

T.C. BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MÜHENDİSLİKTE DENEYSEL METODLAR DERSİ

METALİK MALZEMELERİN DARBE DENEYİ

1. DENEYİN AMACI

Darbe Deneyi, metalik ve metalik olmayan malzemelerin dinamik zorlamalar altında kırılması için sarfedilen enerji miktarını tayin ve tespit amacıyla yapılır. Metalik malzemelerin özellikle gevrek kırılmaya müsait şartlardaki mekanik özellikleri hakkında bir fikir elde etme amacıyla yapılır.

2. DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER VE TEÇHİZATLAR

Darbe deneyi numunesi, Darbe cihazı, Numuneye çentik açma makinesi, Buz, Termokupl

3. TEORİK BİLGİ

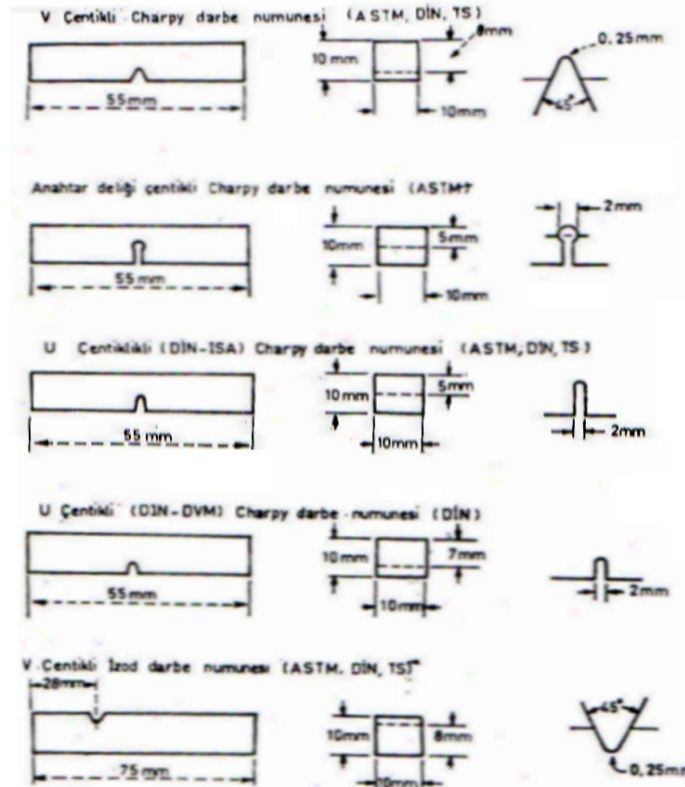
Metalik malzemelerin özellikle gevrek kırılmaya müsait şartlardaki mekanik özellikleri hakkında fikir elde etme amacıyla darbe deneyi yapılır.

Metallerin mekanik özelliklerini belirlemede çoğunlukla çekme deneyi sonuçlarından yararlanır. 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.

Darbe deneyinde kullanılan numunelere genellikle Şekil 3.1' deki gibi çentik açılmaktadır.

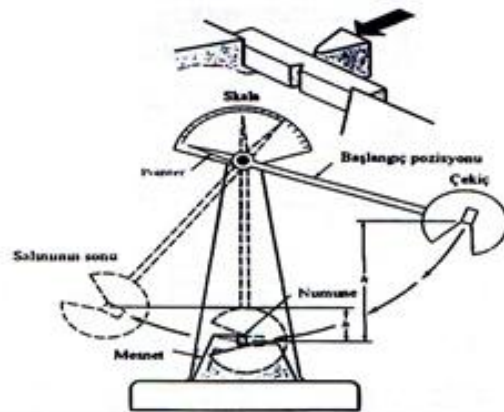
Bu tip deneylerin amacı, malzeme bünyesinde bulunabilecek olası bir gerilme konsantrasyonunu çentik tabanında yapay olarak oluşturup, malzemenin bünyesindeki böyle bir gerilme konsantrasyonuna karşı göstereceği davranışı belirlemektedir. Gri dökme demirlerde, malzeme bünyesinde bulunan grafit lamelleri çentik etkisi yapacağından ayrıca çentik açmaya gerek yoktur.



Şekil 3.1. Çeşitli standartlara göre darbe deneyi numuneleri.

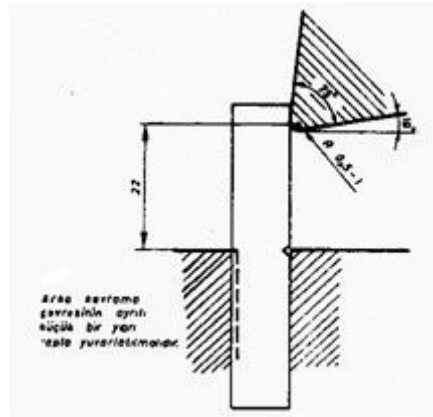
Çentikli darbe deneyleri genellikle iki türde yapılmaktadır:

I) Charpy Darbe Deneyi: Charpy darbe deneyi, yatay ve basit kiriş halinde iki mesnete yaslanan deney parçasının ortasına bir sarkacın ucundaki vurucu çekiçle bir darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilmeler etkisi ile deney parçasının kırılması için gerekli enerjiyi belirleme işlemidir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Charpy darbe deneyi numunesinin cihaza yerleştirilmesi.

II) İzod Darbe Deneyi: İzod darbe deneyi dikey ve konsol kiriş halinde bir kavrama çenesine tespit edilen numunenin (Şekil 3.3) yüzeyine, kavrama çenesinden belirli yükseklikteki bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe uygulanması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilmeler etkisi ile numunenin kırılması için gerekli enerjiyi belirleme işlemidir.



Şekil 3.3. İzod darbe deneyi numunesinin cihaza yerleştirilmesi.

3.1. Darbe Deney Cihazının Çalışma Prensibi:

Darbe deneyi cihazının çalışma prensibi Şekil 3.4' de şematik olarak gösterilen sarkaç tipi cihazlardan faydalanılarak şöyle açıklanabilir. Ağırlığı G olan sarkaç, h yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerjisi $(G \times h)$ mertebelerindedir. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve aksi istikamette h_1 yüksekliğine çıkar. Böylece numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji $(G \times h_1)$ mertebesinde demektir. Sarkacın numune ile temas haline geldiği andaki potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi (darbe direncini) verir. Bu enerji aşağıdaki denklem 3.1 ile gösterilebilir.

$$\text{Kırılma Enerjisi} = G(h - h_1) = G.L.(\cos\beta - \cos\alpha) \quad (3.1)$$

G : Sarkacın ağırlığı (kg)

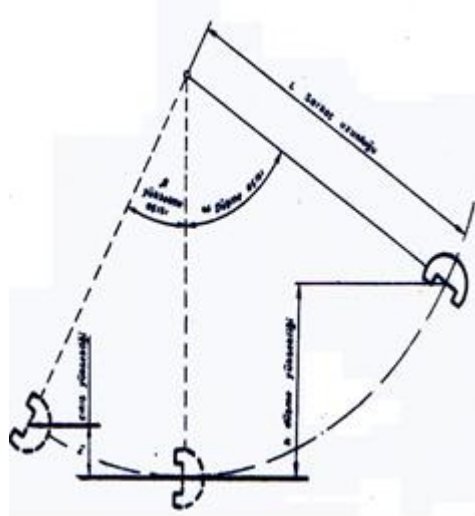
L : Sarkacın ağırlık merkezinin, sarkacın salınım merkezine uzaklığı (m)

h : Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m)

h_1 : Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m)

β : Düşme açısı (derece)

α : Yükseliş açısı (derece)

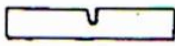
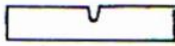




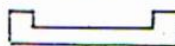


Şekil 3.4. Darbe deney cihazının şematik olarak gösterilmesi.

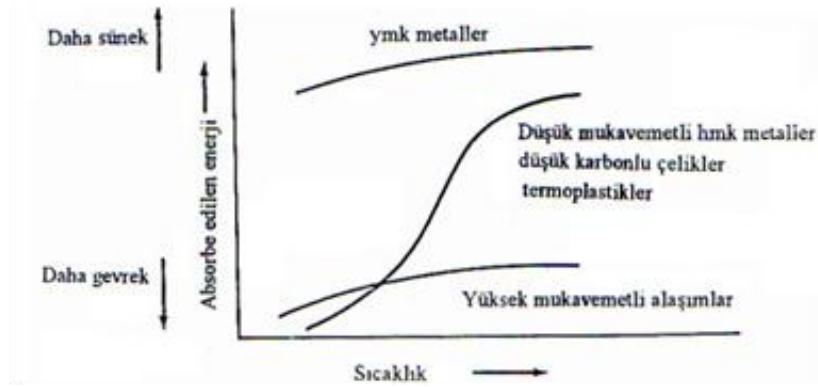
Darbe direncini etkileyen faktörler aşağıdaki ana başlıklar ile açıklanabilir:

a) 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. Yüzeyin görünüşü kristalindir. 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 yapılırsa çentiğin tabanındaki normal gerilme kayma gerilmesine oranla artmış olacak ve deney parçasında daha çok gevrek kırılma gerçekleşecektir. Öte yandan çentik ve deformasyon hızı aynı kalmak şartıyla, sıcaklığın yükselmesiyle kayma dayanımı düşecek ve sünek bir kırılma gözlenecektir. Tablo 3.1, çentik açısının darbe dayanımına etkisini göstermektedir. Bu şekilde çentik açısı küçüldükçe darbe dayanımı azalmakta ve malzeme daha kırılğan olmaktadır.

Tablo 3.1. Çentik açısının darbe direncine etkisi.

Çentik Açısı	Deney Parçası	Charpy Darbe Değeri, kg-m
0°		3.0
30°		3.4
60°		3.2
90°		3.6
120°		5.8
150°		9.1
180°		8.7

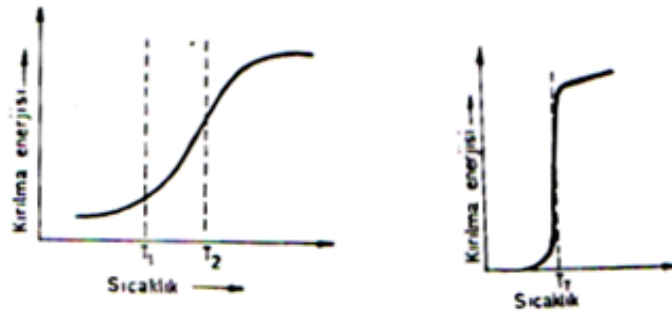
b) Sıcaklığın Etkisi: Değişik sıcaklıklarda yapılan darbe deneyleri o malzemenin darbe direnci hakkında daha anlamlı sonuçlar verir. Genel olarak sıcaklık düştükçe malzemenin darbe direnci de düşmektedir. Düşük ve orta mukavemetli HMK metallerin ve seramiklerin darbe direnci sıcaklığa oldukça bağlıdır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Çeşitli metallerin darbe direnci-sıcaklık ilişkisi.

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.

Malzemelerin 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. Şekil 3.6.a'daki bir eğri üzerinde bu sıcaklığı belirlemek oldukça güç olduğu için genellikle T_1 ve T_2 gibi sıcaklıklar arasında kalan bir geçiş aralığı belirlenir.



Şekil 3.6. a) Darbe direncindeki düşmenin bir geçiş aralığında gerçekleştiği durum, b) Sıcaklığa bağlı olarak darbe direncinin ani düşmesi.

T_1 sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda malzeme oldukça gevrek bir davranış gösterir. Kırılma klivaj düzlemleri boyunca olup kırılma yüzeyi ince taneli bir görünüştür. Bu sıcaklıklarda darbenin tesiri ile çatlak kolayca meydana gelir ve çatlak malzeme içinde kolayca 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 teşekkülü güçleşir ve çatlağın yayılma hızı da yavaşlar. Bu durumlarda kopma, yırtılma şeklinde olup kopma yüzeyi lifli bir görünüştür.

Geçiş aralığında her iki davranış birden görülür. Deneysel sıcaklığı T_1 sıcaklığına yaklaştıkça, gevrek davranış duruma hakim olur. Mühendislik uygulamalarında T_1 sıcaklığı T_2 sıcaklığına oranla daha büyük önem taşır. Çünkü deneyi yapılan malzeme bu sıcaklığın altında tamamen gevrek bir davranış gösterdiğinden bu

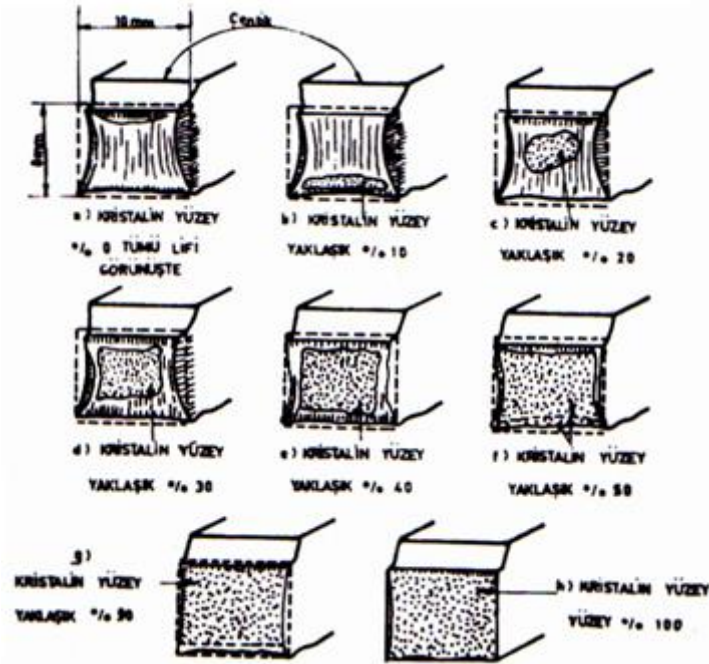
sıcaklıktan daha düşük sıcaklıklarda kullanılamaz. Bu yüzden geçiş sıcaklığı olarak da T_1 sıcaklığı alınır ve bu sıcaklık, sıfır süneklik sıcaklığıdır. T_1 sıcaklığının belirlenmesinde genellikle şu üç kriterden faydalanılır:

- 1- Kırılma enerjisi,
- 2- Kırılma yüzeyinin görünüşü,
- 3- Kırılmadan sonra çentik tabanında meydana gelen enlemesine büzülme miktarı.

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

Kırılma yüzeyi görünüşü kriter olarak alındığında, kırılma yüzeyinde kristalin şeklinde gözükken alanın tüm kesit alanına oranı, yaklaşık olarak tespit edilmeye çalışılır. Şekil 3.7 geçiş aralığında (T_1 ve T_2 sıcaklıkları arası) kırılma yüzeylerinin değişik görünüşlerini göstermektedir. (a) şekli sünek davranışa, (b) şekli ise gevrek davranışa ait görünüşü yansıtmaktadır. Kesitte % 50 kristalin görünüşü veren sıcaklık geçiş sıcaklığı olarak alınır.

Şekil 3.7 incelendiğinde (a) ve (b) şekillerinde, çentik tabanında belirli miktarda enlemesine büzülme görülür. Gevrek davranış halinde ise (h) plastik şekil değiştirme olmadığından çentik tabanında enlemesine büzülme görülmez. Bu büzülme miktarı kriter olarak alınırsa %1 mertebesinde büzülme gösteren sıcaklık, geçiş sıcaklığı olarak alınır.



Şekil 3.7. Geçiş aralığında kırılma yüzeyinin değişik görünüşleri.

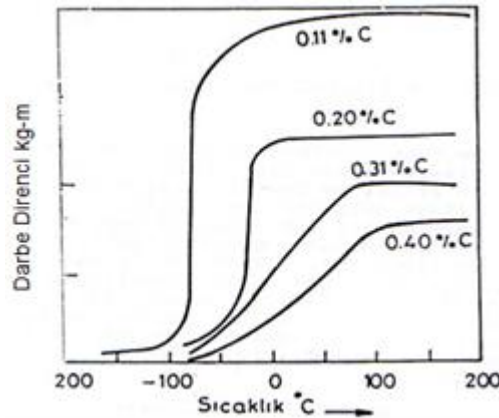
Malzemenin sünek-gevrek geçiş sıcaklığı, mühendislik uygulamalarında, özellikle malzeme seçiminde oldukça önemli bir kriterdir. Geçiş sıcaklığı düşük olan malzemeler daha çok tercih edilirler. Düşük sıcaklıklarda çalışılacak malzemelerde, bu özellik oldukça büyük önem taşır. Geçiş sıcaklığı, malzemeden malzemeye değişebileceği gibi aynı tip malzemelerde kimyasal bileşim, tane boyutu, mikroyapı, soğuk işlem derecesi gibi faktörlerin tesiri ile de değişebilir.

c) 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. Diğer alaşım elementleri de darbe direncine ve geçiş sıcaklığına etki eder (Şekil 3.8). Örneğin Fe-%0.05 C içeren bir çeliğe Mn ilavesi geçiş sıcaklığını düşürmektedir. Fe-%0.05 C içeren alaşımın geçiş sıcaklığı 70 °C 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.

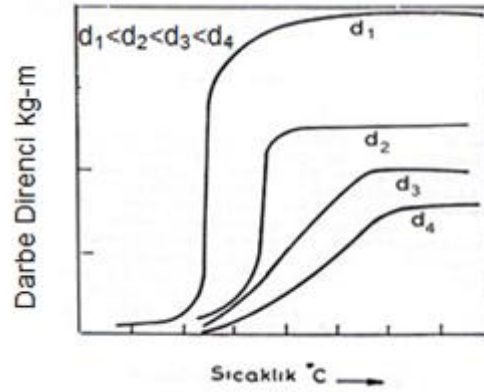
Nikel oranının %2'ye kadar olması etkin olarak geçiş sıcaklığını düşürür. Silis'in % 0.25'in üzerinde olması geçiş sıcaklığını artırır. Molibden, karbon gibi geçiş sıcaklığını hızlı bir şekilde artırır.

Yüksek saflıktaki demir için oksijen içeriğinin %0.003'ün üzerinde olması intergranüler kırılmaya ve düşük enerji absorblanmasına neden olur. Oksijen içeriği %0.001 'den % 0.057 'ye çıktığında geçiş sıcaklığı -15 °C'den 340 °C'ye çıkmaktadır. Bu da deoksidasyonun önemini ortaya koymaktadır. Düşük karbonlu çeliklerde sıcak haddeleme sonrası normalizasyon işlemi çok yüksek sıcaklıkta yapılmışsa, geçiş sıcaklığı düşer. Normalizasyon sonrası soğuma hızı ve deoksidasyon gözönüne alınmalıdır. Havada soğutma ve alüminyum ile deoksidasyon geçiş sıcaklığını daha da düşürür.



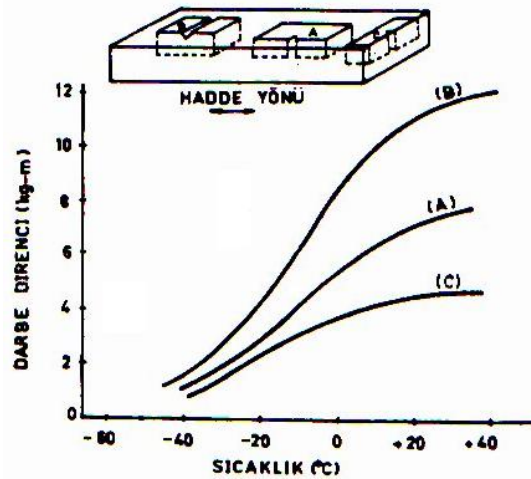
Şekil 3.8. Çeliklerde karbon elementinin darbe direncine etkisi.

d) Tane Boyutunun Etkisi: Malzemelerde, tane büyüklüğü ile darbe direnci arasındaki ilişki Şekil 3.9'da verilmiştir. İri taneli çeliklerin darbe dirençleri düşük, sünek-gevrek geçiş sıcaklıkları yüksektir.



Şekil 3.9. Tane büyüklüğünün darbe direncine etkisi.

e) Haddelene Yöünün Etkisi: Haddelenmiş veya dövülmüş malzemelerde, çentikli darbe direnci çubuğun veya levhanın değişik yönlerinde farklı değerlerde olur. Şekil 3.10, bir levhanın haddelene yönünde ve haddelene yönüne dik yönde alınan deney parçalarının darbe direnci-sıcaklık eğrilerini vermektedir. A ve B deney parçaları haddelene yönünde, C ise haddelene 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 3.10. Haddelenmiş bir levhada değişik yönlerde alınmış numunelerin darbe enerjisi sıcaklık eğrileri.

Şekil 3.10, yüksek sıcaklıklarda değişik yönlerde alınmış numunelerin kırılma enerjilerinin çok farklı olabileceğini göstermektedir. Düşük sıcaklıklarda ise bu fark ihmal edilebilecek kadar azdır. Geçiş sıcaklığının belirlenmesinde değişik yönlerden alınmış deney numunelerinin kullanılması büyük sakınca yaratmaz. Ancak malzemeler nispeten yüksek sıcaklıklardaki özellikler açısından incelendiğinde, deney parçasının alındığı yönün etkisi büyüktür.

f) Diğer Etkenler: Çeliklerin darbe direncine etki eden diğer faktörler üretim yöntemi, ısıl işlem, yüzey durumu, tane büyüklüğü ve mikroyapı sayılabilir.

Üretim yönteminin etkisine en iyi örnek söndürülmemiş çelik (deoksidasyon yapılmamış) ile Al ile söndürülmemiş çelik arasındaki farktır ve söndürülmemiş çeliğin geçiş sıcaklığı diğerinden daha yüksektir.

Yüzeyleri karbürlenerek 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.

4. DENEYİN YAPILIŞI

Deney aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilir.

(a) Numuneye Çentik Açılması: Deney numunelerine standartlara uygun olarak çentik makinasıyla çentik açılır.

(b) Deney Sıcaklığı: Darbe deneyi numuneleri değişik sıcaklıklara (oda sıcaklığında, yüksek sıcaklıklarda ve sıfırın altındaki sıcaklıklarda) tabi tutulur.

Bilindiği üzere darbe değeri bazı malzemelerde sıcaklıkla değişir. Kırılma anında deney numunesinin sıcaklığı ± 2 °C'den daha fazla fark göstermemelidir. Sıfırın altındaki sıcaklıklarda deney yapıldığı zaman doğru sonuçlar elde edebilmek için şu yöntem önerilir: Derinliği yaklaşık 100 mm olan elverişli bir kabin içine sıvı (alkol, aseton) doldurulur. Kabin tabanından en az 25 mm yukarıda bir ızgara bulunur ve sıvının içine daldırılan numune, sıvının üst seviyesinden en az 25 mm aşağıda bulunmalıdır. Banyo sıcaklığını ölçmek için hangi düzenek kullanılırsa kullanılsın, deneyi yapılacak numunelerin merkezine yerleştirilmelidir. Numuneler belirlenen sıcaklıklarda en az 15 dakika tutulmalıdır. Soğutucudan çıkarılan numuneler 5 saniye içinde kırılmalıdır. 200 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda yapılan deneylerde numune bir yağ banyosuna daldırılır ve deney için belirtilen sıcaklıkta 15 dakika süre ile tutulur. 200 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda yapılan deneylerde numune bir fırında veya tuz banyosunda ısıtılır. Belirtilen sıcaklıkta ± 2 °C toleransla bir saat tutulur. Deney numunesi banyo veya fırından çıkarıldığı andan itibaren 5 saniye içinde kırılmalıdır.

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

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

5. İSTENENLER:

- 1) Değişik sıcaklıklarda yapılan darbe deneylerinde, darbe deneyi sonucunda elde edilen darbe direnci ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafik çiziniz. Elde edilen grafikten darbe geçiş sıcaklığını belirleyiniz.
- 2) Kırık yüzeylerinin incelenmesine dayanarak kırılmanın karakteri hakkında ne söylenebilir.
- 3) Gri dökme demirden hazırlanan darbe deneyi numunelerine çentik açılmasının nedeni nedir?
- 4) YMK ve HMK metallerin darbe direnci-sıcaklık ilişkilerinin farklılıklarını araştırınız.
- 5) Charpy ve İzod darbe deneyleri arasındaki farkı açıklayınız?

6. REFERANSLAR

- [1] KAYALI, E.S., ENSARİ, C., DİKEÇ, F., 1996, Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İTÜ. Kimya-Metalurji Fakültesi, Ofset Atölyesi, İstanbul.
- [2] ASM Metals Handbook, 1978, Vol 8, Mechanical Testing, Ninth Edition.
- [3] DIETER, G.E., 1977, Mechanical Metallurgy, Second Edition.
- [4] DAVIS, H.E., TROXELL, G.E., WISKOCIL, C.T., 1964, The Testing and Inspection of Engineering Materials, Third Edition.
- [6] LIDDICOAT, R.T., POTTS, P.O., 1952, Laboratory Manual of Materials Testing
- [7] TS-269-1 EN 10045-1 Metalik Malzemeler–Charpy Vurma Deneyi Bölüm 1: Deney Metodu (V-ve U- Çentikleri).
- [8] TS-269/75 Vurma Deneyi (Charpy ve Izod) Metalik Malzemedede.
- [9] BS EN 10 045-1:1990, Charpy Impact Test on Metallic Materials.
- [10] ASTM E23-96 Standart Test Methods For Notched Bar Impact Testing Of Metallic Materials.
- [11] KK 05 Şubat 1995, Sıra No: 29, Döküm Malzemelerde Darbe Deneyi, Demir ve Çelik Döküm Sanayicileri Derneği.