

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

OTO4003 OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI
DENEY FÖYÜ

LAB. NO:

DENEY ADI : **METALİK MALZEMELERİN DARBE DENEYİ**
ve SERTLİK ÖLÇME DENEYİ

2018

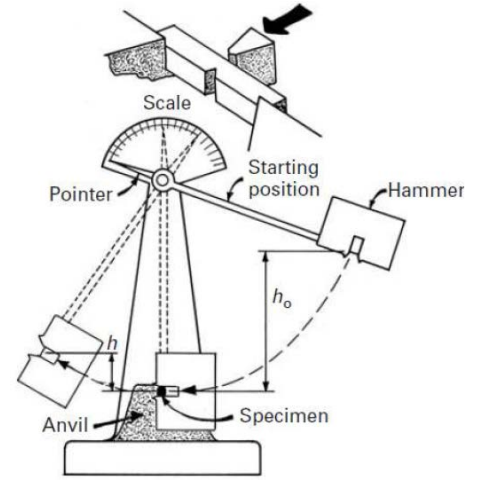
BURSA

1.1) AMAÇ

Malzemenin dinamik yüklere karşı kırılma enerjisini belirlemek için yapılan bir deneydir. 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.

1.2) GİRİŞ

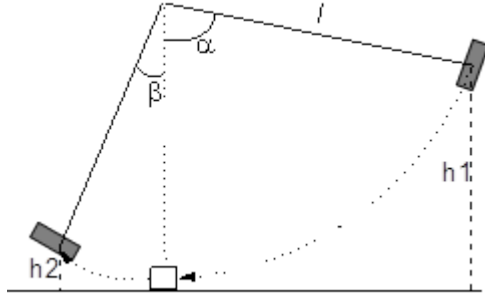
Metalik malzemelerin özellikle gevrek kırılmaya müsait şartlardaki mekanik özellikleri hakkında fikir elde etme amacıyla darbe deneyi yapılır. Metallerin mekanik özelliklerini belirlemede çoğunlukla çekme deneyi sonuçlarından yararlanılır. Çekme deneyi ile elde edilen gerilme-şekil değiştirme diyagramından bir malzemenin sünekliği hakkında bilgi edinilebilir. İyi bir uzama gösteren metalin sünek olacağı, yani statik ve dinamik yüklemeler sırasında kırılmaya karşı dirençli olacağı tahmin edilebilir. Bu tahmin yüzey merkezli kübik veya hegzagonal sistemdeki metaller (demir dışı metallerin çoğu ve ostenitik paslanmaz çelik) için genellikle doğrudur. Oysa hacim merkezli kübik sistemdeki metallerde bazen çekme deneyi sonuçları ile darbe deneyi sonuçları arasında uyumsuzluk görülür. Çekme deneyinde sünek bir davranış gösteren malzeme çentikli darbe deneyinde gevrek bir hal gösterebilir. Özellikle oda sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda bu olaya daha çok rastlanır. Darbe deneyinden elde edilen sonuçlar, o numune için bir kıyaslama değeridir. Çekme deneyi sonuçları gibi mühendislik hesaplamalarında kullanılamazlar.



Şekil 1. Çentik-darbe deneyi

1.3) TEORİ

Bu deneyin temel prensibi Şekil 2’de şematik olarak gösterildiği gibi, bir l uzunluğundaki sarkacın ucundaki belli bir G ağırlığına sahip çekiç belli bir h_1 yüksekliğinden numuneyi kırması için serbest bırakılıyor. Serbest bırakılmadan önce çekicinin potansiyel enerjisi $G.h_1$ iken numune kırıldıktan sonra belli bir h_2 yüksekliğine çıkan çekicinin potansiyel enerjisi $G.h_2$ olur. Sarkacın numune ile temas haline geldiği andaki potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi (Darbe direncini) verir.



Şekil 2. Bir darbe deneyinin şematik olarak gösterimi

Bu enerji aşağıdaki formülle gösterilebilir.

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

G: Sarkacın ağırlığı (kg)

L: Sarkacın salınım merkezine uzaklığı (m)

h: Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m)

h1: Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m)

β: Düşme açısı (derece)

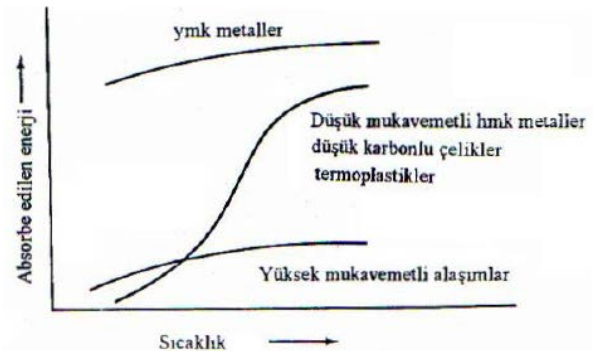
α: Yükseliş açısı (derece)

Darbe direncini etkileyen faktörler aşağıdaki ana başlıklar ile açıklanabilir:

1. Çentik Etkisi: Çentikli bir parça zorlandığı zaman çentiğin tabanına dik bir gerilme meydana gelir. Kırılmanın başlaması bu gerilmenin etkisiyle olur. Deney parçasının kırılabilmesi için bu normal gerilmenin, kristalleri bir arada tutan veya kristallerin kaymasına karşı koyan kohezif dayanımdan yüksek olması gerekir. Deney parçası plastik deformasyona uğramadan bu durum meydana gelirse buna gevrek kırılma denir. Kristallerin ayrılması şeklinde meydana gelen bu kırılmada kırılan yüzey düz bir ayrılma yüzeyidir. Deney sırasında kırılmadan önce çoğu zaman plastik deformasyon meydana gelir. Uygulanan kuvvet etkisiyle normal gerilmeye ilaveten bununla 45° farklı yönde kayma gerilmeleri meydana gelir. Kayma gerilmesi, malzemenin kayma dayanımının (kritik kayma gerilmesi) üstünde bir değere ulaştığında malzeme elastik bölgeyi aşar ve plastik deformasyon meydana gelir. Kırılmadan önce plastik deformasyon oluşuyorsa buna sünek kırılma denir. Bu durumda kırılan yüzey girintili çıkıntılı bir görünümündedir.

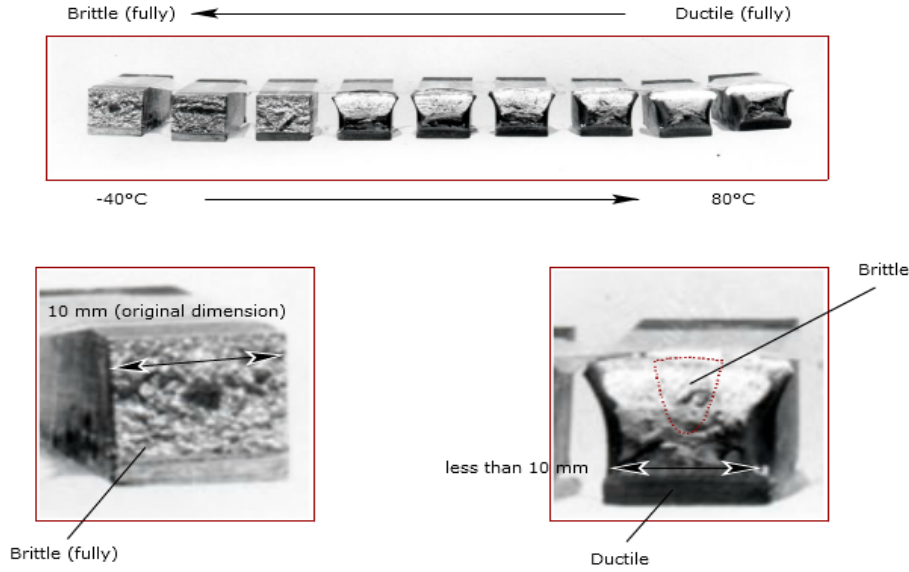
Malzemenin gevrek veya sünek davranışı, normal gerilmenin kohezif dayanımı aşmasından önce kayma gerilmesinin kayma dayanımını aşıp aşmamasına bağlıdır. Çentik daha keskin yapırsa çentiğin tabanındaki normal gerilme kayma gerilmesine oranla arttırılacak ve deney parçası daha çok gevrek kırılma gerçekleşecektir. Öte yandan çentik ve deformasyon hızı aynı kalmak şartıyla, sıcaklığın yükselmesiyle kayma dayanımı düşecek ve sünek bir kırılma gözlenecektir.

2. Sıcaklığın Etkisi: Değişik sıcaklıklarda yapılan darbe deneyleri o malzemenin darbe direnci hakkında daha anlamlı sonuçlar verir. Genel olarak sıcaklık düştükçe malzemenin darbe direnci de düşmektedir. Düşük ve orta mukavemetli HMK metallerin ve seramiklerin darbe direnci sıcaklığa oldukça bağlıdır (Şekil 3). Bu tür metallerde artan sıcaklığa bağlı olarak gevrek kırılmadan sünek kırılmaya doğru bir geçiş söz konusudur. Metallerde bu geçiş mutlak ergime sıcaklığına T_m bağlı olarak $0.1-0.2 T_m$ seramiklerde ise $0.5-0.7 T_m$ arasında olmaktadır. Kırılma enerjisinin farklı sıcaklıklarda yapılmasıyla malzemenin geçiş sıcaklığı belirlenir. Geçiş sıcaklığı malzemenin sünek kırılmadan gevrek kırılmaya geçişin olduğu sıcaklıktır. Malzemelerin



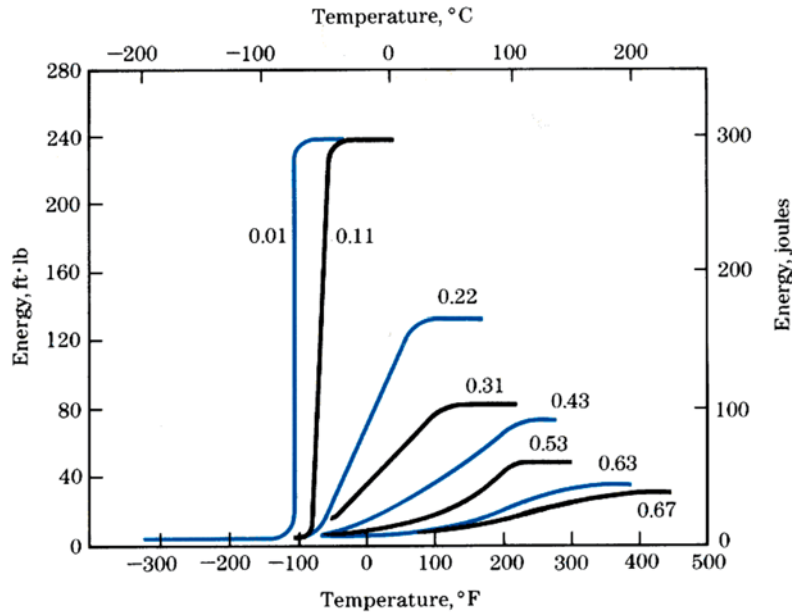
Şekil 3. Çeşitli metallerin darbe direnci-sıcaklık ilişkisi.

sıcaklığa bağlı olarak, darbe direncindeki düşme aniden olabileceği gibi belirli bir sıcaklık aralığında da olabilir. Darbe direncinin aniden düştüğü sıcaklığa Geçiş (Transition) sıcaklığı adı verilir. Bu genellikle malzemede % 50 gevrek % 50 sünek kırılmanın olduğu noktadaki sıcaklık olarak bilinir. (Şekil 4)



Şekil 4. Gevrek ve sünek kırılan numune fotoğrafları. (www.steeluniversity.org)

3. Bileşimin Etkisi: Çeliklerde karbon ve diğer alaşım elementleri belirli bir sıcaklıkta darbe mukavemetini etkiledikleri gibi geçiş sıcaklığını da etkilerler. Çeliklerde karbon miktarı arttıkça süneklik azalmakta ve geçiş sıcaklığı artmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Karbon oranına bağlı olarak bir çelikteki geçiş sıcaklığı değişimi.

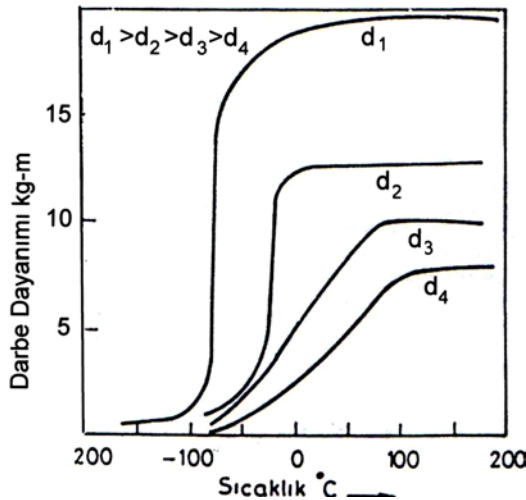
Diğer alaşım elementleri de darbe direncine ve geçiş sıcaklığına etki eder. Örneğin Fe-%0,05 C içeren bir çeliğe Mn ilavesi geçiş sıcaklığını düşürmektedir. Fe-%0,05 C içeren alaşımın geçiş sıcaklığı 70oC iken, %0,5 Mn ilavesiyle 10°C'ye, %1 Mn ilavesiyle -20°C'ye ve %2

Mn ilavesiyle de -60°C 'den daha düşük bir değere inilmektedir. Mn/C oranının artmasıyla geçiş sıcaklığı azalır. Pratikte, Mn içeriği %1,4'ün üzerinde ve %2 C olması istenen çekme özelliklerini sağlamaktadır. Nikel oranının %2'ye kadar olması etkin olarak geçiş sıcaklığını düşürür. Si'in % 0,25'in üzerinde olması geçiş sıcaklığını arttırır. Mo, karbon gibi geçiş sıcaklığını hızlı bir şekilde arttırır.

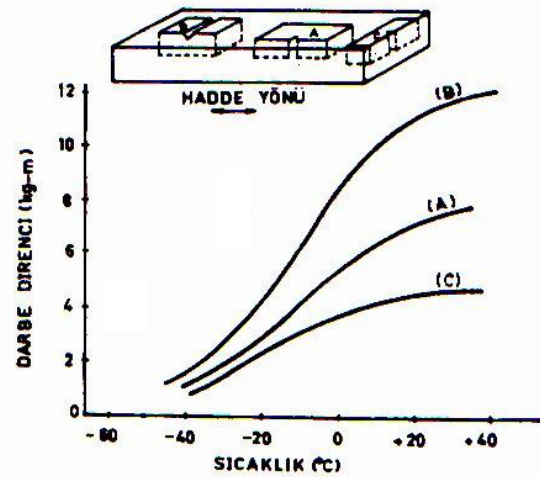
Bir malzemede geçiş sıcaklığının düşük olması istenir. Çünkü o malzemenin kullanıldığı ortam sıcaklığı çok düşük olabilir. Bu durumda oda sıcaklığında normal bir darbe (kırılma) direnci gösterse bile geçiş sıcaklığının altında kırılma riski önemli ölçüde artacaktır. Bu nedenle tasarım mühendisleri bu durumu dikkate alarak geçiş sıcaklığı düşük olan malzeme seçimi yapmak zorundadırlar. Malzemelerin geçiş sıcaklıkları kristal yapısına, mikroyapısına (ince, kaba taneli, martensitik, ferritik vs), kimyasal bileşimine, uygulanan ısıtılma ve yüzey kalitesine bağlı olarak değişir. Mikroyapıdaki ikinci sert fazlar varsa bunların morfolojisi de darbe dirençlerini etkiler. Bu sert kırılma fazlar keskin köşeli ve sivri uçlu ise darbe dirençlerini zayıflatır.

4. Tane Boyutunun Etkisi: Malzemelerde, tane büyüklüğü ile darbe direnci arasındaki ilişki Şekil 6'da verilmiştir. İri taneli çeliklerin darbe dirençleri düşük, sünek-gevrek, geçiş sıcaklıkları yüksektir.

5. Haddelenme Yönünün Etkisi: Haddelenmiş veya dövülmüş malzemelerde, çentikli darbe direnci çubuğun veya levhanın değişik yönlerinde farklı değerlerde olur. Şekil 7, bir levhanın haddelenme yönünde ve haddelenme yönüne dik yönde alınan deney parçalarının darbe direnci-sıcaklık eğrilerini vermektedir. A ve B deney parçaları haddelenme yönünde, C ise haddelenme yönüne dik yönde alınmıştır. Ancak A numunesinde çentik levha yüzeyine dik, B'de ise levha yüzeyine paraleldir. Bunlar arasında A tipi numuneler daha çok tercih edilir. Gerilme dağılımlarının hadde yönüne paralel çatlak oluşturabileceği durumlarda C tipi deney parçaları kullanılır.



Şekil 6. Tane büyüklüğünün Darbe Direncine Etkisi.



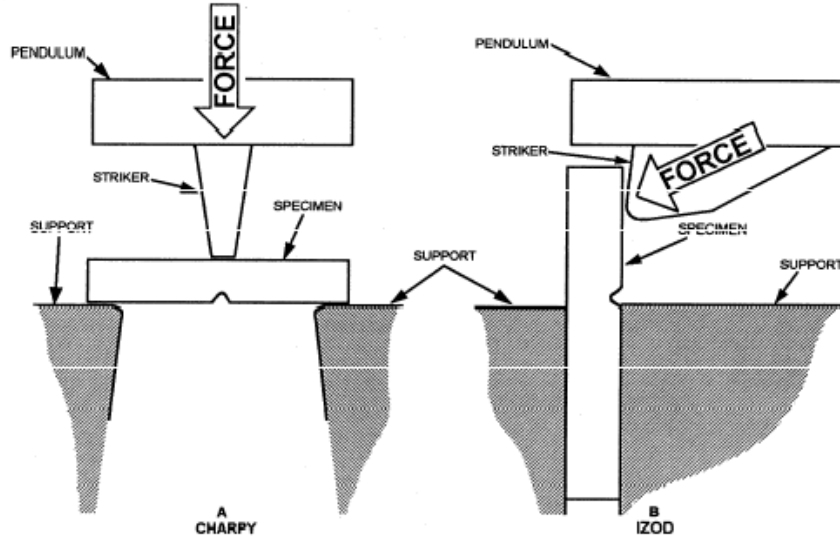
Şekil 7. Haddelenme Yönünün Darbe Direncine Etkisi.

6. Diğer Etkenler: Çeliklerin darbe direncine etki eden diğer faktörler üretim yöntemi, ısıtılma işlemi, yüzey durumu, tane büyüklüğü ve mikroyapı sayılabilir. Yüzeyleri karbürleştirilerek sertleştirilmiş çeliklerin darbe dirençleri azalmaktadır. Mikroyapı çeliğin çentikli darbe

tokluğunu bileşim ve mekanik özelliklerden bağımsız olarak etkileyebilir. Temperlenmiş martensit diğer mikroyapılara oranla en yüksek enerji ve en düşük geçiş sıcaklığı sağlar.

Çentikli darbe deneyleri genellikle iki şekilde yapılmaktadır:

Charpy Darbe Deneyi: Yatay ve basit kiriş halinde 2 mesnete yaslanan numunenin çentik tabanına bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması (Şekil 8.a) ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler etkisi ile numunenin kırılması için harcanan enerjiyi tayin işlemidir.



Şekil 8. Darbe deneyi türleri: a) Charpy, b) İzod.

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. (Şekil 8.b)

1.4) DENEY DÜZENEGİ

Çentik darbe deneyi Şekil 9’da verilen Charpy darbe deney düzeneği kullanılarak gerçekleştirilecektir. Deneyden önce farklı malzemelere ait numunelere çentik açma tezgahında çentik açılacaktır.

1.5) DENEYLER

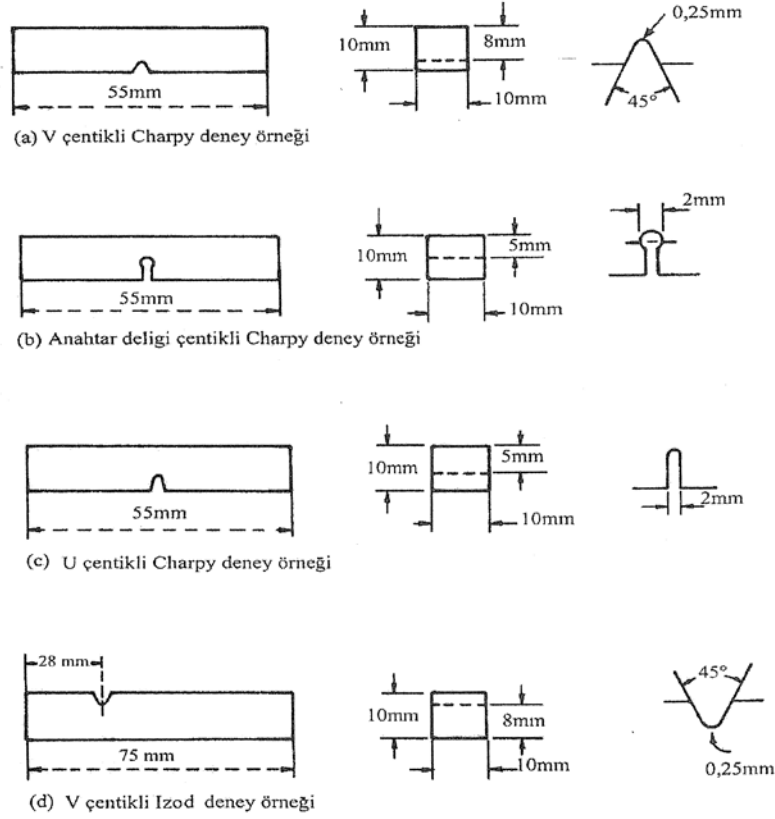
Bu deneyde Charpy darbe deney cihazı kullanılarak farklı metalik malzemelerin darbe direnci ölçülecektir. Darbe ölçümleri her malzeme için 5 numune ile yapıp ortalaması ve standart sapması tespit edilecektir.



Şekil 9. Charpy çentik-darbe deney düzeneği.

1.5.1 Numune Hazırlama İşlemleri

Deneye tabi tutulacak malzemelerin standartlara uygun boyutlarda ve çentikli olarak hazırlanması gereklidir. Şekil 10'da Charpy ve İzod ASTM numune standartları verilmiştir.



Şekil 10. Çentik darbe deneyi numune standartları.

1.5.2 Test Prosedürü

Charpy Çentik-Darbe deneyi test prosedürü sırasıyla:

1. Numunelerin hazırlanması
2. Numunelerin Deney Cihazına yerleştirilmesi: Deney öncesinde sarkaç, daha önce tespit edilen potansiyel enerjiye sahip olabileceği bir yüksekliğe çıkarılır. Daha sonra numune çekicinin salınım düzlemi ile çentiğin simetri düzlemi 0,5 mm içinde birbirleriyle çakışacak şekilde yerleştirilir.
3. Numune uygun şekilde yerleştirildikten sonra okumaların yapıldığı kadranın göstergesi başlangıç konumuna getirilir ve sarkaç düzgün bir şekilde serbest bırakılır. Sonuç deneyden sonra kadrandan doğru okunur.

1.6) DENEYDE KULLANILACAK FORMÜLLER

Ortalama Değer : $x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

Standart Sapma : $\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}$

1.7) RAPOR SUNUMU

1. Değişik malzemelerle yapılan darbe deneylerinde, darbe deneyi sonucunda elde edilen Darbe direnci ile malzeme türü arasındaki ilişkiyi ifade eden bir grafik çiziniz (Standart sapmaları ile birlikte).
2. Kırık yüzeylerinin incelenmesine dayanarak kırılmanın karakteri hakkında ne söylenebilir.
3. Farklı malzemelere (plastik, seramik, cam vb.) uygulanan darbe deneyleri hakkında araştırma yapınız.
4. Kristal yapıya bağlı olarak darbe direnci-sıcaklık ilişkilerinin farklılıklarını araştırınız.

2.1) AMAÇ

Malzemeler üzerinde yapılan en genel deney, sertliğinin ölçülmesidir. Bunun başlıca sebebi, deneyin basit oluşu ve diğerlerine oranla numuneyi daha az tahrip etmesidir. Diğer avantajı ise, bir malzemenin sertliği ile diğer mekanik özellikleri arasında paralel bir ilişkinin bulunmasıdır. Örneğin çeliklerde, çekme mukavemeti sertlik ile doğru orantılıdır; dolayısıyla, yapılan basit sertlik ölçmesi neticesinde malzemenin mukavemeti hakkında bir fikir edinmek mümkündür.

2.2) GİRİŞ

Sertlik izafi bir ölçü olup sürtünmeye, çizmeğe, kesmeğe ve plastik deformasyona karşı direnç olarak tarif edilir. Laboratuarlarda özel cihazlarla yapılan sertlik ölçümlerindeki değer, malzemenin plastik deformasyona karşı gösterdiği dirençtir.

Sertlik ölçme genellikle, konik veya küresel Standard bir ucun malzemeye batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği direnci ölçmekten ibarettir. Uygun olarak seçilen sert uç, tatbik edilen bir yük altında malzemeye batırıldığında malzeme üzerinde bir iz bırakacaktır. Genel deyimle malzemenin sertliği, bu izin büyüklüğü ile ters orantılıdır.

Sertlik ölçmeleri yapılırken kullanılan ölçme yöntemi ne olursa olsun, numunelerin üzerinde birkaç ölçme yapıp ortalamasının alınması gerekir. Yapılan sertlik ölçümlerindeki değerler birbirinden çok farklı ise, farklı değer ortalamaya dahil edilmeyip bu farkın mevcudiyeti mutlaka belirtilmelidir.

2.3) TEORİ

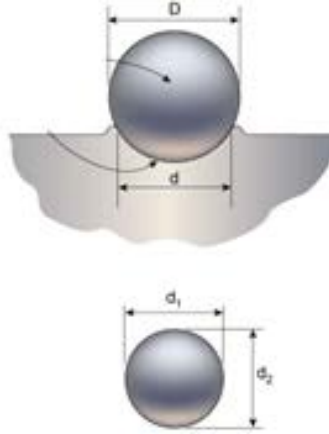
Günümüzde laboratuarlarda uygulanan sertlik ölçme yöntemleri şunlardır:

- Brinell sertlik ölçme yöntemi,
- Rockwell sertlik ölçme yöntemi,
- Vickers sertlik ölçme yöntemi,
- Mikro- sertlik deneyi.

2.3.1. Brinell Sertlik Ölçme Yöntemi

Bu ölçme, kalibrasyonu yapılmış bir cihaz kullanarak deneyi yapılacak malzemenin yüzeyine belirli bir yükün, belirli çaptaki sert malzemeden yapılmış bir bilya yardımıyla belirli süre uygulanmasından ve sonuç olarak meydana gelen iz'in çapının ölçülmesinden ibarettir.

Standart deney şartlarında bilya çapı 10 mm, uygulanan yük 3000 kg, tatbik süresi 10-15 sn kadardır (Şekil 1). Standard Brinell deneyinde kullanılan yükler 500, 1500 veya 3000 kg. dır. Yük, malzemeye yavaş yavaş artacak şekilde uygulanmalı, darbeli yüklemeler önlenmelidir. Ayrıca yükün numuneye dik gelecek şekilde uygulanmasına dikkat edilmelidir. Yükün uygulama süresi, yumuşak metaller dışında genellikle 10-15 saniyedir. Yumuşak metaller için bu süre 30 saniye ve daha fazla olabilir. Meydana gelen izin çapı 2,5 - 0,0 mm (Bilya çapının % 25'i ile % 60'ı) arasında olacak şekilde deney yükü seçilir. İz çapında böyle bir alt sınırın belirtilmesi gereklidir, çünkü iz çapı küçüldükçe, deneydeki hata nisbeti artar, iz çapının üst sınırı da, bazı deney cihazlarında ucun hareket miktarı ile sınırlanmıştır.



Meydana gelen izin birbirine dik iki yönde çapı taksimatlı büyüteç ile ölçülür ve Brinell sertlik değerini tayin ederken bu iki ölçmenin ortalaması kullanılır. İz çapı en az 0,02 mm'lik bir doğrulukta ölçülür. Buna göre BSD değeri:

$$BSD = \frac{2P}{\pi \cdot D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

P = Uygulanan yük (kg),
D = Bilya çapı (mm),
d = İz çapı (mm)

Şekil 1. Brinell sertlik deneyi

Brinell sertlik ölçme yönteminin sağlıklı yapılabilmesi için şunlara dikkat edilmelidir;

- Sertliği ölçülecek malzemenin kalınlığı minimum olarak iz derinliğinin sekiz katı olmalıdır.(k=8h)
- Ölçüm yapılacak bölgenin kenardan uzaklığı minimum bilye çapının 2,5 katı kadar olmalıdır. Ayrıca iki iz arasında bilye çapının 4 katı kadar mesafe bırakılmalıdır.
- Sertlik ölçümünde en az üç ölçüm yapılarak aritmetik ortalama alınmalıdır.
- İnce saçlar üst üste konularak ölçüm yapılmalıdır.
- Sertliği ölçülecek parçanın yüzeyi düz, parlatılmış olmalıdır. Eğer parlatma pratik olarak mümkün değilse hassas işleme veya taslama yapılmış yüzeyler tercih edilebilir.
- Isıl işlem görmüş parçaların yüzeyinden talaş kaldırıldıktan sonra ölçüm yapılmalıdır.

2.3.2. Rockwell Sertlik Ölçme Yöntemi

Rockwell sertlik değeri, malzeme üzerine, batıcı bir uç yardımıyla önce sabit belirli küçük bir yükü bastırıldığında meydana gelen izin üzerinden alınır. İzin alt noktasından başlangıç noktası alınarak, yük daha yüksek belirli bir değere arttırılıp yeni bir yükleme yapılır. Başlangıçtaki ize nazaran meydana gelen iz derinliğindeki net artışla ters orantılı bir sayıdır.

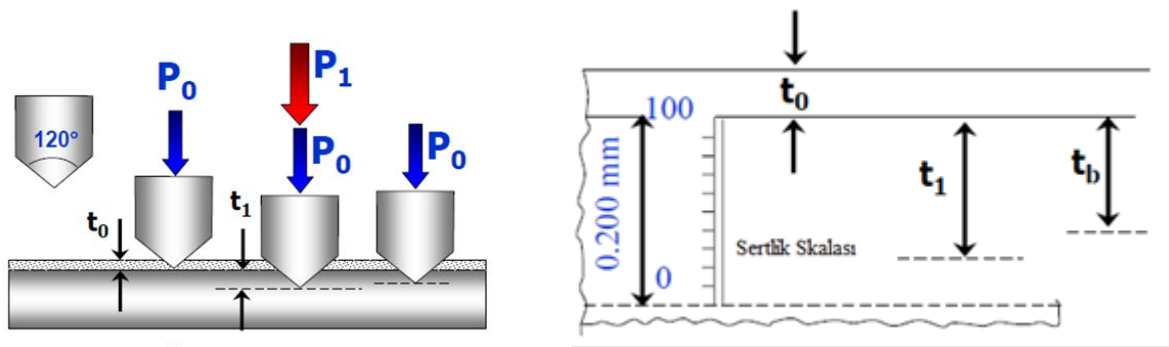
Rockwell deneyi için kullanılan batıcı uçlar belirli çaplarda çelik bilyalarla, özel konik bir elmas uçtan ibarettir. Rockwell sertlik değerleri daima bir sembol harfle birlikte belirtilir ki bu

sembol harf batıcı ucun tipini, kullanılan yükün miktarını ve kadran üzerinde okunacak bölümü belli eder.

Bilye tipi batıcı uçlar, 1.588 mm (1/16 inç), 3.175 mm u/8 inç,), 6.350 mm (1/4 inç) ve 12.700 mm (1/2 inç) çapında çelik bilyelerdir. Elmas batıcı uç ise 120° lik bir açı teşkil eden bir koni ile, tepe noktası 0.2 mm yarı çapında bir küre parçasından ibarettir.

Bilyelerin çapı normal değerden +0.0035 mm den fazla farklı olmamalıdır. Batıcı uç üzerinde toz, kir, gres ve tufal gibi yabancı maddeler bulunmamalıdır; bulunduğu takdirde sonuçlara etki eder.

Rockwell sertlik deneyi için (Şekil 2) önce 10 kg.'lık ki yük uygulanarak ilk yükleme yapılır. Bu suretle uç, malzeme üzerine oturur ve onu yerinde tutar. Siyah rakamlı bölüm üzerinde kadran sıfıra getirilir ve daha sonra büyük yük uygulanır. Bu büyük yük uygulanan toplam yük olup, derinlik ölçmesi sadece küçük yükten büyük yüke kadar artıştan ileri gelen derinlik artışına bağlıdır. Büyük yük uygulandıktan ve kaldırıldıktan sonra, standart işleme göre küçük yük hala uygulanır durumda iken, kadranın gösterdiği değer okunur.



Şekil 2. Rockwell sertlik deneyi prensibi.

Batıcı uç olarak çelik bilye kullanıldığı zaman büyük yük 100 kg olarak alınır, fakat gerektiği zaman diğer yükler de kullanılır. Ucu küresel konik elmas uç kullanıldığı zaman büyük yük, genel olarak 150 kg.

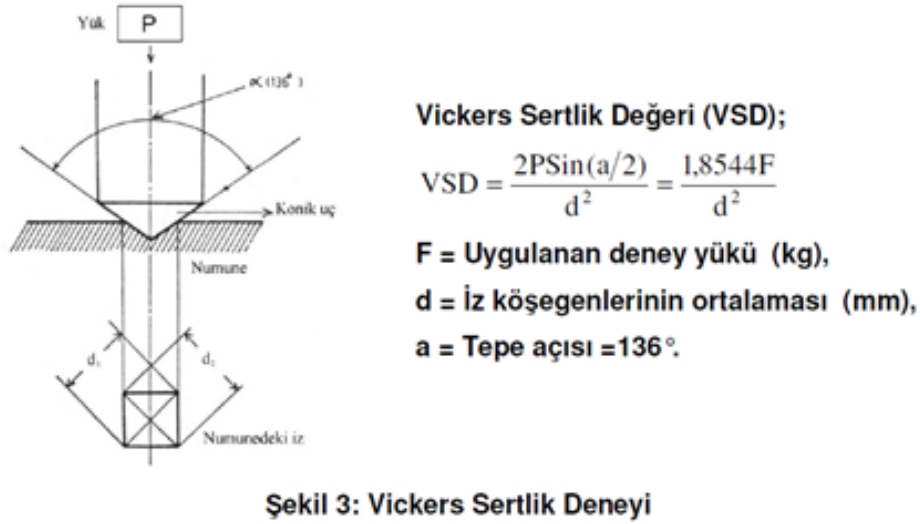
Batıcı uç sertliği ölçülecek yüzeye dik gelecek şekilde temas etmelidir. Rockwell sertliğinin tayini sırasında meydana getirilen iz, kenara çok yakın olmayacağı gibi iki iz'de birbirine çok yakın bulunmamalıdır.

2.3.3. Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi

Vickers sertlik ölçme yöntemi, sertliği ölçülecek malzeme parçasının yüzeyine, tabanı kare olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında daldırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesinden ibarettir.

Vickers sertlik değeri, piramit şeklindeki dalıcı ucun belirli bir yük altında ve belirli bir süre uygulanması ile malzeme yüzeyinde meydana getirdiği izin büyüklüğü ile ilgili bir değerdir.

Meydana gelen iz. taban köşegeni (d) olan kare bir piramittir ve tepe açısı dalıcı ucun tepe açısının aynıdır = (136°). Vickers sertlik değeri, kg olarak ifade edilen deney yükünün (mm²) olarak ifade edilen iz alanına bölümüdür (Şekil 3).



Vickers sertlik değeri işareti ile beraber bazen uygulanan yük ve yükün uygulama zamanını belirten sayısal işaretlerde ilave edilir. Örneğin; VSD /30 /20, /30 kg.'lık yükün 20 saniye süre ile uygulanması sonucu elde edilen Vickers sertlik değerini gösterir.

Deneyden sonra Vickers sertlik değerini bulmak için kare şeklindeki izin köşegenlerini hassas, bir şekilde ölçmek gerekir. Bu ölçme, alete ilâve edilmiş metalürji mikroskobu sayesinde yapılmaktadır; numune üzerinde meydana getirilen izin görüntüsü mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılır. Ölçme ekranındaki hareketli iki cetvel yardımıyla köşegenlerin uzunlukları hassas bir şekilde ayrı ayrı ölçülüp ortalaması alınır.

Vickers sertliği ölçüsü, geniş çubuklardan saçlara kadar her ölçüde malzeme çeşidine uygulanabilir. Genel olarak numunelerin alt ve üst yüzeyleri, yük bindiği zaman numune hareket etmeyecek veya kaymayacak şekilde düz olmalıdır. Kalınlık olarak da, piramit dalıcı ucun, numunenin öbür yüzeyinde bir çıkıntı meydana getirmeyecek derecede kalın olması yeterlidir.

2.3.4. Mikro Sertlik Ölçme Yöntemi

Bu deney, özellikle çok küçük numunelerin ve ince saçların sertliklerini ölçmede elverişlidir. Karbür ize, dekarbürize ve azotla sertleştirilmiş yüzeylerle, elektrolitik olarak kaplanmış malzemelerin sertlikleri de bu deney ile tespit edilebilir. Ayrıca, metalik alaşımlarda fazların sertliklerinin tespitinde, segregasyonların ve cam, porselen, metalik karbürler gibi çok sert ve

kırılgan malzemelerin sertliklerini ölçmede de kullanılır. Deney malzemesinin sertliğine göre seçilen uygun yükler için, batıcı ucun malzemeye girdiği derinlik hiç bir zaman “1” mikronu geçmez. Mikro - sertlik aleti hassas bir alet olup kontrolü otomatiktir. Diğer sertlik ölçme aletlerinden farklı olan yanı, aletin komple metal mikroskobunu ihtiva etmesidir.

Sertliği ölçülecek numune mikroskobun tablasına oturtulur ve okülerde net görüntü elde edinceye kadar mikroskop tablası hareket ettirilir. Bundan sonra mikroskop tablası elle, sertlik ölçen kısmın altına getirilir ve düğmeye basarak sertlik ölçen ucun hareketi sağlanır. Uç, otomatik olarak numuneye batar ve 20 saniye sonra yine otomatik olarak geriye döner. Böylece numunenin üzerinde bir iz elde edilir. izin boyutlarını ölçmek için mikroskobun tablası yine elle objektifin altına getirilir ve okülerden iz gözlenir. Oküler üzerindeki özel taksimat ile izin boyutları tespit edilir.

Mikro – sertlik deneyi için iki standart uç kullanılır. Birincisi 136°'lik tabanı kare olan piramit uç (vickers ucu)dur. Diğeri ise knoop ucu diye bilinen 172° 30'lik piramit ucudur.

2.4) DENEY DÜZENEGİ

Şekil 4’de verilen Vickers sertlik ölçme yöntemi, sertliği ölçülecek malzeme yüzeyine, tabanı kare olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında batırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesinden ibarettir. Bu yöntem, daha sert malzemelerin ölçümünde veya daha hassas ölçümler için tercih edilir. Vickers sertlik ölçme yönteminde tepe açısı 136° olan elmas kare piramit uç kullanılır. Vickers ve Knoop test metoduna uygun 10 gr ile 1000 gr arasında değişen test yükleri mevcuttur. Test yükü, süresi, sertlik değeri ve HRC-HRB dönüşümü gibi yapılan sertlik ölçümü ile ilgili tüm bilgiler dokunmatik ön panelden yapılmaktadır. En fazla 40x oküler büyütme kullanılabilir. Cihaz döküm bir gövdeye sahiptir D1/D2 geçişi hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Ortalama köşegen uzunluğuna bağlı olarak Vickers sertlik değeri otomatik olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 4. Vickers Sertlik Ölçme Cihazı

2.5) DENEYLER

Bu deneyde Vickers sertlik ölçme cihazı kullanılarak farklı metalik malzemelerin sertlikleri ölçülecektir. Sertlik ölçümleri her malzeme için 5 farklı noktadan yapıp ortalaması ve standart sapması tespit edilecektir.

2.5.1 Numune Hazırlama İşlemleri

Sertliği ölçülecek parça boyutlarının çok küçük veya düzensiz şekle sahip olması durumunda parça bakalite alma işlemi ile belirli boyutlara ve şekle getirilir. Bakalite alma işleminde sıcak bakalite alma ve soğuk bakalite alma olarak iki farklı metod mevcuttur. Sıcak Kalıplama işleminde numune, sıcaklık ve basınç altında, Sıcak Bakalite Alma Presi ile kalıplanır. Soğuk Bakalite Alma İşlemi, sıcaklık ve basınca karşı hassas olan PCB ve kaplamalı, kırılğan malzemeleri kalıplamak için kullanılır. Soğuk Kalıplama Sarf Malzemeleri, toz ve sıvının bir kapta karıştırılması ile elde edilen karışımın bir kalıbın içine yerleştirilen numunenin üzerine dökülmesi yöntemiyle kullanılır.



Şekil 5. Bakalite Alma Cihazı

Bakalite alma işleminden sonra parça yüzeyinin zımparalanması ve parlatılması işlemi yapılır. Bu işlem kalın zımparadan ince zımparaya doğru yüzeyin aşamalı olarak döner bir disk üzerine belirli bir basınçta numunenin bastırılarak pürüzlülüğünün azaltılmasını kapsar. Parlatma, zımparalanmış yüzeyin bir döner disk üzerindeki kumaş (keçe) üzerine uygulanan aşındırıcı partiküller vasıtası ile aşındırılarak yapılır. Sürtünmeyi azaltmak için bir çeşit yağlayıcı da kullanılır. Aşındırıcı olarak, çoğunlukla Al_2O_3 kullanılmakla beraber elmas, krom oksit, magnezyum oksit, demir oksit de kullanılmaktadır. Aşındırıcıların boyutsal büyüklüğü kaba veya son parlatma adımına göre değişir. Kaba parlatma adımı 1 mikrona kadar olup alümina ve elmas çok kullanılan aşındırıcılardır.



Şekil 6. Zımparalama ve Parlatma Cihazı

2.5.2 Test Prosedürü

Vickers Sertlik Ölçme Yönteminde test prosedürü sırasıyla:

1. Çok küçük veya düzensiz şekle sahip parçalar iyi desteklenmeli veya bir yere sabitlenmelidir.
2. Ölçüm normal oda sıcaklığında (10-35°C arasında) yapılmalıdır.
3. Deney parçası deney cihazı üzerine sağlam bir şekilde bağlanmalı, uç sıkıca yerine tutturulmalı ve deney cihazı ani titreşimlerden korunmalıdır.
4. Bu yöntemde sertliği ölçülecek parçanın cins ve boyutlarına göre 1-1000 gr yükleme kuvvetlerinden biri kullanılır.

5. Deney yükünün uygulama süresi normal şartlarda 10-15 saniye kadardır. Malzeme cinsine göre bu süre artabilir.
6. Numune yüzeyindeki yükün kaldırılmasından sonra numune üzerinde meydana getirilen izin görüntüsü metal mikroskobu yardımı ile ölçme ekranına aktarılır.
7. Ölçme ekranındaki hareketli cetvel yardımı ile izin köşegen uzunlukları ölçülerek ortalaması alınır. $d = (d_1 + d_2) / 2$
8. Ekrandan numuneye ait Vickers Sertlik değeri okunur.

2.6) DENEYDE KULLANILACAK FORMÜLLER

Ortalama Değer : $x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

Standart Sapma : $\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}$

2.7) RAPOR SUNUMU

1. Farklı malzemelerin (metal, seramik, plastik vb.) sertlik ölçümünde kullanılan yöntemler hakkında araştırma yapınız.
2. Deney esnasında ölçülen sertlik değerlerinin ortalama değerini ve standart sapmasını hesaplayınız. Grafik üzerinde farklı malzemelere ait sertlik değerlerini gösterip, yorumlayınız.