

GÜZ DÖNEMİ MALZEME LABORATUVARI DENEYİ

1. DENEY ADI: Sertlik Deneyi

2. DENEYİN AMACI: Soğuk şekillendirme sonrası malzemelerin sertlik değerinin değişip değişmediğinin belirlenmesidir.

3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

3.1. Sertlik Deneyi

Sertlik, malzeme yüzeyine bastırılan cisme karşı malzemenin gösterdiği dirençtir.

Sertlik deneyleri genel olarak, kısa süreli deneylerdir.

Parça yüzeylerinde oluşturulan iz genellikle çok küçük olduğundan, tahribatsız bir deney olarak da kabul edilebilir.

Sertlik ölçümünde, yöntemine göre, standart boyutlu, sertliği ölçülecek malzemeye göre daha sert olan uçlar kullanılır. Sertliği ölçülecek parçanın yüzeyinin çok düzgün olması gerekir

Statik Sertlik Ölçme Yöntemleri

Brinell Sertliği (HB, BSD) : iz büyüklüğü ölçülür

Vickers Sertliği (HV, VSD) : iz büyüklüğü ölçülür

Rockwell Sertliği (HR) : batma derinliği ölçülür

Numune Yüzeyini Mekanik Yolla Temizleme ve Parlatma

Brinell, Vickers ve mikrosertlik ölçümlerinde sertliği ölçülecek numune yüzeylerinin kir,pas ve oksitlerden temizlenmesi ve yüzey pürüzlülüğünün giderilmesi gerekir.

Parça yüzeyinin oksitli, kirli veya pürüzlü olmasına göre;

- a- Yüzeydeki oksitler, kirler ve benzeri yabancı maddeler tel fırçalarla temizlenebilir,
- b- Yüzeyi bozuk numunelerde yüzey düzgünlüğünün sağlanabilmesi için yüzeyler

Şekil. 1’de gösterilen yüzey temizleme cihazı ile zımparalanmalı ve parlatılmalıdır.

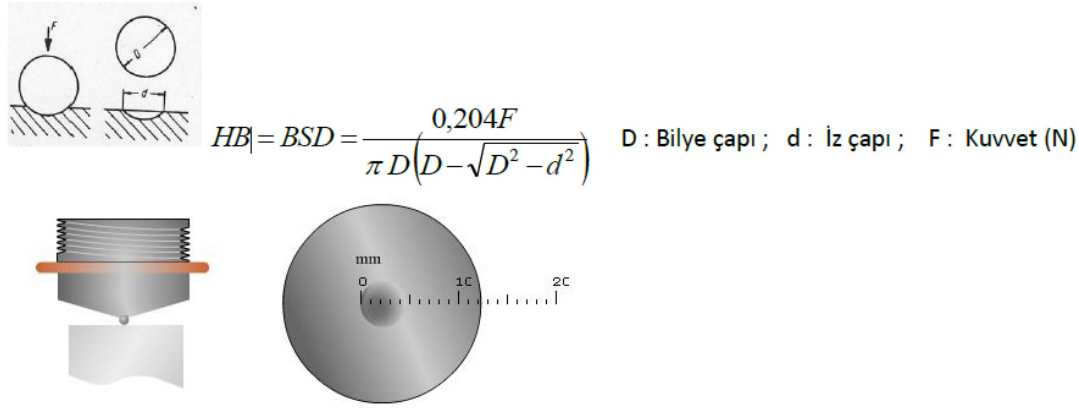


Şekil 1. Yüzey temizleme cihazı

3.1.1 Brinell Sertlik Ölçme Yöntemi (HB, BSD)

(DIN 50351, TS 139, EN ISO 6506-1)

Brinell sertlik değeri (HB), numuneye uygulanan yük değerinin oluşan izin yüzey alanına bölünmesi ile elde edilir.



Şekil 2. Brinell sertlik deneyi uç izi

Bilye çapı 2,5; 5 ve 10 mm. olabilir. Sert uç olarak sertleştirilmiş çelik bilye veya sert metal bilye kullanılır.

Bilye çapı seçiminde, parçanın et kalınlığı ve malzeme yapısı önem kazanır

$S > 6$ ise $D = 2,5, 5, 10$ mm.

$S < 3$ ise $D = 2,5$ mm.

$3 < S < 6$ ise $D = 2,5, 5$ mm olmalıdır.

Lamel grafitli dökme demir gibi heterojen yapıya sahip malzemelerin sertliğini ölçerken, büyük çaplı bilye tercih edilir.

Uygulanacak yük: $F = x D^2$ formülü ile hesaplanır.

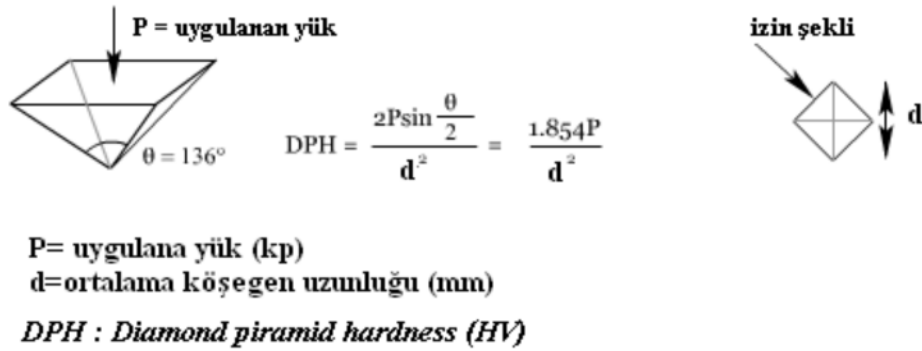
“x”, katsayısını malzemeye göre değişmekte olup sıklıkla kullanılan metal malzemeler için belirlenen x katsayısı Tablo 1.’de verilmektedir.

Tablo 1. Metal malzemeler için x katsayısı değerleri

Malzeme cinsi	x Katsayısı
Hafif metaller (Al, Mg, prinç (Cu-Zn), bronz (Cu-Al, Cu-Sn, Cu-Mn) gibi) için	10
Yumuşak çelik, dökme çelik, kır dökme demir için	30
Saf Au, Al gibi metaller için	5
Yatak alaşımları için	2,5
Yüksek sıcaklıkta yumuşayan metaller için	0,5
Pb, Zn için	1,25

- Yüklemeye zamanı 10-15 s'dir. Fazla akma gösteren malzemelerde bu süre, 30 s'ye çıkabilir.
- Minimum numune kalınlığı $S_{min} = 17x$ bilyanın batma derinliği kadar olmalıdır.
- Numune yüzeyi parlak ve düzgün olmalıdır.
- Kalıcı iz çapı $0,2D$ 'den küçük ve $0,7D$ 'den büyük olmamalıdır.
 $\emptyset 0,2D < d < 0,7D$
- Numune üzerinde kalan izin merkezinin parça kenarından ve bir diğer izin merkezinden uzaklığı iz çapının iki katı kadar olmalıdır ($2d$).
- İz çapı (d); $0,01$ mm hassasiyetle ölçülmelidir. İz tam dairesel değilse birbirine dik doğrultudaki çaplar ölçülüp, ortalaması alınmalıdır.
- 400 HB'ye kadar olan sertlikler için, sertleştirilmiş çelikten imal edilmiş bilyeler kullanılır. Sert malzemelerde karbürden yapılmış bilyeler tercih edilir.

3.1.2 Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi (HV, VSD) (DIN 50133, TS 207-1, EN ISO 6507-1)



Şekil.3 Vickers sertlik deneyi uygulaması ve uç izi

Yumuşak malzemelerden, özel yöntemlerle sertleştirilmiş çok sert malzemelere kadar geniş bir kullanım aralığı mevcuttur.

Yük : 1-150 kg (en fazla 2,10 ve 30 kg)

Batıcı uç : Kare tabanlı, tepe açısı 136° olan elmas piramit

Bekleme süresi : 15 sn (yumuşak malzemelerde 30 sn)

Sertlik değeri deney yükünden bağımsız olmasına karşın, sertlik belirtilirken, yük değeri de verilir.

Ölçüm tamlığı (hassasiyeti) $0,001$ olmalıdır. Ölçüm yaparken, küçük ve büyük yükler kullanılır.

Deney sonunda parçanın arka yüzünde iz belli olmamalıdır.

Küçük yükler 1,96-49 N

Normal yükler 49-980 N

Özel yükler 1 kg-100 kg

En çok kullanılan yükler 10 kg=98 N ve 30kg=294 N'dir.

Muayene parçasının kalınlığı en az 1,5 d₀ olmalıdır. Çelik için ise 1 2 d₀ olmalıdır.

Ölçüm yaparken izler arası mesafe 3d₀ kadar olmalıdır. Parça kenarında ise en az 2,5 d₀ uzaklıkta ölçüm yapılmalıdır.

Yük uygulama süresi yaklaşık 10-15 s'dir. Yüzeyi sertleştirilmiş (sementasyon, nitrasyon, indüksiyon ile) parçalar ya da sertleştirme işlemi uygulanmış parçalar için uygundur.

Ölçüm sonucunun verilmesi:

850 HV 30 / 10

sertlik değeri=850 HV

uygulanan yük=30kgf. $\approx$ 300 N

sert uc batma süresi=10 s.

3.1.3 Mikrosertlik Ölçme Yöntemi (HV , HK)

Özel Vickers sertlik ölçüm yöntemidir.

1-1000 g gibi çok düşük yüklerle sertlik ölçülebilir.

Vickers veya Knoop ucu kullanılabilir. Ucun batma derinliği, uzunluğunun yaklaşık 1/30'u kadardır. Yük, iz alanına bölünerek sertlik bulunabilir. Bu amaçla da tablolar ya da aşağıda verilen formül kullanılır.

Vickers ve Knoop Sertlik ölçümleri için yapılan deneylerde sert ucun numune yüzeyinde bıraktığı izler çok küçük izler oluşturulur ve bu izleri ölçmek için mikroskop kullanılır.

3.1.4 ISO 4545 Knoop Sertlik Ölçme Yöntemi

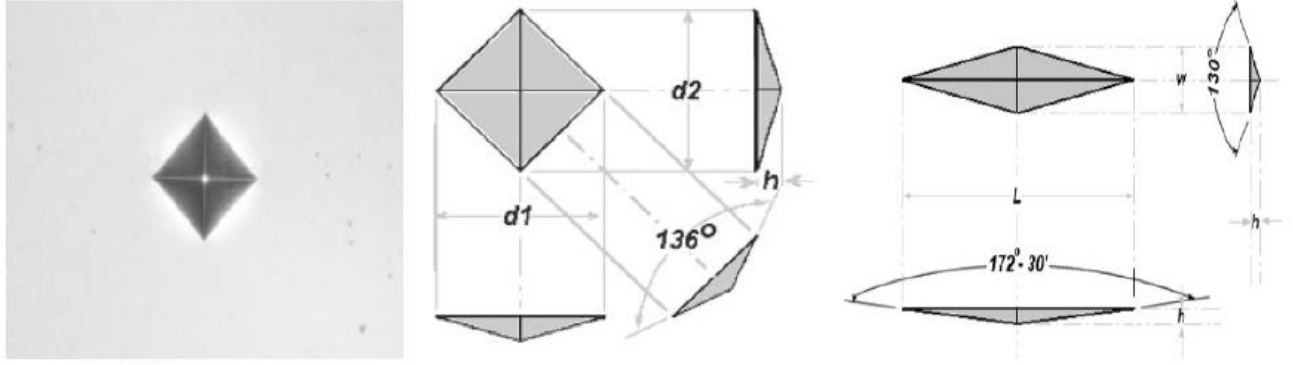
Çentikleyici : Elmas Piramit 172° 30' ve 130° (Şekil. 4)

Yükleme Aralığı : 0.49 N-9.81 N

EN ISO 6507 Vickers

Çentikleyici: Elmas Piramit 136°

Yükleme aralığı: 0.49N-9.81 N



Şekil. 4 Vickers ve Knoop izleri

Ölçüm sonucunun verilmesi:

450 HV 25/10

Sertlik değeri =450 HV

Uygulanan yük=25 g

Sert uç batma süresi =10 s.

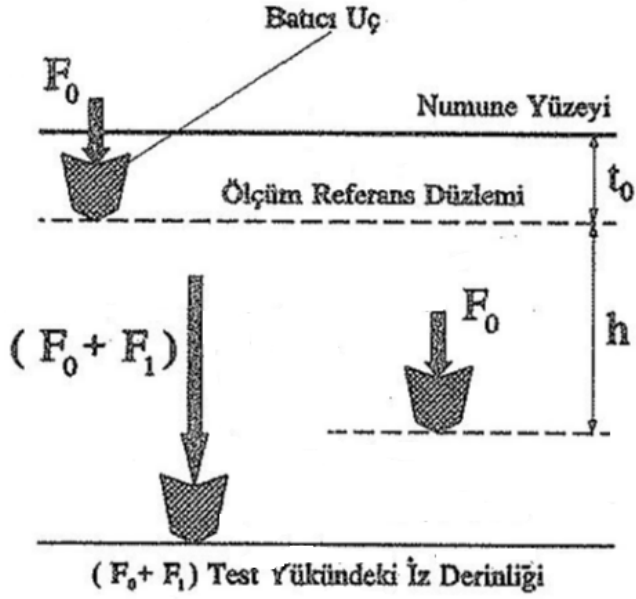
3.1.5 Rockwell Sertlik Ölçme Yöntemi

(DIN 50103, TS 140, EN ISO 6508-1)

Brinell ve Vickers yöntemlerinde optik yolla iz çapı ölçülür ve ölçülen değer formüle konarak sertlik değeri hesaplanır. Her iki yöntemde de ölçüm işlemi zaman alır. Oysa Rockwell yönteminde daha kısa sürede, sert ucun batma derinliği esas alınarak sonuca varılır. Parçanın et kalınlığı, sert ucun batma derinliğinin en az 10 katı olmalıdır veya parça arkasında iz oluşmamalıdır. Şekil 5 ve 6 da Rockwell yönteminde kullanılan farklı uçlar ve ölçüm yöntemi şematik olarak verilmiştir.



Şekil 5 Malzeme cinsine göre kullanılan uçlar



Şekil 6. Rockwell metodunun şematik uygulanması

Rockwell B: Cu alaşımları, Al alaşımları, düşük karbonlu çelik

Rockwell C: Çelik, sert dökme demir, perlitik dökme demir

Rockwell A: Yüzeyi sertleştirilmiş çelik

Rockwell D: Yüzeyi sertleştirilmiş, ince et kalınlığına sahip parçalar

Rockwell E: Al alaşımları

Rockwell F: Tavllanmış Cu alaşımları içindir.

Tablo.2’de farklı malzemeler için uygulanan Rockwell serlik ölçüm yöntemleri verilmiştir.

Sembolü	Sertlik Ölçme Ucu	Ön Yükleme Kuvveti P ₀ , Kg	Toplam Yük P, Kg	Uygulama Alanları
HR _A	120° Elmas koni	10	60	Sert metal, yüzeysel sertleştirme derinliği 0,4 mm olan ince sac malzemeler
HR _B	1/16" Bilye	10	100	Metal olmayan malzemelerle yumuşak çelikler
HR _C	120° Elmas koni	10	150	Sertleştirilmiş çelikler
HR _D	120° Elmas koni	10	100	Yüzeysel sertleştirme işlemi yapılmış orta sertlikte çelikler
HR _E	1/8" Bilye	10	100	Dökme demir, alüminyum ve magnezyum alaşımları
HR _F	1/16" Bilye	10	60	Tavllanmış bakır alaşımları, kalınlığı 0,6 mm' ye kadar olan ince malzemeler
HR _G	1/16" Bilye	10	150	Fosforlu bronz, berilyumlu bakır ve yumuşak demir
HR _H	1/8" Bilye	10	60	Alüminyum, çinko ve kurşun.
HR _K	1/8" Bilye	10	150	Yatak malzemeleri ve diğer çok yumuşak malzemeler
HR _L	1/4" Bilye	10	60	Ser kauçuk ve sentetik malzemeler
HR _M	1/4" Bilye	10	100	Sentetik malzemeler ve sert ağaçlar
HR-15N			15	Yüzeysel sertleştirme işlemi yapılmış masterlar
HR-30N	120° Elmas koni	3	30	
HR-45N			45	
HR _P	1/4" Bilye	10	150	Yatak malzemeleri, sert ağaç ve sentetik malzemeler
HR _R	1/2" Bilye	10	60	
HR _S			100	
HR-15T			15	Rockwell B, F veya G deki malzemelerle, kalınlığı 0,25 mm' ye kadar olan ince sac malzemeler
HR-30T	1/16" Bilye	3	30	
HR-45T			45	
HR _V	1/2" Bilye	10	150	Rockwell "K,L,M,P,R,ve S" deki malzemeler ve benzerleri

3.1.5.1 Rockwell C Yöntemi (HRC, RSD-C)

Uç: Elmas koni (tepe açısı 120°)

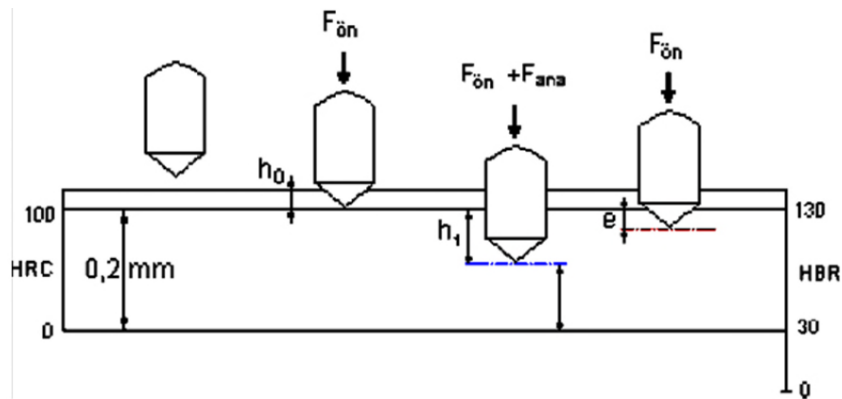
$$F_{\text{ön}} = 10 \text{ kgf} = 98 \text{ N}$$

$$F_1 = 140 \text{ kgf} = 1372 \text{ N}$$

$$F_{\text{ön}} + F_1 = 150 \text{ kgf} = 1470 \text{ N}$$

Ölçüm tamlığı ± 1 HRC'dir

$$HRC = RSD - C = 100 - e$$



Şekil 7. Rockwell C metodunun uygulanması

Yüzey pürüzlülüğü ve makrogeometrik hatalardan oluşabilecek ölçüm hatalarının ortadan kaldırılabilmesi için ön yükleme yapılır. Bu noktada kadran sıfırı gösterecek şekilde ayarlanır, daha sonra ilave yük etki ettirilir.

Etki süresi yaklaşık 3-6 s'dir. Yük kaldırıldığında, sertlik değeri kadrandan okunur.

İzler arası mesafe en a 3 mm olmalıdır.

Sertleştirilmiş (ıslah edilmiş, su verilmiş) ya da yüzeyi sertleştirilmiş çelik, dökme demir gibi malzemelerin sertliğinin ölçülmesinde kullanılır.

3.1.5.2 Rockwell B Yöntemi (HRB, RSD-B)

Uç: Sertleştirilmiş bilye

$$F_{\text{ön}} = 10 \text{ kgf} = 98 \text{ N}$$

$$F_{\text{ön}} = 10 \text{ kgf} = 98 \text{ N}$$

$$F_{\text{ön}} + F_1 = 100 \text{ kgf} = 980 \text{ N}$$

$$HRB = RSD - B = 130 - e$$

e: Sert uç batma derinliği

Ön yükten sonra 30 HRB'de sıfırlama yapılır,

İzler arası mesafe en az 3 mm olmalıdır.

35-110 HRB arasındaki ölçümlerde geçerlidir.

Orta sertlikteki parçalar için uygun bir yöntemdir.

Ölçüm hassasiyeti, Brinell Sertlik Ölçüm yöntemine göre daha azdır.

Rockwell yönteminin üstünlükleri;

- Brinell ve Vickers yöntemlerinde olduğu gibi parça yüzeylerinin çok düzgün olarak hazırlanması gerekmez.
- İşlem süresi kısadır.
- Otomasyona uygundur.
- Ölçüm tamlığının az olması ve kaba bir ölçüm yöntemi olması ise dezavantajlı yanıdır.

Ölçüm sonucunun verilmesi:

55 HRC sertlik değeri= 55 birimi: HRC (Hardness Rockwell C)

1. DENEY ADI: Çentik Darbe (Vurma Deneyi)

2. DENEYİN AMACI: Çentik darbe testi, malzemenin gevrek kırılma eğilimlerinin saptanması ve uygulanan ısı işlemlerin kalite kontrolünün yapılmasıdır.

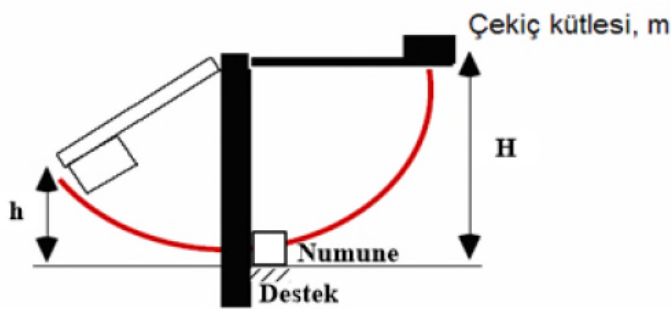
3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

Gevrek kırılma ani olarak meydana geldiğinden düşük bir kırılma işi ile gerçekleşir. Bu tür kırılma, malzemenin güvenli kullanım olasılığını azaltır.

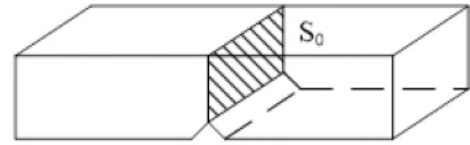
Gevreklik, malzemenin tokluk özelliğinin tersi olarak düşünülebilir.

Bazı malzemeler bileşimleri nedeniyle gevrekler (örneğin DDL, Fe 3C, Metal karbürler), bazı malzemeler ise oda sıcaklığında sünek olmalarına karşın bazı koşullarda (örneğin sıfırın altındaki sıcaklıklarda, gerilme yığılmalarının bulunması halinde, darbe zorlama hızı ve şiddeti altında) gevrek davranış gösterirler.

Çentik darbe deneyinde, numunenin dinamik zorlama altında kırılması için gerekli enerji miktarı tayin edilir. Bulunan değer, malzemenin darbe direnci ya da darbe mukavemeti olarak verilir.



Şekil. Charpy çentik darbe deneyi



Çekiş kütlesi : m

Çentik vurma tokluğu: $\alpha_K = \frac{A_v}{S_0}$

Anma kesiti : S_0

$A_v = mg(H - h)$

Şekil 6. Charpy çentik darbe deneyi

Deneyin Yapılışı

Deney, Charpy ve Izod darbe deneyi olmak üzere iki şekilde yapılır.

Charpy deneyinde Şekil 6.'da görüldüğü gibi cihazın sarkaç çekici, önceden belirlenmiş bir H yüksekliğinden düşer ve en alt noktada arka yüzeyine vurduğu çentikli deney parçasını eğmeye zorlar.

Bu sırada vurma hızı 4-7 m/s arasında olmalıdır.

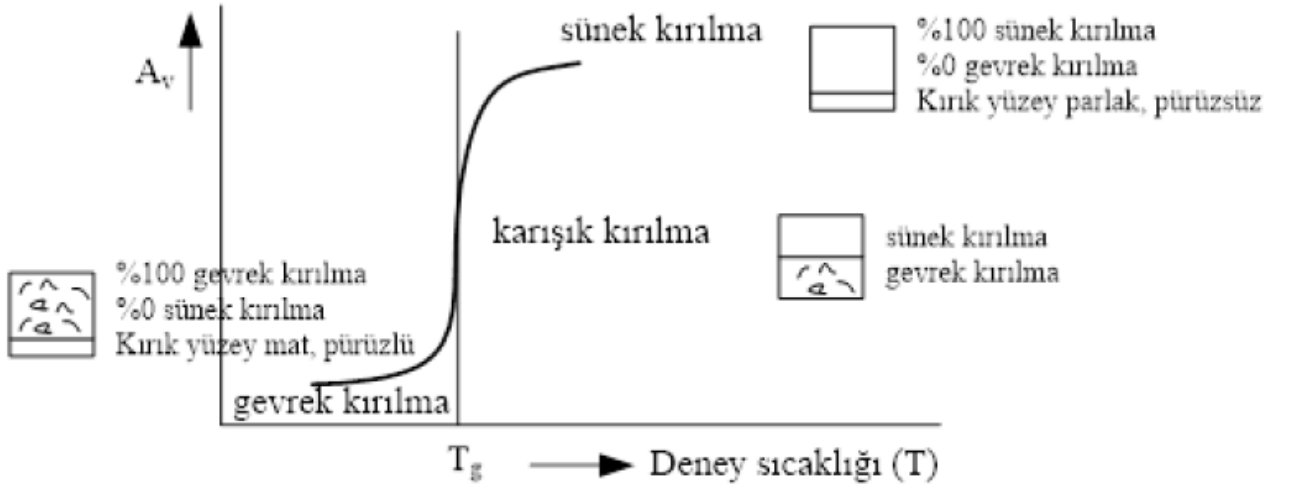
Deney parçasının kırılması veya desteklerin arasından şekil değiştirerek geçmesi için sarkaç enerjisinin bir kısmı kırma işi (A_v) olarak tüketilir.

Vurma değeri ($VD = A_v$) olarak da belirtilen bu değeri, cihaz üzerinden okunur.

Alınan sonuçların yorumlanması:

Çentik vurma tokluğu, dayanım hesaplamalarında sayısal bir değeri olarak kullanılamaz, çünkü konstrüksiyonlardaki gerilme durumları, yüklemenin seyri, boyutlar ve çentik geometrisi çok farklıdır. Bu nedenle de malzemenin kalitesini belirlemek için yapılan deneyde sonuçlar kırma işi ya da vurma değeri olarak belirtilir.

Geçiş bölgesinde büyük dağınıklar gösteren vurma değeri, alt bölgede yaklaşık 10 J düzeyinde kalırken, üst bölgede malzemenin durumuna bağlı olarak 100-300 J'dir.



Şekil 7. Darbe geçiş sıcaklığının etkisi

Darbe Geçiş Sıcaklığı (T_g)

Malzemenin sünek yapıdan gevrek yapıya geçtiği sıcaklığa **geçiş sıcaklığı** veya **darbe geçiş sıcaklığı** denir. Malzemenin düşük sıcaklıkta dayanım göstermesi istenir. Bunun için düşük geçiş sıcaklıklarında malzemenin çentik tokluğuna sahip olması gerekir. Malzemelerin kırılma tokluğu deney sıcaklığının azalması ile azalarak gevrek kırılma davranışı gösterektedirler (Şekil. 7)

Adı-Soyadı :
Numara :
İmza :

Deneyi Yürüten Öğretim Elemanı :
Deneyin Yapıldığı Tarih :
Grup-Alt Grup :

NOT

SERTLİK DENEYİ

Deney tasarımı:

Verilen malzemenin soğuk sertleşme (pekleşme) sonucu sertlik değerlerinin değişip değişmediğini gösteren bir deney tasarlayınız ve deney işlem adımlarını yazınız.

1)

2)

3)

...

Deneyin uygulanması:

Deneyi uygulayınız, gerekli hesaplama ve yorumları yaptıktan sonra deney sonucunu aşağıdaki kısımları doldurarak belirtiniz.

Gerekli başlıklar:

- Malzeme:
- Uygulanacak Test ve Skalası (Varsa ilgili standart):
- Ölçümler:
- Hesaplamalar (Gerekliyse):
- Yorum:
- SONUÇ:

ÇENTİK DARBE DENEYİ

Deney hazırlığı:

1. Çentik darbe testi ile ilgili aşağıda verilen deneye başlangıç bilgi sorularını cevaplandırınız:
 - a) Çentik darbe testi hangi amaçla gerçekleştirilir?
 - b) Darbe geçiş sıcaklığı nedir?
 - c) Deneyin nasıl uygulandığını maddeler halinde belirtiniz:

Deneyin uygulanması:

İstenen: Deney esnasında verilen 10x10 mm² kesitli çelik çubuktan standart 2 mm V çentikli çentik darbe numunesi hazırlayarak:

- a) Kırma enerjisini J cinsinden ölçünüz:
- b) Çentik darbe dayanımını (tokluğunu) bulunuz: