu sert kırılabilir fazlar keskin köşeli ve sivri uçlu ise darbe dirençlerini zayıflatır.

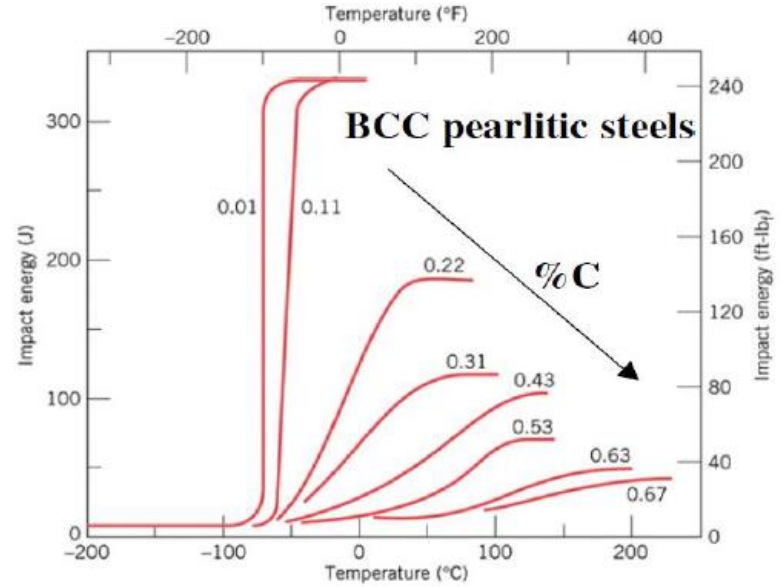
Örneğin Küresel grafitli dökme demir gri dökme demirden daha fazla darbe dayanımına sahiptir. Gri dökme demirde sert kırılabilir grafitler sivri, keskin köşeli ve birbirleri ile bağlantılı olduğundan bu yapılar çentik etkisi yapmaktadır.



Farklı malzemelerde darbe enerjisinin sıcaklıkla değişim [Bowman].

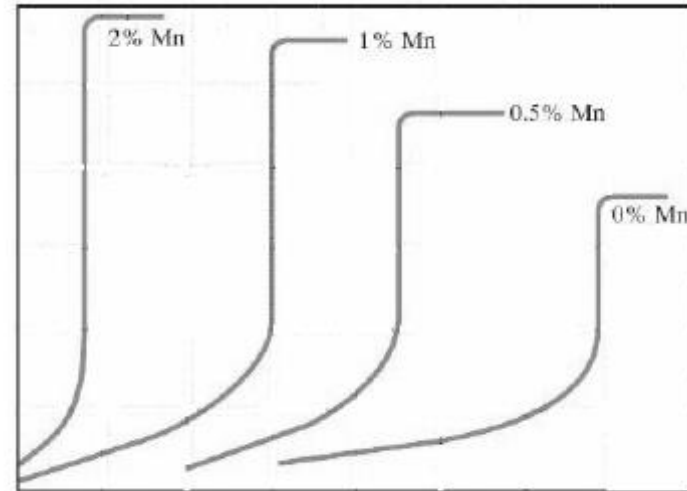
% Karbon oranının etkisi

Çeliğin karbon miktarı arttırılırsa geçiş sıcaklığı da artma göstermektedir.



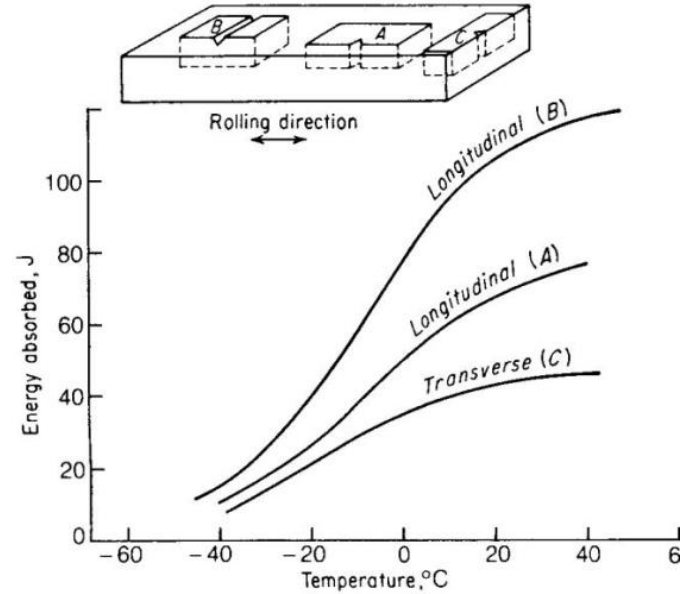
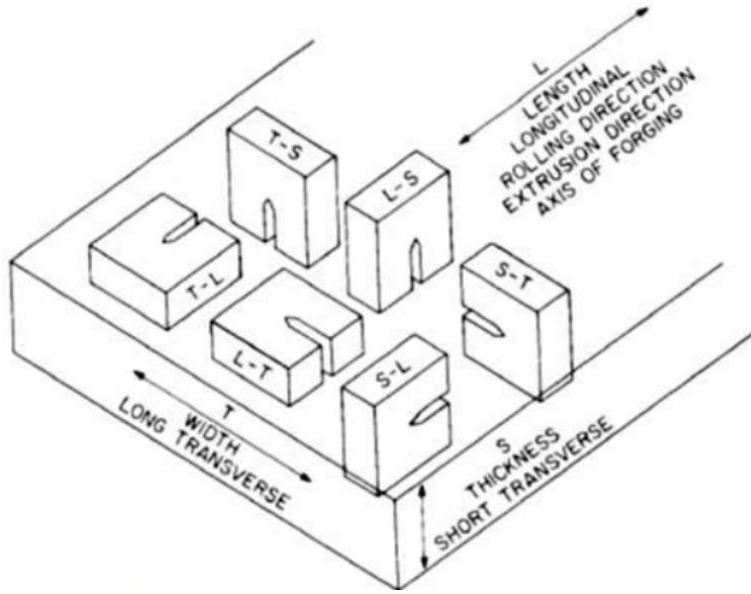
Mangan ilavesinin etkisi

Mn veya Ni eklendiğinde darbe enerjisi artmakta, geçiş sıcaklığı azalmaktadır. Dolayısıyla düşük sıcaklıklarda çeliğin tokluğunu korumak için Mn ve Ni gibi alaşım elementleri kullanmak faydalı olacaktır.



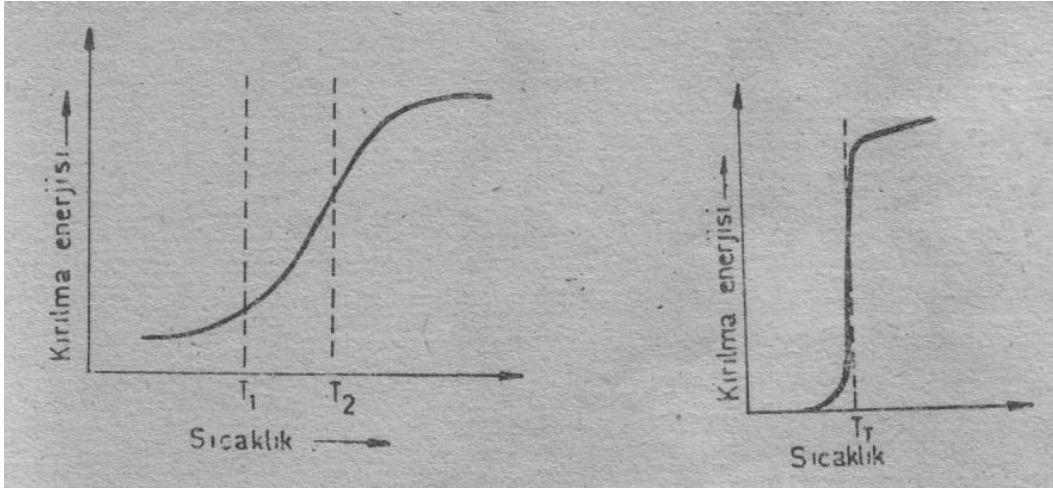
Şekil değiştirmenin etkisi

Haddelenmiş ve dövülmüş malzemelerde, çentik darbe direnci çubuğun veya levhanın değişik yönlerinde farklı değerlerinde olur. Aşağıdaki şekilde, bir levhadan haddeleme yönünde ve haddelemeye dik yönde çıkarılan numunelerin darbe direnci-sıcaklık eğrileri verilmiştir. A ve B numuneleri hadde yönünde alınmiştır. Ancak A numunesinde çentik levhaya diktir, B numunesinde ise levha yüzeyi ile paraleldir. Bunlar arasında A tipindeki numuneler daha çok tercih edilir. C numunesi haddelemeye dik yönde alınmiş olup çentik levhaya dik gelecek şekilde seçilmiştir. Bu şekil incelenecek olursa, nispeten yüksek sıcaklıklarda değişik yönlerde alınmiş numunelerin kırılma enerjileri birbirinden çok farklıdır. Düşük sıcaklıklarda ise bu fark ihmal edilecek kadar azdır.



Sıcaklık etkisi

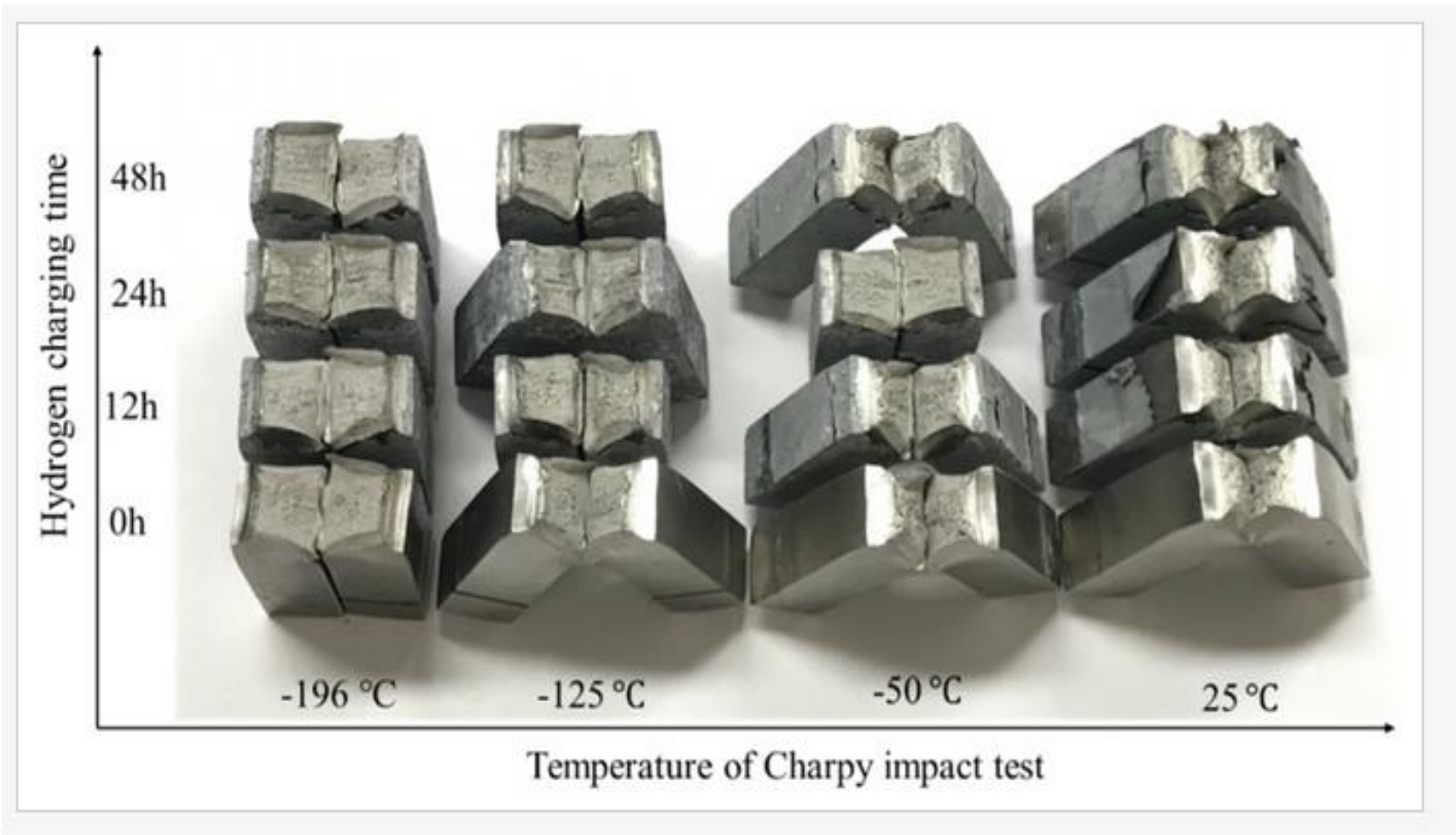
Belirli bir malzeme için değişik sıcaklıklarda yapılan darbe deneyleri, o malzemenin darbe direnci hakkında daha anlamlı bir netice sunar. Değişik sıcaklıklarda yapılan bir seri deney, aşağıdaki şekilde verilen eğriye benzer bir eğri verir. Bu eğriden anlaşılacağı gibi sıcaklık düştükçe darbe direnci de düşer. Yüksek sıcaklıklarda numunenin kopmasını sağlamak için büyük bir absorpsiyon enerjisi gerekirken, düşük sıcaklıklarda malzeme daha az enerji absorpsiyonu ile kopar. Yüksek sıcaklıklarda, malzeme yoğun şekil değiştirmeyle gelişen sünek bir davranış gösterir ve numune kopmadan önce plastik deformasyona uğrar. Düşük sıcaklıklarda malzeme genelde gevrek ve kopma noktasında çok az şekil değiştirme gözlenir. Geçiş sıcaklığı, malzemenin sünek kopmadan gevrek kopmaya geçtiği sıcaklıktır.



Sıcaklık düştükçe darbe enerjisinin (veya direncinin) düşmesi, aniden olabildiği gibi, belirli bir sıcaklık aralığında da olabilir. Darbe enerjisinin aniden düştüğü sıcaklığa “geçiş (transition) sıcaklığı” denir.

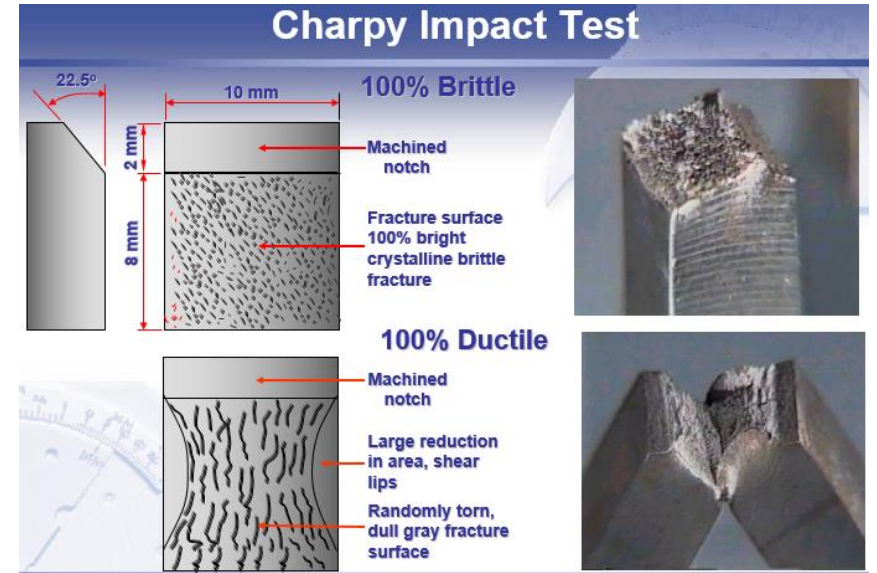
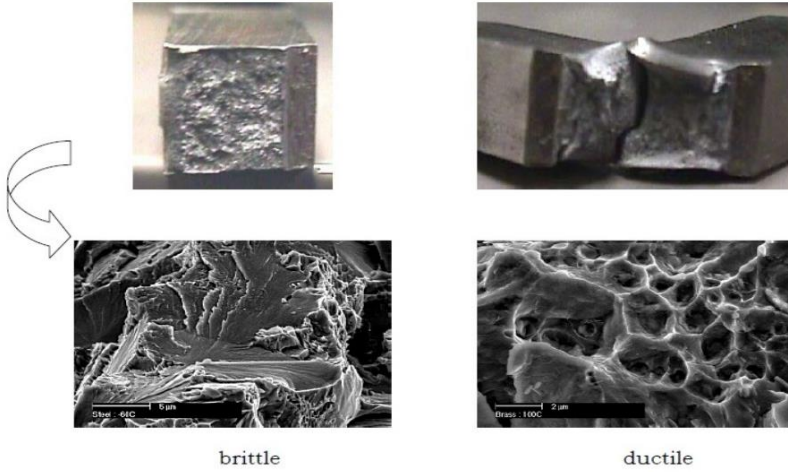
Darbe enerjisinin sıcaklıkla değişimi

Belli bir geçiş aralığı olan malzemelerde bu sıcaklığı belirlemek zordur. Bu durumda, tek bir sıcaklık yerine T_1 ve T_2 gibi sıcaklıklar arasında kalan geçiş aralığı tarif edilir. T_1 sıcaklığının altında malzeme gevrek bir davranış gösterir.



T₂ sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda ise malzeme gevrek bir davranış gösterir. Kırılma, klivaj düzlemleri boyunca olup, kırılma yüzeyi kristalin (granüler, ince taneli) bir görünüştür. Bu sıcaklıklarda, darbenin tesiri ile çatlak kolayca meydana gelir ve çatlak çok yüksek bir hızla yayılır.

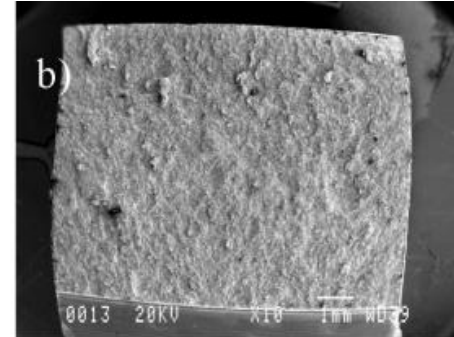
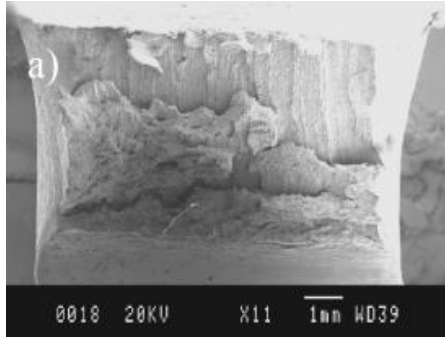
T₂ sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda ise malzeme sünek bir davranış gösterir. Bu sıcaklıklarda darbenin tesiri ile malzemede, önce bir plastik şekil değiştirme ve daha sonra kopma meydana gelir. Sünek davranıştan dolayı malzemede çatlak oluşumu güçleşir ve çatlağın yayılma hızı da yavaşlar. Bu durumda kopma yırtılma şeklinde olup, kopma yüzeyi lifli bir görünüş arz eder. Geçiş aralığında ise her iki davranış da bir arada görülür.



KIRILMA



Katı bir cismin gerilmeler altında iki veya daha çok parçaya ayrılması olayı **KIRILMA** olarak adlandırılır.



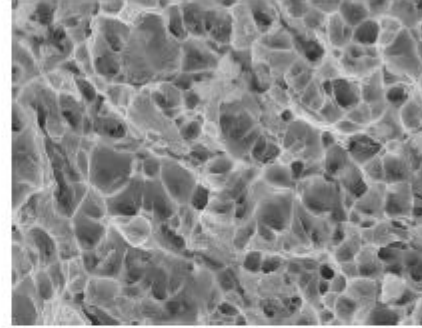


Kırılma Yüzeyinin Kristalografik Yapısına Göre

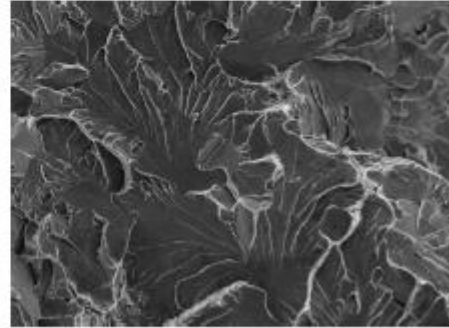
- Kayma Kırılması: Kristalin kayma düzleminde oluşur. Bu düzlemler atomların en yoğun olduğu düzlemlerdir. Örneğin HMK yapılarda (110) düzlemi gibi.
- Ayrılma Kırılması: Bu kırılma, atomların en az yoğun olduğu klivaj düzlemlerde oluşur. Örneğin HMK yapılarda (100) düzlemi gibi.

Kırılma yüzeyinin görünüşüne göre

- Lifli Kırılma (Fibrous Fracture): Yüzey pürüzlü olur. Yüzeyde çukurcuklar vardır.

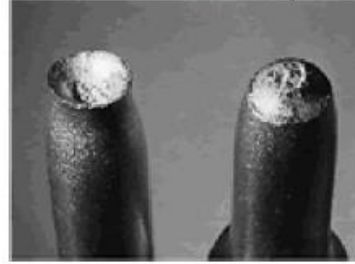


- Taneseli Kırılma (Granular Fracture) : Yüzey pürüzsüz ve parlak olur.

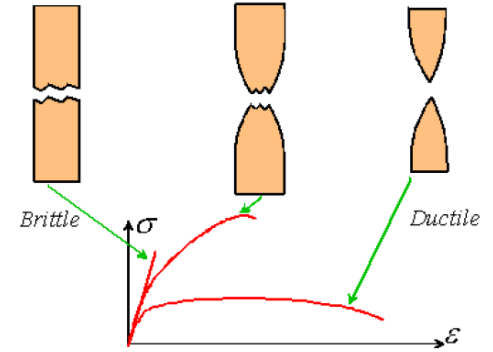


Deformasyon Durumuna Göre

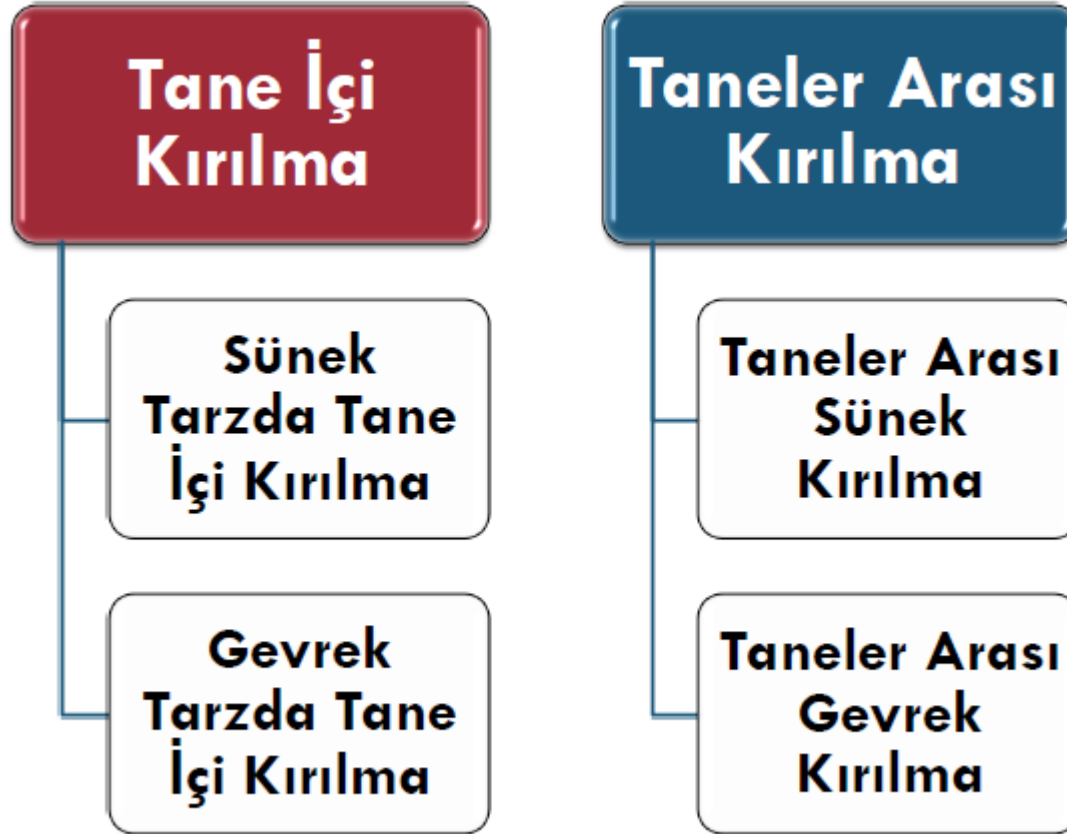
- Sünek Kırılma : Büyük enerji gerektirir.



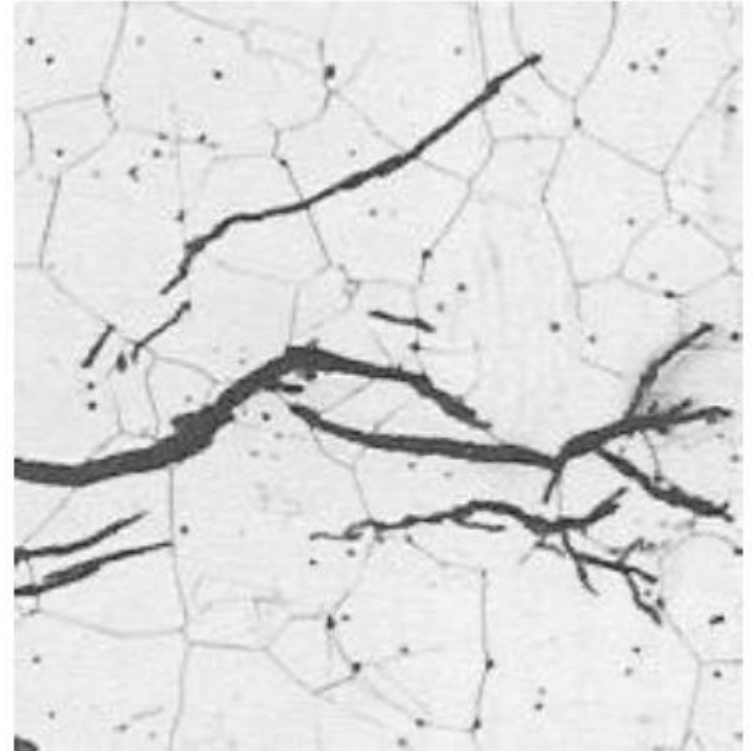
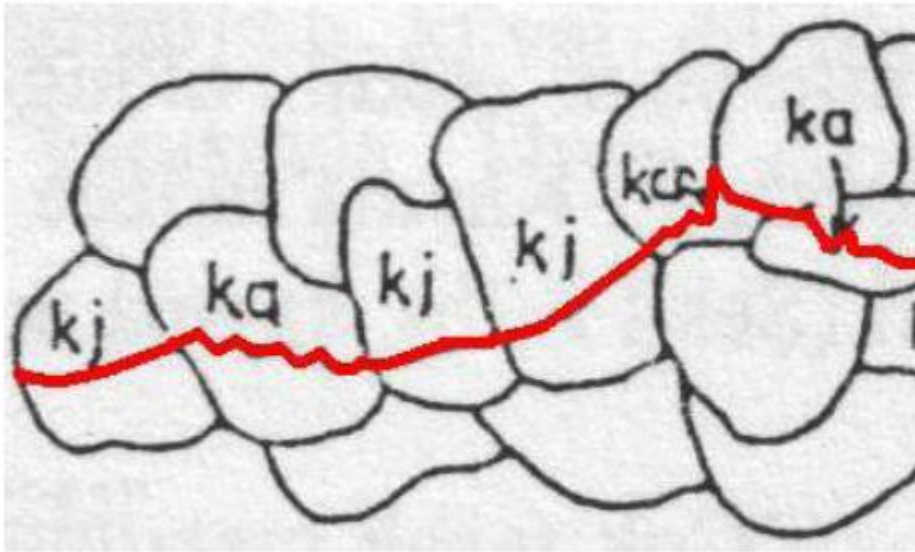
- Gevrek Kırılma : Az enerji gerektirir. Bu tip kırılma istenmez. Çünkü ani ve zamansız olur. Çok tehlikelidir. Kış aylarında sıkça görülür.



Kırılma Mekanizmaları

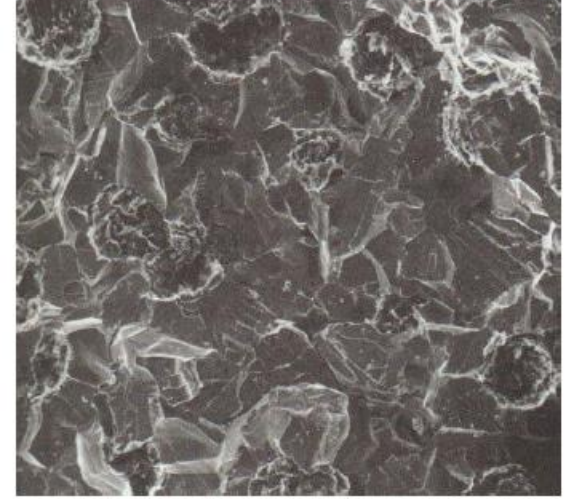


Tane İçi Kırılma



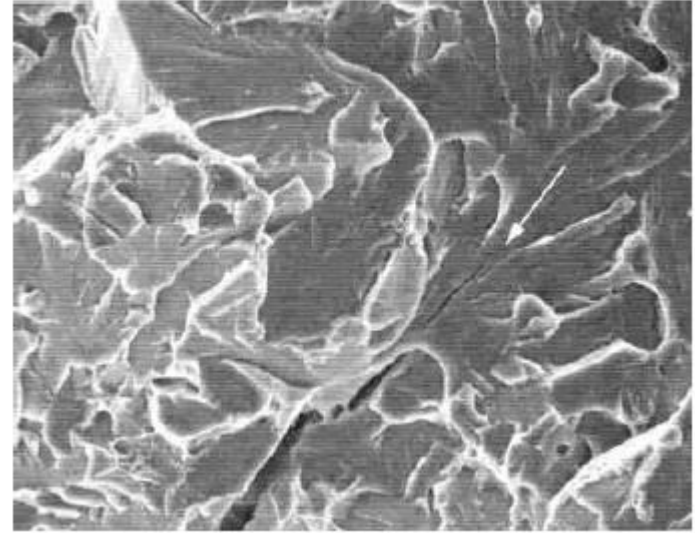
Sünek Tarzda Tane İçi Kırılma

- Mikro boşluklarda ; tane içindeki metal oksitler, metal sülfürler ve alüminatların ara yüzeyinde oluşurlar.
- Boşlukların arasındaki bağ incelerek (kayma yolu ile) kopar ve çatlak yayılır.
- Oluşan kırılma yüzeyi lifli olur. Pürüzlü olur.
- Yüksek enerjili bir kırılmadır. Çünkü plastik deformasyonla meydana gelmiştir.

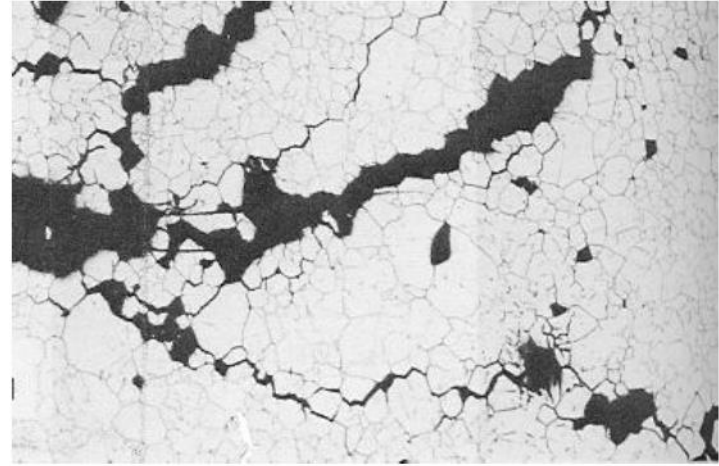
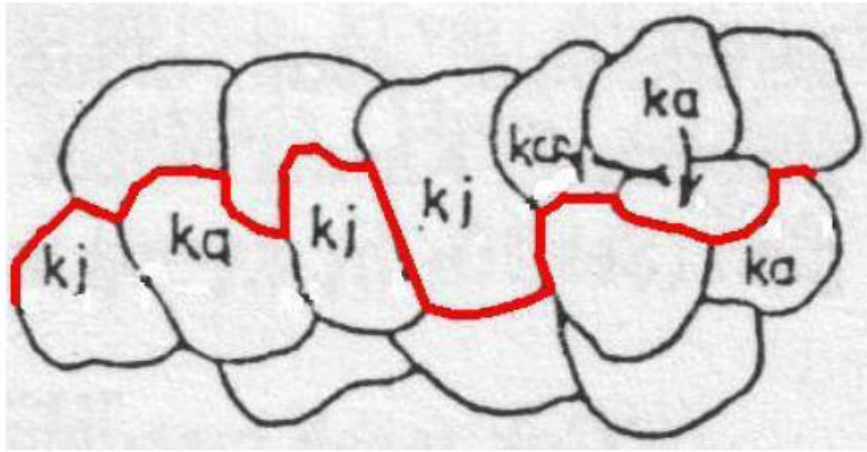


Gevrek Tarzda Tane İçi Kırılma

- □ Buna ayrılma kırılması adı da verilir. Az enerji gerektiren bir kırılmadır.
- □ Atomların en az yoğun olduğu kristal düzlemlerinde ayrılma olur.
- □ Pürüzsüz, parlak bir yüzey görüntüsü vardır. Hızlı ve tehlikelidir.



Taneler Arası Kırılma



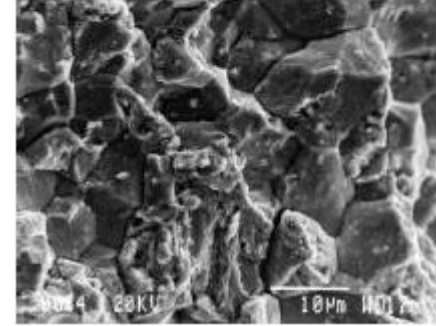
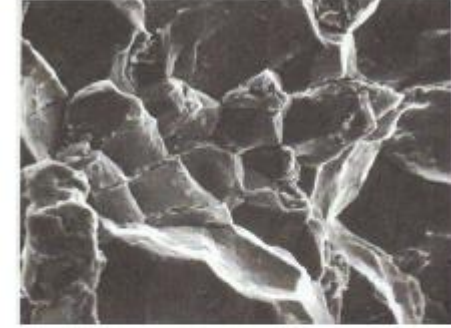
Taneler Arası Sünek Kırılma

• Mikro boşluklar taneler arasındaki tane sınırlarında oluşursa, bu tip kırılma meydana gelir. Yüksek enerjili kırılma tipidir.



Taneler Arası Gevrek Kırılma

- Az enerjili, hızlı ve tehlikeli bir kırılma tipidir.
- Plastik deformasyon çok az oluşur yada oluşmaz.



Kırılma Tokluğu

Malzeme	Kırılma tokluğu (MPa√m)	Akma sınırı (MPa)
Demir	80	50
Alüminyum alaşımı (7075)	24	495
Yüksek dayanımlı DDK-70	15	420
Düşük dayanımlı DDK-40	30	240
SAE 4340 çeliği (425 C'de tavllanmış)	87,4	1420
SAE 4340 çeliği (260 C'de tavllanmış)	50	1640
Yumuşak çelik	140	220
Yüksek karbonlu çelik	50	350
Bakır	>100	75
Pirinç	30-100	200
Titanyum alaşımları	44-66	
Bronzlar	30-100	200

Yük altında malzemenin çatlak yayılmasına karşı direncinin sayı ile ifade edilmesidir.

$K = \sigma (\pi.a)^{1/2}$ formülü ile gösterilir.

K' sı büyük olan malzemeler çatlak yayılmasına karşı daha dirençli olacaklardır.

Malzeme	Kırılma tokluğu (MPa√m)
Alüminyum oksit	3-5
Silisyum karbür	3-5
Soda kireç camı	0,7-0,8
Beton	0,2-1,4
polimetil metakrilat	0,7-1,6
polistiren	0,7-1,1



ARAŞTIRMA ÖDEVİ

- 1) Kompozit malzemelerin çentik darbe testleriyle ilgili bir makale bularak makaleyi inceleyiniz. Numune hazırlanması, testin yapılması ve sonuçlarının değerlendirilmesi ile ilgili kısa rapor yazınız.
- 2) Darbe testleri ile ilgili standartları araştırınız.

Ödev teslim son tarih: 21 Nisan 2020 Perşembe

Ödevin gönderileceği adres

memmt2020odev@gmail.com