BARTIN ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

METALURJİ ve MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

SERTLİK DENEY FÖYÜ

Arş. Gör. Yasin ÖZGÜRLÜK

Deney Adı: Malzemelerde Sertlik Deneyi

Amacı: Malzemelerin sertliğinin ölçülmesi ve mukavemetleri hakkında bilgi edinilmesi.

1. Teorik Bilgi

Sertlik, malzemelerin plastik deformasyona karsı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Sertlik deneyleri malzeme ve imal edilmiş parçaların çabuk ve tahribatsız olarak kontrolünü sağlayan çok önemli mekanik deneylerden biridir. Teknolojide yaygın olarak kullanılan sertlik ölçme yöntemleri, numune üzerinde elde edilen kalıcı iz büyüklüğünün ölçülmesi esasına dayanan yöntemlerdir.

1.1. Deneyin Prensibi

Sertlik ölçme standart bir batıcı ucun malzemeye batırılmasına karşın malzemenin gösterdiği direnci ölçmekten ibarettir. Batıcı uçlar bilye, piramit veya koni biçiminde olup sertliği deney malzemesinin sertliğinden çok daha yüksektir. Uygun olarak seçilen batıcı uç, tatbik edilen bir yük altında malzemeye batırıldığında malzeme üzerinde bir iz bırakacaktır. Genel deyimle malzemenin sertliği, bu izin büyüklüğü ile ters orantılıdır.

1.2. Makrosertlik Ölçme Yöntemleri

1.2.1. Brinell Sertlik Deneyi

Bu deney prensip olarak sertleştirilmiş çelik veya tungsten karbürden yapılmış bir bilyenin belirli bir yük ile malzeme yüzeyine bastırılarak malzeme yüzeyinde oluşan izin çapının ölçülmesi esasına dayanır. Brinell sertlik değeri;

$$BSD = \frac{F}{A}$$

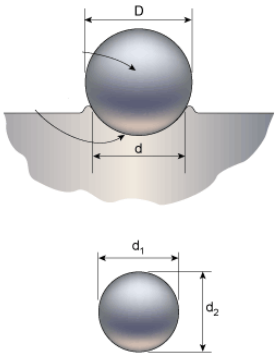
şeklinde ifade edilir.

Burada F (kg) uygulanan yük ve A(mm^2) malzeme yüzeyinde oluşan küresel alanı olup $A = \pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})$ formülü ile ifade edilir (D: Bilye çapı, d: iz çapı). Brinell sertlik değerinin birimi kg/mm^2 olarak ifade edilir. Standart deney şartlarına göre bilye çapı 10 mm ve uygulama süresi 10–15 saniye arasında değişir. Ancak bazı durumlarda çapları 10 mm'den daha küçük olan (örneğin 1.25, 2.5, ve 5 mm) bilye biçimindeki uçlarda kullanılabilir. Malzemenin üzerine uygulanacak yük değeri sertliği ölçülecek malzemenin cinsine ve bilye çapına göre seçilmektedir. d/D = 0.2 – 0.7 oranı sağlandığı

durumlarda uygulanan yük değeri doğru kabul edilir. Deneyi yükünün saptanmasında $F=CD^2$ bağıntısı kullanılır. Burada F deney yükü, C malzeme cinsine göre değişen yükleme derecesidir.

- Demir esaslı malzeme (Çelik, DD) için C=30,
- Cu ve Al alaşımlı malzeme için C=10,
- Yumuşak malzeme için C=5

Pratikte 10 mm çapındaki bilye için uygulanan yükler bakır, pirinç gibi metaller için 500 kgf, dökme alüminyum için 1500 kgf ve demir, çelik gibi sert metaller için 3000 kgf'dir.



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 taşlama yapılmış yüzeyler tercih edilebilir.
- Isıl işlem görmüş parçaların yüzeyinden talaş kaldırıldıktan sonra ölçüm yapılmalıdır.

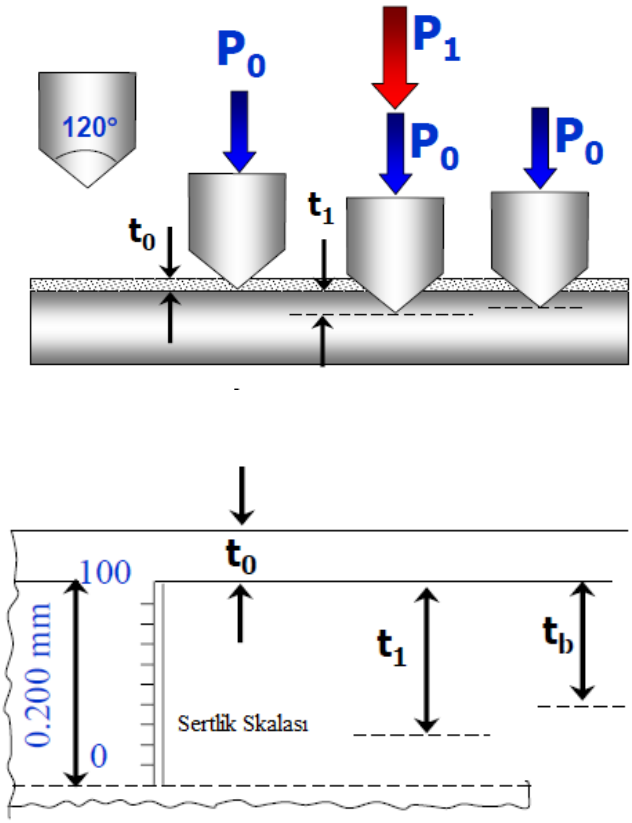
1.2.2. Rockwell Sertlik Deneyi

Bu yöntemde standart bir batıcı uç genelde 10 kg gibi küçük bir yük malzeme yüzeyine bastırılır. Oluşan izin dip noktası başlangıç noktası olarak alınır. Daha sonra yük yüksek bir değere çıkartılıp tekrar önceki değerine indirilir. Uzun batma derinliğinde meydana gelen artışa göre Rockwell sertlik değeri belirlenir. Bu yöntemde ön yük ve esas yük olmak üzere iki ayrı yük uygulanılır. Burada ön yükü uygulamadaki amaç parça yüzeyindeki düzgünsüzlüklerin ve dalma bölgesinde meydana gelecek uygunsuz deformasyonun ölçüm sonuçlarına olan etkisini ortadan kaldırmaktadır. Uygulanan yük sabit olup 10 kgf'dir. Bu yöntemde elmas koni ya da çelik bilye olmak üzere iki çeşit batıcı uç kullanılır. Bilye tipindeki batıcı uçların çapları yaklaşık 1.6mm, 3.2mm, 6.35mm ve 12,7mm olup elmas koninin tepe açısı 120° ve tepe noktası yarıçapı 0,2 mm olan bir küreden oluşmaktadır.

Rockwell sertlik değeri standart skalalardan birine göre ölçülür ve batma derinliğine karşı gelen birimsiz bir sayı ile gösterilir. Bir malzemenin Rockwell cinsinden ölçülen sertlik değeri 100 rakamını aşarsa batıcı uç olarak bilye kullanılmamalıdır. Benzer şekilde ölçülen sertlik değeri 20 rakamının altında ise batıcı uç olarak koni biçimindeki elmas uç tercih edilmemelidir. Rockwell sertlik skalalarından en fazla kullanılanları B ve C skaları olup B skalası dökme demiri, sertleştirilmiş çelik, pirinç, bronz ve alüminyum alaşımlarının sertliklerinin ölçümünde, C skalası ise sertleştirilmiş çelik ve karbürlerin sertliklerinin ölçümünde kullanılırlar. Rockwell sertlik ölçme yönteminin sağlıklı yapılabilmesi için şunlara dikkat edilmelidir:

- Yük parça yüzeyine dik uygulanmalıdır.
- Numune sağlam olarak temiz yüzeyli basma tepesine yerleştirilmelidir.
- Numunenin minimum kalınlığı kalıcı dalma derinliğinin 10 katı olmalıdır.
- Ölçüm bölgesinin numune kenarından uzaklığı iz çapının 2,5 katı olmalı ve izler arası mesafe 3 iz genişliğinde olmalıdır.

Rockwell sertlik deney prensibi şekil 1' de verilmiştir. Rockwell sertlik deneyi yapılırken numune üzerine önce 10 kg'lık bir ön yük (F_o) uygulanır. F_o ön yükünün uygulanmasıyla t_o derinliğine erişilir. Bu konum sertlik skalası için referans düzlemi olarak alınır. Ön yükün uygulanmasından sonra farklı sertlik skalaları için verilen yük miktarlarına varıncaya kadar bir ana yük (F_{ana}), yaklaşık 10 saniye süreyle numune üzerine uygulanır. Ana yük değerleri Rockwell B deneyi için 90 kg, Rockwell C deneyi için ise 140 kg'dır.

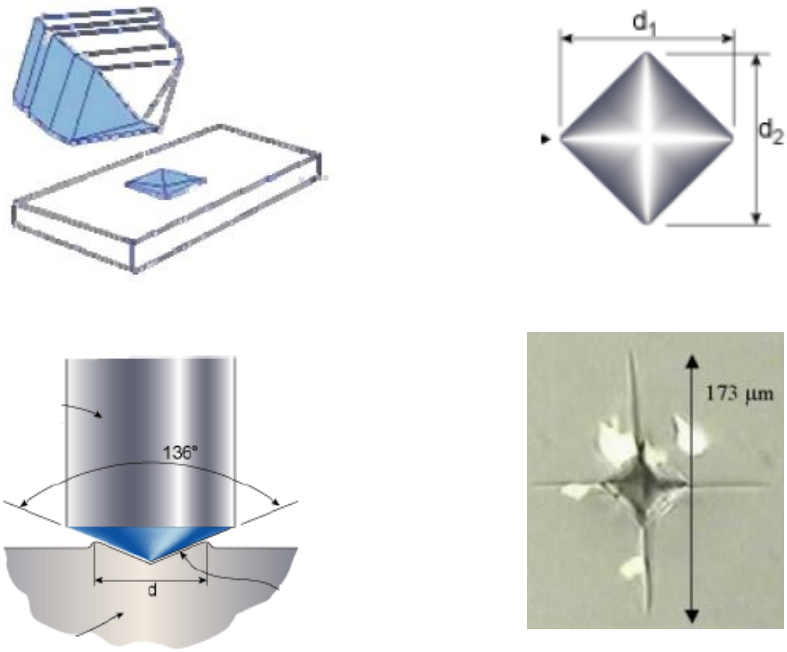


Şekil 2: Rockwell sertlik deneyi prensibi

- Ön yüklemede (10 kg) ucun t_0
- Ana yüklemede (90 kg veya 140 kg) ucun batma derinliği t_1
- Ana yük kaldırıldığında ucun batma derinliği t_b
- Rockwell sertliği (100 – t_b)

1.2.3. Vickers Sertlik Deneyi

Bu yöntem prensip olarak Brinell sertlik ölçme yöntemi ile benzerdir. Bu yöntemdeki tek fark batıcı uçtur. Vickers sertlik ölçme yönteminde 136º tepe açılı, tabanı kare olan elmas piramit batıcı uç kullanılır. Vickers sertlik ölçme deneyinin uygulanışı piramit seklindeki batıcı ucun malzemenin yüzeyine, malzemenin cinsine göre seçilen yük altında belli bir süre bastırılması sonucu oluşan izin köşegen uzunluklarının ölçülmesi seklindedir. Vickers sertlik değeri (VSD) uygulanan yükün (F) oluşan izin alanına bölünmesi anlamına gelen, $VSD\ (\frac{kgf}{mm^2}) = (1{,}8544F)/d^2$ bağıntısıyla bulunur. Burada d izin ortalama köşegen uzunluğu olup $d = (d_1 + d_2)/2$ formülü ile hesaplanır.



Şekil 3: Vickers sertlik deneyinin şematik gösterimi

Vickers sertliğinin avantajı, oldukça doğru okumalar yapması ve tüm metal ve işlem görmüş yüzeyler için sadece bir tip batıcı ucun kullanılmasıdır. Vickers sertliği metallerin yanında seramik malzemelerin sertliğinin ölçümünde de güvenilir bir sertlik ölçüm metodudur.

1.3. Mikrosertlik Ölçme Yöntemleri

Bu yöntem özellikle çok küçük numunelerin ve ince sacların sertliklerinin ölçmede elverişlidir. Karbürize veya azotla sertleştirilmiş yüzeyler ile elektrolit olarak kaplanmış malzemelerin sertlikleri de bu deneyle tespit edilir. Ayrıca metalik alaşımlarda fazların sertliklerinin tespitinde, segregasyonların ve cam, porselen gibi çok sert ve kırılgan malzemelerin sertliklerini ölçmede kullanılır.

Mikrosertlik yöntemleri Vickers ve Knoop mikrosertlik ölçme yöntemleridir.

1.3.1. Knoop Sertlik Deneyi

Bu yöntem daha çok mikro sertlik ölçümü amacıyla kullanılır. Bu yöntemde genel olarak 10-1000 kg arasında değişen yük kullanılır. Knoop sertlik ölçme deneyinde uzun köse uzunluğu kısa köşegen uzunluğunun 7 katı olan piramit seklindeki elmas uçlar kullanılır. Bu piramit ucun tepe açısı 172º'dir. Ayrıca bu ucun batma derinliği büyük köşegen uzunluğunun 1/30'u kadardır. Knoop sertlik değeri, deneyden elde edilen izin uzun köşegen uzunluğunun optik mikroskobunun mikrometresi yardımıyla ölçülerek uygulanan yükün iz alanına bölünmesiyle elde edilir. Ya da knoop sertlik değeri;

$$KSD = \frac{14{,}2F}{l^2}$$

formülü ile elde edilir.

Burada F uygulana yük, l ise uzun köşegen uzunluğunu göstermektedir.