



T.C.

**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**SERTLİK ÖLÇME DENEYİ**  
**DENEY FÖYÜ**

© Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, BURSA

## 1. DENEYİN AMACI

Mühendislik malzemeleri, tasarımda belirlenen amaç ve işlevi yerine getirebilecek özelliklere (mekanik özellikler, korozyon davranışı, ısıl ve/veya elektrik iletkenlikleri vb.) sahip olmalıdır. Bu nedenle, kullanılacak malzemenin gerekli özelliklerinin bilinmesi ve tasarım kriterlerini ne ölçüde sağlandığının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, yapılışının basit olması ve malzemeye hasar vermemesi nedeniyle malzeme üzerinde yapılan en genel mekanik deneylerden biri sertlik deneyidir. Ayrıca, bir malzemenin sertliği ile diğer mekanik özellikleri arasında paralel bir ilişki de bulunmakta ve bu sayede diğer bazı özellikler hakkında fikir edinilebilmektedir. Örneğin çeliklerde, çekme mukavemeti sertlik değeri ile orantılıdır. Dolayısıyla, yapılan basit bir sertlik deneyi sonucunda o malzemenin mukavemet değerleri hakkında da fikir edinilebilir. Bu deney kapsamında, sertlik kavramı hakkında teorik bilgi altyapısının oluşturulması, standartlaştırılmış test yöntemlerinin tanıtılması ve bunların mühendislik uygulamalarında pratiğe dönüştürülebilir bilgi birikiminin edinilmesi amaçlanmıştır.

## 2. DENEYİN ÖĞRENME ÇIKTILARI

- Malzemelerin en temel mekanik özelliklerinden olan sertlik kavramının anlaşılması
- Standartlaştırılmış test yöntemlerinin öğrenilmesi
- Amaç ve duruma uygun sertlik ölçme yöntemini seçebilme becerisi
- Sertlik ve çekme dayanımı arasındaki ilişkinin kavranması

## 3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

Sertlik izafi bir ölçü olup, malzemelerin sürtünmeye, kesilmeye, çizilmeye ve plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç olarak tarif edilir. Bilimsel anlamda ise malzemelerin dislokasyon hareketine karşı gösterdiği direnç olarak tarif edilir. Sertlik ölçme genellikle, konik veya küresel standart 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. Malzemenin sertliği, bu izin büyüklüğü ile ters orantılıdır. Sertlik ölçmeleri yapılırken kullanılan ölçme yöntemi ne olursa olsun, numunelerin üzerinde birkaç ölçüm yapıp ortalamasının alınması gerekir. Yapılan sertlik ölçümlerindeki değerler birbirinden çok farklı ise, farklı değer ortalamaya dâhil edilmeyip bu farkın varlığı

mutlaka belirtilmelidir. Ayrıca, malzeme, izin arkaya çıkmayacağı bir kalınlıkta olmalıdır. Batıcı uç, numune kenarlarına yakın bölgelere uygulanmamalı ve tekrarlı ölçümlerde iz merkezleri arası uzaklık iz boyutunun en az 3 katı olmalıdır. Deney yapılacak malzeme yüzeyi düzgün olmalı ve parlatılmalıdır.

Cisimlerin sertliğini ölçme yöntemleri üç ana gruba ayrılabilir:

1. Malzeme yüzeyini sert bir cisim ile çizerek yapılan sertlik deneyleri (Mohs skalası)
2. Malzemeye sert bir cismi kuvvet altında batırmak suretiyle yapılan sertlik deneyleri (Brinell yöntemi, Vickers yöntemi, Rockwell yöntemi, Mikro sertlik yöntemi)
3. Sert bir bilyeyi malzeme üzerine düşürmek ve sıçratmak suretiyle yapılan sertlik deneyleri (Poldi çekici ve Shore sklereskobu)

### 3.1. Mohs Skalası

Sertlik ile kırılabilirlik doğru orantılıdır. Dolayısıyla, sert maddeler herhangi bir basınç kuvveti etkisi ile kırılabilir. Minerallerin sertlikleri daha çok çizme sertliği cinsinden belirtilir. Çizme sertliği bir mineralin keskin bir köşesinin başka bir mineralin düzgün yüzünü çizme kapasitesidir ve sertlik Mohs skalasına göre belirlenir. Bu skala, Avusturyalı mineralog F. Mohs tarafından 1824'de düzenlenmiştir. Mohs skalası, sertliklerin artış sırasına göre dizilmiş olan on mineralden oluşur (Şekil 1).



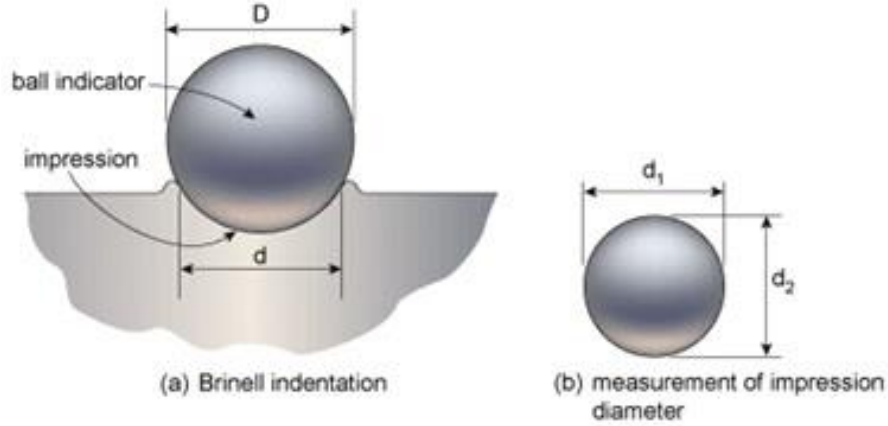
Şekil 1. Mohs skalası

### 3.2. Brinell, Vickers, Rockwell, Mikro Sertlik Yöntemleri

Sert bir cismin malzemeye batırılması ile yapılan sertlik ölçme deneyleri aşağıda verilmiştir. Bu ölçüler arasında matematiksel ilişkiler mevcut olup bir değerden diğerine geçiş yapılabilmektedir. Statik yük kullanılarak yapılan sertlik deneyleri olarak da bilinirler. Cihazlar portatif değildir, sertlik laboratuvarlarında ölçüm yapılır.

#### Brinell Yöntemi

Yüzeye belirli bir yükün, belirli çaptaki sert bir malzemedan yapılmış bir bilye yardımıyla belirli süre uygulanması sonucunda meydana gelen iz çapının ölçülmesinden ibarettir. Brinell sertlik değeri, bilye üzerine uygulanan yükün numune yüzeyi üzerinde elde edilen küresel yüzey alanına bölünerek belirlenir.



Şekil 2. Brinell yöntemi

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

Burada:

P: uygulanan yük (kg)

D: Bilye çapı (mm)

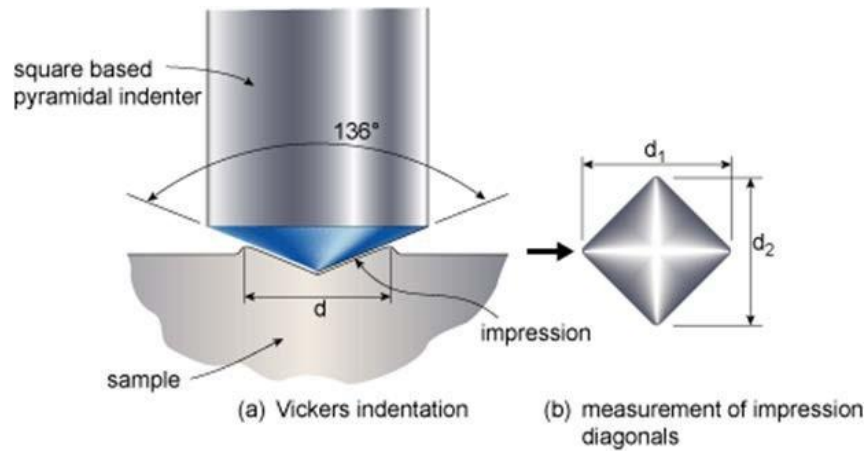
d: İz çapı  $[(d_1 + d_2)/2]$ (mm)

Batıcı uç olarak kullanılan bilyeler sertleştirilmiş çelikten imal edilmektedir. Deney sırasında bilyenin de ezilebileceğini düşünerek, çelik bilyelerle en çok 400 BSD değerine kadar sertlik ölçülmelidir. 550 BSD'ye kadar sert metal (sinter tungsten karbür) bilye kullanılarak deney

yapmak mümkündür. Daha yüksek sertliğe sahip metaller üzerinde Brinell deneyi yapmak uygun değildir. Bu durumda bilye ezilerek çapı büyür ve deformasyon geometrisinde yanlış ölçümlerin yapılmasına neden olur. Standart deneylerde genellikle 10 mm çapında çelik bilye, 300 kg yük ve 30 saniye bekleme süresi şartlarında yapılır. Diğer deney şartları için BSD işaretinin yanına bilye çapı/yük/süre sırasına göre bilgiler eklenir. Örneğin; 60BSD 5/500/30 şeklinde bir gösterimde, deneyin 5 mm çapında bir bilye üzerine 500 kg yükün 30 saniye süreyle tatbik edilmesi anlatılmaktadır. Ancak pratikte bu yükler çok büyük olduğu ve yüzeyde büyük ezilmeler yarattığı için daha küçük yük-bilye çapı birleşimleri kullanılmaktadır. Bu deneyin en önemli dezavantajı ise yük-çap birleşimleri malzemeye özel olarak seçilmesi gereğidir. Örneğin çelik bir malzemenin sertliği ölçülecekse, deneyde 2.5 mm çapında bir bilye kullanılırsa uygulanması gereken kuvvet 187.5 kg'dir. Ancak bir Al alaşımının sertliği ölçülecekse bu durumda 31.25 kg'lık bir kuvvet uygulanması yeterli olmaktadır.

### Vickers Yöntemi

Bu yöntemde, sertliği ölçülecek malzeme parçası üzerine, tabanı kare olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında batırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegen uzunluklarının ölçülmesi sağlanır. Meydana gelen iz tabanı, köşegeni  $d$  olan bir kare piramittir ve tepe açısı batıcı ucun tepe açısının ( $136^\circ$ ) aynıdır.



Şekil 3. Vickers yöntemi

$$VSD = \frac{2P \sin(\alpha/2)}{d^2} = \frac{1.8544P}{d^2}$$

Burada:

P: uygulanan yük (kg)

$\alpha$ : Tepe açısı (°)

d: Taban köşegen uzunluğu  $[(d_1 + d_2)/2]$ (mm)

Vickers sertlik deneyi ASTM E-92-72, B.S. 427, DIN 50133 ve TS 207 standartlarında tanımlanmıştır ve Vickers sertlik değeri HV veya elmas piramit sertlik deneyi anlamına gelen DPH ile sembolize edilmiştir. Vickers sertlik değeri, sembolün yanında uygulanan yükü gösteren sayısal değerler ve yükün uygulama süresini gösteren ikinci sayısal değerler ilave edilerek gösterilir. Örneğin 455 HV/30/20, 20 saniye uygulanan 30 kg yük altında ölçülen 455 Vickers sertlik değeri anlamına gelir. Yumuşak malzemelerden (5 HV sertliğinde) sert malzemelere (1500 HV sertliğinde) geniş malzeme grubunda Vickers sertlik deneyinden yararlanılır. Vickers sertlik deneyi, çok doğru sertlik değeri veren yöntemlerden biri olmasına rağmen Brinell veya Rockwell sertlik değeri kadar yaygın kullanılmamaktadır. Elmas piramit uç, geniş açığa sahip olmasından ve oluşturulan izin köşegenleri özellikle yüksek sertlikteki metallerde, izin derinliğinden yaklaşık olarak yedi kat büyük olduğundan Vickers sertlik deneyi, Brinell veya Rockwell sertlik deneyleri ile elde edilen değerden daha iyi doğruluk sağlamaktadır. Bu, Vickers izinin, Brinell izinden küçük olduğu gerçeğine de dayanmaktadır. Çok sert malzemelerin sertliğinin ölçümünde Brinell bilyenin deformasyona uğrarken normal malzemelerin sertliğinin ölçümünde bilyenin biraz elastik deformasyon meydana gelmektedir. Bununla birlikte Vickers piramitle yapılan deneylerde batıcı uç çok düşük derecelerde hasara uğramaktadır.

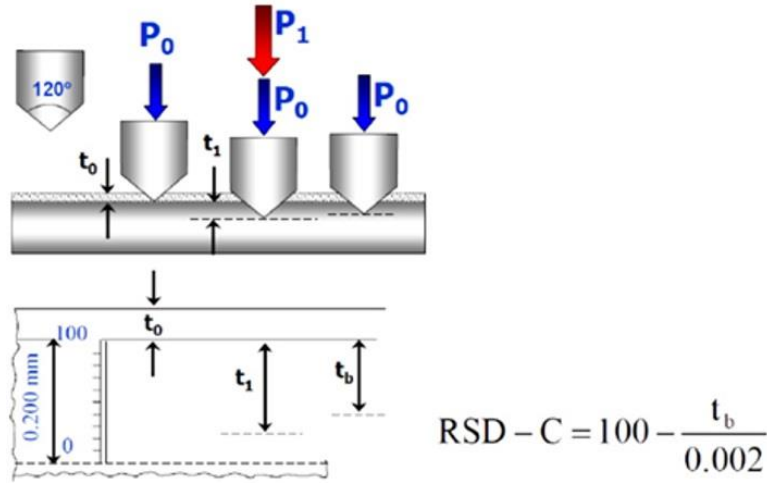
### **Rockwell Yöntemi**

Rockwell sertlik deneyi (RSD), yapılmasının çok kolay olması ve özel bir ustalık gerektirmemesinden dolayı metallerin sertlik ölçümünde en yaygın kullanılan metottur. Rockwell sertliği, batma derinliğine karşı gelen birimsiz bir sayıdır. Batıcı uç, konik uçlu veya bilye şeklindedir (Şekil 4). Yumuşak malzemeler bilye batıcı uç ile ölçülür. Çok sert malzemeler elmas konik uç ile ölçülür.



**Şekil 4.** Rockwell yöntemine ait batıcı uçlar

Rockwell sertlik ölçümünde batıcı uç, malzeme üzerine 10 kg (100 N) ön bir yükleme ile batırılır. Sonra batıcı uca ana yük uygulanarak elde edilen derinlik ölçülür. Ana yük Rockwell B (RB) için 100 kg, Rockwell C (RC) için 150 kg'dır. Bu yöntemde batma derinliği ölçüleceği için yüzey pürüzlülüğü sonuçları etkileyebilir. Bu sakıncayı gidermek için önce batıcı uç küçük bir yük (P<sub>0</sub>=ön yük) malzemeye daldırılarak alet sıfır düzeyine ayarlanır. Daha sonra toplam yükü tamamlanacak şekilde ana yük (P<sub>1</sub>) uygulanır. Son olarak ana yük (P<sub>1</sub>) kaldırılır (Şekil 5). Meydana gelen kalıcı izdeki derinlik artışı bulunarak mevcut göstergeden Rockwell sertlik değeri okunur.



**Şekil 5.** Rockwell yönteminin şematik gösterimi

Rockwell sertlik değeri boyutsuzdur. Uzun malzeme içine her 0,002 mm batışı bir sertlik değerinin 1 sayı düşmesi olarak alınır. Ön yük uygulandıktan sonra ucun konumu ile ana yük kaldırıldıktan sonra ucun konumu arasındaki batma derinliği t<sub>b</sub> olmak üzere Rockwell Sertlik Değeri-C (RSD-C) yukarıdaki formülle hesaplanabilir. Sertlik ölçümünde kullanılan batıcı ucun tipi ile uygulanan yükün değeri bir sembolle gösterilir. Bu nedenle, farklı skalalara göre, yani değişik deney

koşullarında ölçülen farklı düzeydeki sertlik değerleri RSD-A, RSD-B, RSD-C, RSD-D gibi simgelerle birlikte verilir (Tablo 1). Çok sert malzemelerin Rockwell sertliği koni biçimindeki elmas uç kullanarak 150 kg'lık yük altında ölçülür ve sonuçlar RSD-C simgesi ile belirtilir. Yumuşak malzemelerin sertliğinin ölçümünde ise batıcı uç olarak çelik bilye kullanılır ve 100 kg'lık yük altında elde edilen ölçüm sonuçları RSD-B simgesi ile gösterilir. Bir malzemenin Rockwell cinsinden ölçülen sertlik değeri 100 rakamını aşarsa batıcı uç olarak bilye kullanılması tavsiye edilmez. Çünkü çok sert malzemelerin sertliğinin ölçülmesinde batıcı uç olarak bilye kullanılması, hem bilyenin deforme olmasına hem de ölçüm hassasiyetinin azalmasına neden olur. Diğer taraftan herhangi bir skalaya göre Rockwell sertliği 20 sayısından daha düşük olan malzemelerin sertliğinin ölçülmesinde koni biçimindeki elmas uç kullanılması tavsiye edilmez.

**Tablo 1.** Rockwell sertlik skalaları

Sembolü	Batıcı Uç	Büyük Yük Kgf.	Tipik Kullanma Yerleri
B	1.6 mm (1/16 inç) bilya	100	Bakır alaşımları, yumuşak çelikler, alüminyum alaşımları, temper döküm vs.
C	Elmas konik uç	150	Çelik, sert dökme demirler, perlitik temper döküm, titan, derin olarak yüzeyi sertleştirilmiş çelik ve Rockwell B değeri 100'den daha fazla olan diğer malzeme
A	Elmas konik uç	60	Sert metaller, ince çelik ve yüzeyi ince tabaka halinde sertleştirilmiş çelik
D	Elmas konik uç	100	İnce çelik ve orta kalınlıkta yüzeyi sertleştirilmiş çelik ve temper döküm
E	3.2 mm (1/8 inç) bilya	100	Dökme demir, alüminyum ve magnezyum alaşımları, yumuşak ince sac metaller
F	1.6 mm (1/16 inç) bilya	60	Tavllanmış bakır alaşımları, yumuşak ince sac metaller
G	1.6 mm (1/16 inç) bilya	150	Fosforlu bronz berilliyumlu bakır temper dökümler

Rockwell sertlik değerinin bulunmasında kullanılan formüller;

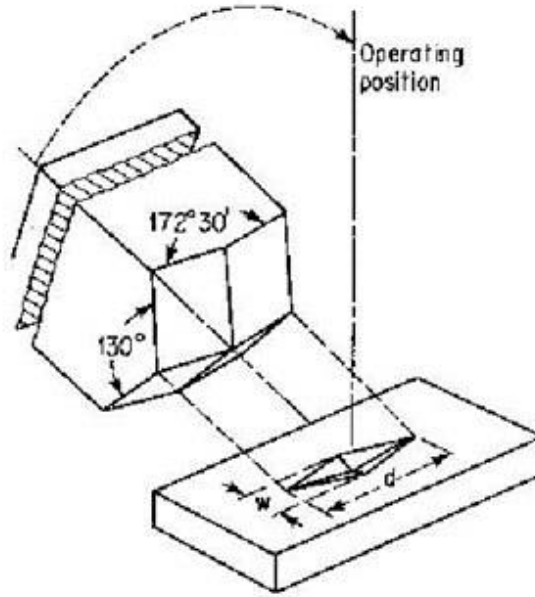
$$\begin{array}{l}
 RSD - A = \\
 RSD - C = \\
 RSD - D =
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} RSD - A = \\ RSD - C = \\ RSD - D = \end{array}} \right\} 100 - 500t \quad \text{ve} \quad
 \begin{array}{l}
 RSD - B = \\
 RSD - F = \\
 RSD - G = \\
 RSD - E =
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} RSD - B = \\ RSD - F = \\ RSD - G = \\ RSD - E = \end{array}} \right\} 130 - 500t \quad \text{şeklindedir.}$$

Burada t batıcı uçun batma derinliği (mm) dir.



## Mikro Sertlik Yöntemi

Bu deney, özellikle çok küçük numunelerin ve ince sacların sertliklerinin ölçülmesinde elverişlidir. Sertleştirilmiş ve kaplanmış yüzeylerin sertlikleri de bu yöntemle belirlenebilir. Ayrıca, malzeme içyapısında bulunan çeşitli fazların ve bölgelerin sertlikleri de bu yöntemle ölçülür. Bu yöntemde batma derinliği genellikle 1 mikronu geçmez. Mikro sertlik ölçüm cihazı hassas bir cihaz olup, kontrolü otomatik olarak yapılır. Makro sertlik ölçüm cihazlarından farkı, sistemin komple bir metal mikroskobu içermesidir. Sertliği ölçülecek numune mikroskobun tablasına oturtulur ve okülerden net görüntü alıncaya kadar tabla hareket ettirilir. Daha sonra, sertlik ölçülecek bölge seçilir ve düğmeye basılarak otomatik olarak yükleme yapılır. Böylece numune üzerinde bir iz elde edilir. İzin boyutları genellikle el ile ayarlanan bir sistemle belirlenir. Mikrom sertlik deneylerinde iki standart uç kullanılır. Bunlardan biri  $136^\circ$  tepe açısına sahip tabanı kare olan piramit (Vickers ucu) uçtur. Diğeri ise, Knoop ucu olarak bilinen  $172^\circ 30'$  lık piramit uçtur. Vickers ucu numune üzerinde kare şeklinde iz bırakırken, Knoop ucu eş kenar dörtgen şeklinde bir iz bırakır. Mikro sertlik cihazlarında genellikle 1-10.000 g arası yük değerleri kullanılmaktadır. 1 g altında yük kullanan ultra sertlik ölçüm cihazları da vardır. Öte yandan son yıllarda geliştirilen ve nano sertlik ölçüm cihazları olarak bilinen cihazlarla  $\mu\text{N}$  seviyelerinde yükler kullanılarak nm ölçüsünde iz derinlikleri de elde edilebilmektedir.



Şekil 6. Knoop yönteminin batıcı ucu ve izi

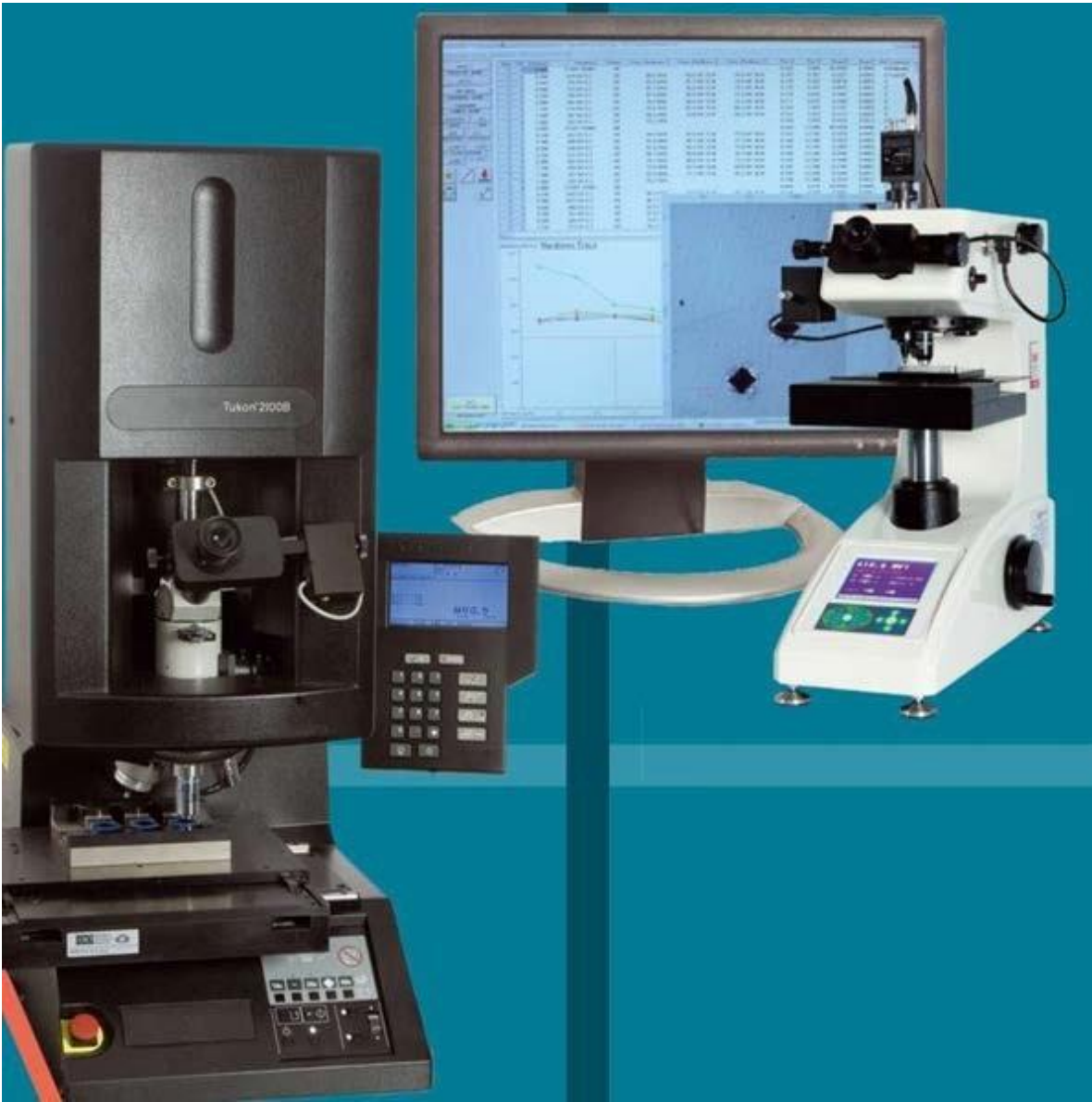
$$KSD = \frac{14.2P}{L^2}$$

Burada:

P: uygulanan yük (kg)

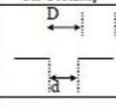


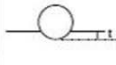
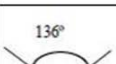

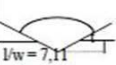

L: İz uzunluğu (mm)

Mikro sertlik ölçümü yapılacak numune yüzeyinin metalografik olarak hazırlanması gerekir. Yüzeyin temiz, parlatılmış ve genellikle dağlanmış olması istenir.



Şekil 7. Mikro sertlik ölçüm cihazları

**Tablo 2. Sertlik ölçme yöntemlerinin karşılaştırılması**

Sertlik	Sunge	Batıcı Uç	İz Şekli		Yük	Sertlik Değeri Formülü	Prensip	Uygulama
			Ön Görünüş	Üst Görünüş				
Brinell	H <sub>B</sub>	10 mm çapında çelik veya tungsten karbür bilya			500-3000 kg	$BHN = \frac{2F}{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	Uygulanan yükün, malzeme yüzeyinde oluşan izin yüzey alanına oranı, birimi genellikle kg/mm <sup>2</sup>	Dökme demir, çelikler ve demir dışı alaşımlar
Rockwell	A	R <sub>A</sub>	120°		60 kg	100-500 t	Batıcı ucun malzemeye batma derinliği	Çok sert malzemeler
	C	R <sub>C</sub>			150 kg			Yüksek mukavemetli çelikler
	D	R <sub>D</sub>			100 kg			Yüksek mukavemetli çelikler
	B	R <sub>B</sub>	1/16 inç. Çapında çelik bilya		100 kg	130-500 t		Pirinç ve düşük mukavemetli çelikler
	F	R <sub>F</sub>			60 kg			Çok yumuşak malzemeler
	G	R <sub>G</sub>			150 kg			Yumuşak malzemeler ve alüminyum
E	R <sub>E</sub>	1/8 inç çapında çelik bilya		100 kg	Yumuşak malzemeler ve alüminyum			
Vickers	HV, DPH	Elmas prantiz	136°		10-30kg	$VHN = 1,8544 \cdot \frac{F}{d^2}$	Uygulanan yükün, malzeme yüzeyinde oluşan izin yüzey alanına oranı, birimi genellikle kg/mm <sup>2</sup>	Sert malzemeler
Knoop Mikrosertlik	KHN	Elmas prantiz			25-10000 gr	$KHN = 14,2 \cdot \frac{F}{l^2}$	Uygulanan yükün, malzeme yüzeyinde oluşan izin yüzey alanına oranı, birimi genellikle kg/mm <sup>2</sup>	Yapısı oluşturan bileşenler, nitrüze edilmiş parçalar, elektrolitik kaplanmış malzemeler

### 3.3. Poldi Çekici ve Shore Sklereskobu

Şimdiye kadar incelenen sertlik ölçme yöntemleri laboratuvar tipi olup, “statik sertlik ölçme yöntemleri” olarak adlandırılır. Bu yöntemlerde numunenin sertlik ölçümü için özel olarak hazırlanması gerekir. Bazı hallerde ise parçadan numune çıkarmanın imkânı olmayabilir veya sertliğin çok büyük parçalar üzerinde ölçülmesi gerekir. Bu tipteki sertlik ölçümleri için endüstriyel tipte cihazlar geliştirmiştir. Endüstriyel sertlik ölçme yöntemleri genellikle “dinamik sertlik ölçme yöntemleri” diye anılır. Bu amaçla geliştirilen cihazları darbe etkisi ile sertlik ölçen cihazlar ve sıçrama miktarı ile sertlik ölçen cihazlar olarak iki grupta toplamak mümkündür. Birinci grupta, Brinell deneyine benzer bir yol izlenir. Ancak burada kuvvet darbe şeklinde uygulanır. Çelik bilye şeklindeki batıcı uç darbe etkisi ile yüzeyde bir iz bırakır. Bu gruptaki cihazların en tanınmış Poldi çekici sertlik ölçme yöntemidir. Bu yöntemde, sertliği bilinen bir master kullanılır. Elde edilen izin boyutları, aynı zamanda mastarda elde edilen iz ile karşılaştırılarak sertlik değeri belirlenir. İkinci grupta ise numune üzerine, belirli bir yükseklikten düşürülen küçük bir ağırlık, numune üzerinde daha çok elastik bir deformasyon yaparak geriye sıçramaktadır. Sıçrama miktarı, düşen cismin numuneye çarptıktan sonraki elastik enerji miktarı ile orantılı olup, bu durum yöntemin prensibini oluşturmaktadır. Bu açıklamaya göre, yumuşak malzemelerde sıçrama daha az, sert malzemelerde daha fazla olacaktır. Bu cihazda batıcı uç olarak sertleştirilmiş çelik bilye veya küresel elmas uç kullanılır ve bunlar düşen ağırlığın alt

yüzeyine tutturulur. Sıçrama miktarının kolay ölçülebilmesi için gösterge üzerinde hareket edebilen seyyar ibreler kullanılır. Sıçrama esasına göre çalışan cihazların en tanınmış olanı Shore Skleroskobu'dur. Bu tip cihazların en önemli avantajı, iz bırakmadan sertlik ölçmesi ve çok geniş bir yüzeyde sertlik dağılımını ölçebilme kolaylığı sağlamasıdır.

#### **4. DENEYİN YAPILIŞI**

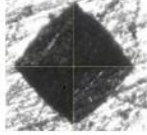
Sertliği ölçülecek numune örs üzerine yerleştirilir ve batıcı ucun uç noktasına yaklaşıncaya kadar yükseltilir. Batıcı uca yük yavaş yavaş uygulanır ve sonra yük kaldırılır. Deneyden sonra Vickers sertlik değerini bulmak için kare şeklindeki izin köşegenlerini Vickers deney cihazına ekli metalürji mikroskobu yardımıyla ölçmek gerekir; numune üzerinde meydana getirilen izin görüntüsü mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılır. Ölçme ekranındaki hareketli iki cetvel yardımıyla köşegenlerin uzunlukları 0,001 mm hassaslıkla ölçülüp ortalaması alınır. Bu ölçümden elde edilen değerler ilgili formülde yerine yazılıp hesaplama yapılarak sertlik değerine ulaşılır.

#### **5. RAPOR İÇİN İSTENENLER**

Raporu ekampüs üzerinden ulaşacağınız şablona uygun bir biçimde bir kapak sayfası ve düzenli bir içerikle aşağıdaki soruları cevaplayarak teslim edebilirsiniz.

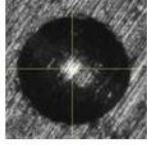
- 1) Varsayalım ki, tekrarlı ölçümlerde iz merkezleri arası uzaklık iz boyutunun en az 3 katı olmalıdır kuralını dikkate almayarak bir birine yakın mesafelerde ölçümler yaptınız. Sizce bu ölçümlerden elde edilen sonuçlar, bahsi geçen kural dikkate alınarak yapılmış ölçümlere göre nasıl değişir? Ve bu değişime sebep olan mekanik davranışı açıklayınız.
- 2) Aşağıda görmüş olduğunuz, ölçüleri verilen sertlik deneyi izlerinden gerekli formüllerden faydalanarak sertlik değerlerini belirleyiniz. (Gerekli bilgiler standartlara uygun biçimde verilmiştir.) Daha sonra hesaplamış olduğunuz sertlik değerlerini, küçük bir araştırma sonucu bulabileceğiniz sertlik dönüşüm tablolarından faydalanarak dönüştürünüz.

\*Ölçüm izlerinde "xx" ile belirtilen rakamları, öğrenci numaranızın son iki hanesi olacak şekilde alınız.



d1: 0,3xx mm  
d2: 0,350 mm  
..... VSD/30/20

..... VSD/30/20 = ..... BSD = ..... RSD-C = ..... Çekme Mukavemeti (MPa)



d1: 1,0xx mm  
d2: 1,050 mm  
..... BSD 5/500/20

..... BSD 5/500/20 = ..... VSD = ..... RSD-B = ..... Çekme Mukavemeti (MPa)

## 6. KAYNAKLAR

- [1] **Chandler, H.** (1999). *Hardness Testing, Second Edition*. USA.: ASM International.
- [2] **Pürçek, G.** (2014). *Mekanik Malzemelere Uygulanan Mekanik Deneyler (Ders Notu)*. Trabzon, TR.: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- [3] **Oran, K. & Erman, B.** (1993). *Malzemelerin yapı özellikleri, cilt II*. İstanbul, TR.: İ.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Fakültesi Matbaası.
- [4] **Kayalı, E. S.; Ensari, C. & Dikeç, F.** (1990). *Metalik malzemelerin mekanik deneyleri*. İstanbul, TR.: İ.T.Ü. Kimya Metalürji Fakültesi Ofset Atölyesi.
- [5] **Güleç, Ş. & Aran, A.** (1988). *Malzeme bilgisi, cilt I*. Gebze, TR.: TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü.
- [6] **Dieter, G. E.** (1976). *Mechanical Metallurgy, 2. Edition*. London, UK.: McGraw Hill Book Comp. Inc.