

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

MM 402 MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ DENEYLER – I

ÇENTİK DARBE DENEYİ FÖYÜ

Deney Sorumlusu: Öğr. Gör. Uğur ERSOY

Gümüşhane/2020

METALİK MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

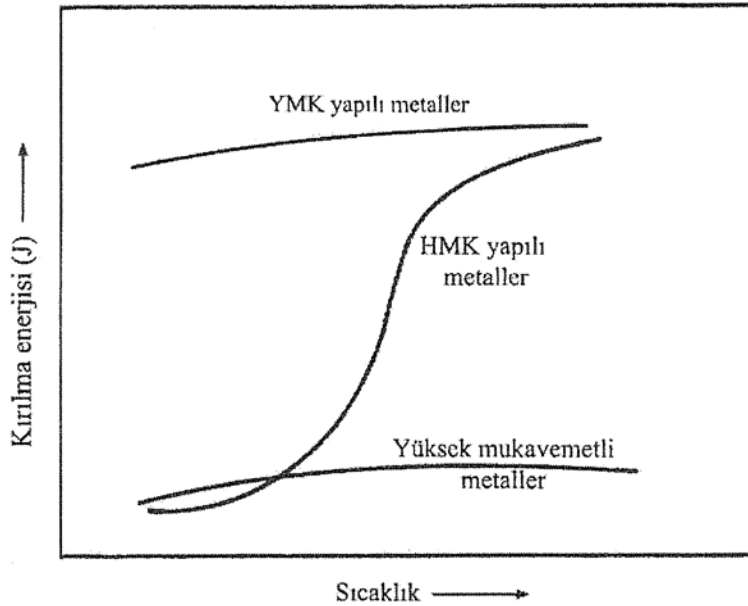
Çekme mukavemeti, akma mukavemeti, sertlik, süneklik, tokluk, aşınma direnci ve yorulma direnci gibi özellikler malzemelerin mekanik özellikleridir. Herhangi bir makine elemanının tasarımında ve boyutlandırılmasında yapılan hesaplamalarda doğrudan kullanılabilirler gibi (akma dayanımı vb.), tasarımcının malzeme hakkında fikir sahibi olmasını da sağlayabilirler (sertlik). Bu nedenle hemen hemen bütün mühendislik dalları ve özellikle malzeme bilimiyle ilgilenenler malzemeleri tanımak ve mekanik özelliklerini tespit etmek zorundadırlar.

ÇENTİK DARBE DENEYİ

1. Deneyin Amacı

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.

Çoğu kez, metallerin mekanik özellikleri hakkında fikir edinebilmek için çekme deneyi sonuçlarından yararlanır. Çekme deneyi ile elde edilen gerilme-uzama diyagramında iyi bir uzama gösteren metalin sünek olacağı, yani statik veya dinamik yüklere plastik şekil değiştirme ile karşı koyacağı tahmin edilir. Bu tahmin her zaman doğru olmayabilir. Ancak YMK veya SPH kafes yapılı metaller için doğrudur. Bununla birlikte HMK kafes yapılı metallerde bazen çekme deneyi sonuçları ile darbe deneyi sonuçları arasında uyumsuzluk görülebilir. Özellikle oda sıcaklığının altındaki sıcaklık değerlerinde çekme deneyinde sünek davranış gösteren HMK kafes yapılı bir malzeme, darbe deneyinde gevrek davranış sergileyebilir. SPH (yüksek mukavemetli metaller), YMK ve HMK kafes yapılı metallerin farklı sıcaklıklarda yapılan darbe deneylerine ait kırılma enerjisi-sıcaklık eğrileri Şekil 1’de verilmiştir.



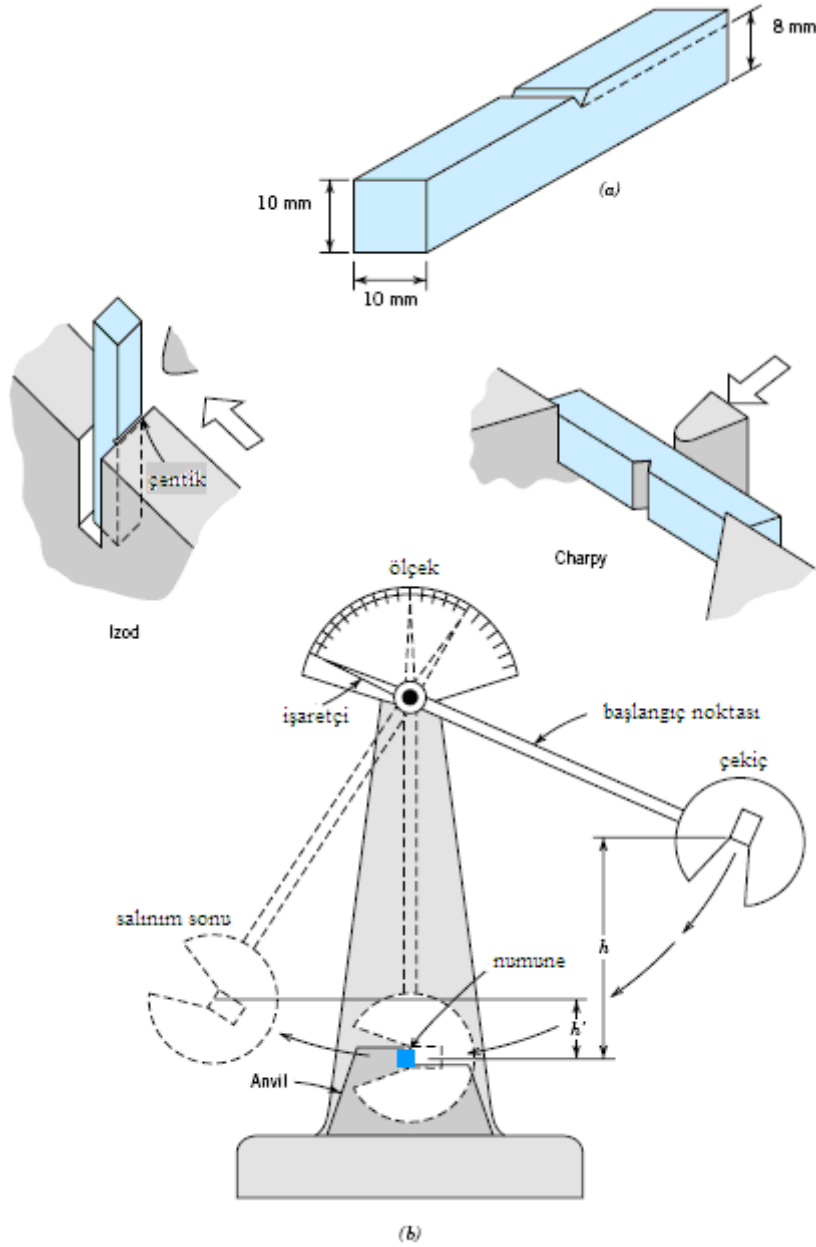
Şekil 1. Farklı kafes yapısına sahip metallerin kırılma enerjisi-sıcaklık eğrileri.

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 değiştirmeğe fırsat bulmadan 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 etmeğe 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 görünüştür.

Çentikli darbe deneyleri genellikle, iki türde yapılmaktadır;

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

Charpy darbe deneyi, yatay ve basit giriş halindeki iki mesnede yaslanan numunenin çentik tabanına, bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilmeler etkisi ile kırılması için gerekli enerjiyi tayin işlemidir. Izod darbe deneyi, dikey ve konsol giriş halindeki bir kavrama çenesine tesvit edilen numunenin yüzeyine, kavrama çenesinden belirli yükseklikte, bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilmeler etkisi ile numunenin kırılması için sarf edilen enerjiyi tayin işlemidir.



Şekil 2. Charpy ve Izod deneylerinde kullanılan deney numunelerinin çenelere yerleştirilmesi ve hesaplarda kullanılan ilgili parametreler.

2. Deneyin Prensibi

Darbe deneyinde, numunenin dinamik bir zorlama altında kırılması için gereken enerji miktarı tayin edilir. Bulunan değer, malzemenin darbe direnci (darbe mukavemeti) veya çentik darbe tokluğu olarak tanımlanır. Vurma değeri çentik dibindeki anma kesitine oranlanırsa çentik darbe tokluğu elde edilir. Bu deneylerde, Şekil 2'de şematik olarak gösterilen 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),

h₁ = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m),

α = Düşme açısı (derece),

β = Yükseliş açısı (derece),

Darbe direnci (kg-m) veya (kg-m/cm²) cinsinden ifade edilmektedir.

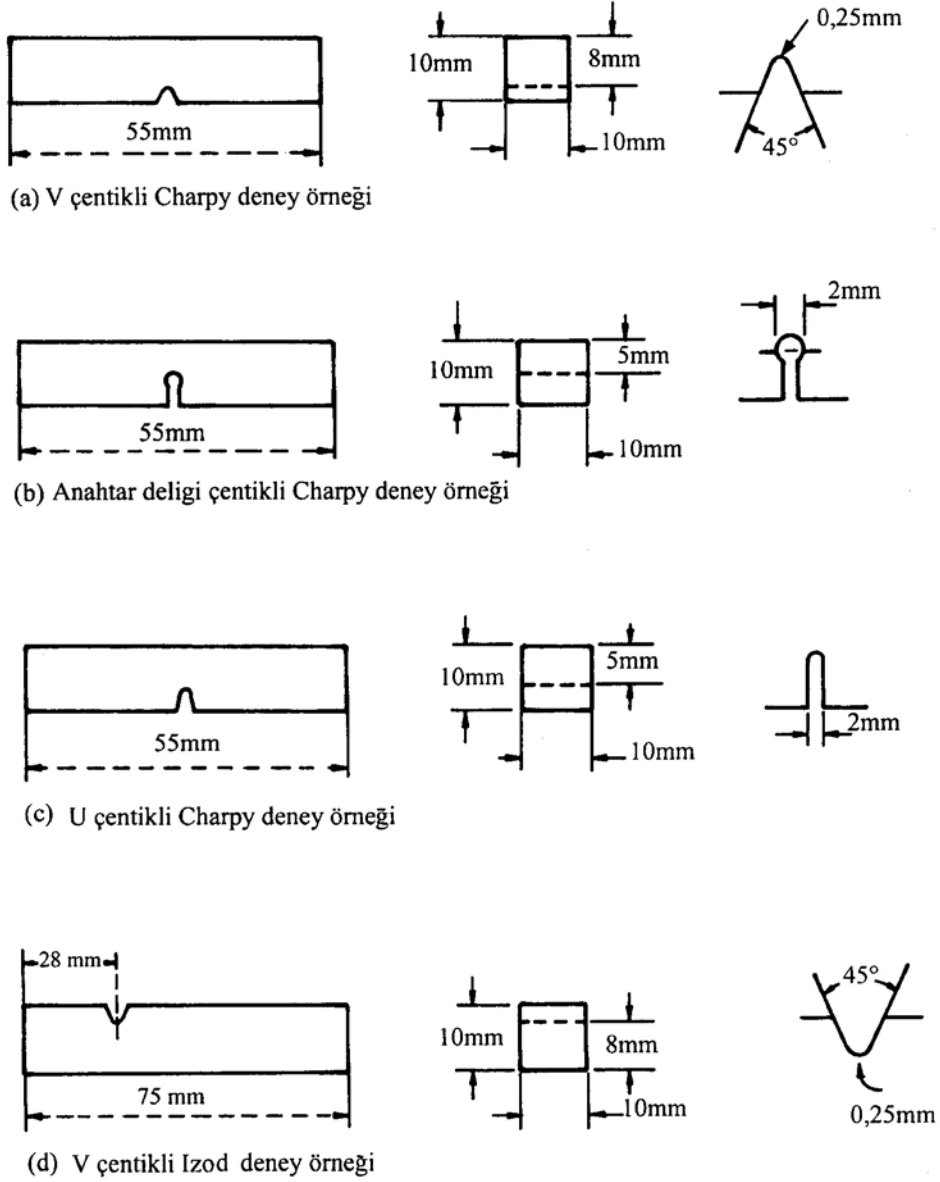
Bu deney tamamen ampirik olduğu ve şartlar değiştikçe malzeme farklı özellik gösterdiği için numunelerin cihaza uygun bir şekilde yerleştirilmesi, doğru sonuç alma yönünden önemlidir.

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 kullanılamaz; 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.

3. Numuneler

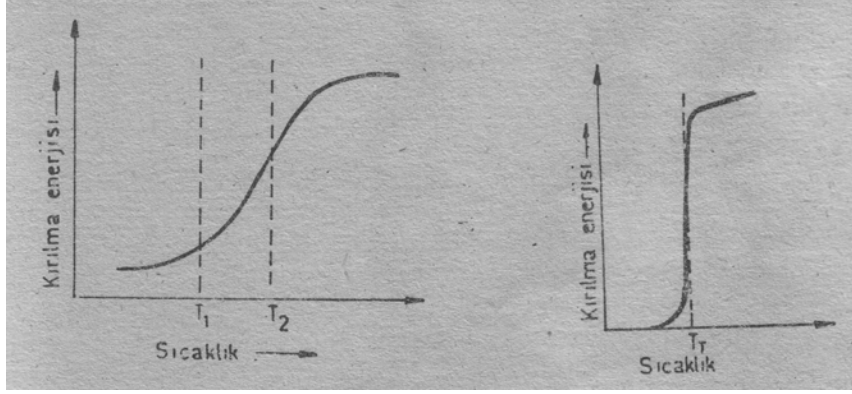
Standartlarda belirtilen numune boyut ve biçimleri aşağıdaki şekilde verilmiştir. Bazen, bu standartlara uygun numune hazırlama imkânı olmadığı durumlarda standart dışı numunelerde hazırlanabilir.



Şekil 3. Standart çentik darbe deneyi numuneleri

4. Darbe Deneyinde Sıcaklığın Etkileri

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 değiştirmeye 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.



Şekil 4. Darbe enerjisinin sıcaklıkla değişimi

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. 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. Kırılma, klivaj düzlemleri boyunca olup, kırılma yüzeyi kristalin (granüler, ince taneli) bir görünüştedir. Bu sıcaklıklarda, darbenin tesiri ile çatlak kolayca meydana gelir ve çatlak çok yüksek bir hızla yayılır. T_2 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.

Orta ve düşük mukavemetli YMK metaller ve çoğu SDH yapıları metaller yüksek darbe direncine sahiptir ve bu tür metallerde (özel reaktif kimyasal ortamlarda bulunmuyorsalar) 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.

5. Geçiş Sıcaklığına Etki Eden Faktörler

Malzemelerin geçiş sıcaklığı, mühendislik uygulamasında, özellikle malzeme seçimi esnasında oldukça önemli bir kriter olmaktadır. Geçiş sıcaklığı, metallerde mutlak ergime sıcaklığının %10'u ile %20'si arasında, seramiklerde ise mutlak ergime sıcaklığının %50'si ile %70'i arasında yer alır. Geçiş sıcaklığı düşük olan malzemelerin tokluğu yüksek olduğu için mühendislik uygulamalarında daha çok tercih edilmektedir. Düşük sıcaklıklarda çalışacak malzemeler için geçiş sıcaklığı büyük önem taşımaktadır. Geçiş sıcaklığına etki eden faktörler şunlardır:

- Tane boyutu,
- Kimyasal bileşim,
- Kristal yapı,
- Mikroyapı,
- Uygulanan ısı işlem,

- Soğuk deformasyon oranı vb.

Sünek-gevrek geçiş aralığı içeren malzemelerde, geçiş sıcaklığını belirlemek için çeşitli kriterler kullanılmaktadır:

- %50 klivaj, %50 kayma kırılmasının meydana geldiği sıcaklık geçiş sıcaklığı olarak belirlenir.
- Genel bir kritere göre, geçiş sıcaklığı belirli bir C_v enerji değerine karşı gelen sıcaklık olarak da alınabilir.
- %100 klivaj kırılmanın meydana geldiği sıcaklık geçiş sıcaklığı olarak alınır.

KAYNAKLAR

Savaşkan, T. “Malzeme Bilgisi ve Muayenesi” 2004.

Pürçek, G. “Metalik Malzemelere Uygulanan Mekanik Deneyler Ders Notları” 2007.

Çanakçı, A. “Çentik Darbe Deneyi Föyü”