

# MALZEMELERDE SERTLİK ÖLÇME DENEYİ

## **DENEYİN ADI:**

Malzemelerde Sertlik Ölçme Deneyi

## **DENEYİN AMACI:**

Mühendislik malzemelerin sertliğinin ölçülmesi ve mukavemetleri hakkında ön fikir edinilmesi

## **DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER VE TECHİZATLAR:**

Vickers deney cihazları.

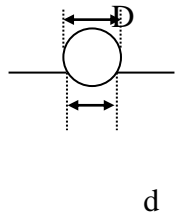
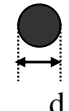
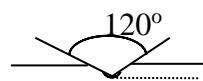



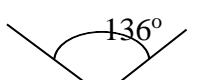
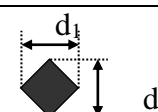
## **TEORİK BİLGİ:**


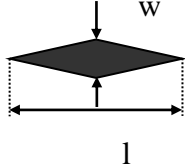
Malzemeler üzerinde yapılan en genel deney, sertliğinin ölçülmesidir. Bunun başlıca sebebi deneyin basit oluşu ve diğerlerine oranla numuneyi daha az tahrip etmesidir. Diğer avantajı ise bir malzemenin sertliği ile diğer mekanik özellikleri arasında paralel bir ilişkinin bulunmasıdır. Örneğin çeliklerde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

Sertlik izafi bir ölçü olup, malzemelerin aşınmaya, şekil değişimine ve kesmeye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir. Sertlik ölçme yöntemleri malzemenin, yüzeyine batırılan standart bir ucun batmasına karşı gösterdiği direnci belirleme prensibine dayanır. Genel anlamda, standart batıcı ucun belirli bir kuvvetle batırılması sonucu malzeme yüzeyinde oluşan iz büyüklüğü, sertlik ile ters orantılıdır. Diğer bir deyişle, sabit bir yük altında yumuşak malzemelerin yüzeyinde büyük, sert malzemelerin yüzeyinde küçük iz oluşur.

Laboratuarlarda özel cihazlarla yapılan sertlik deneyleri, kullanılan batıcı uca, uygulanan kuvvete ve iz büyüklüğünü ölçme yöntemine göre sınıflandırılmıştır. En yaygın olarak Brinel, Rockwell, Vickers ve Mikrosertlik ölçme yöntemleri kullanılmaktadır. Tablo 1'de yaygın olarak kullanılan sertlik deneyleri özetlenmiştir.

TABLO 1 Sertlik deneylerinin karşılaştırılması

Sertlik	Simge	Batıcı Uç	İz Şekli		Yük	Sertlik Değeri Formulu	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>	Elmas koni t			100-500 t	Batıcı ucun malzemeye batma derinliği	Çok sert malzemeler
	C	R <sub>C</sub>						Yüksek mukavemetli çelikler
	D	R <sub>D</sub>						Yüksek mukavemetli çelikler
	B	R <sub>B</sub>	1/16 inç. Çapında çelik bilya			130-500 t		Pirinç ve düşük mukavemetli çelikler
	F	R <sub>F</sub>						Çok yumuşak malzemeler
	G	R <sub>G</sub>						Yumuşak malzemeler ve alüminyum
	E	R <sub>E</sub>						1/8 inç çapında çelik bilya
Vickers	HV, DPH	Elmas pramit			10-30kg	$VHN = 1,8544 \cdot \frac{F}{d^2}$	Uygulanan yükün, malzeme yüzeyinde oluşan izin yüzey	Sert malzemeler

							alanına oranı, birimi genellikle kg/mm <sup>2</sup>	
Knoop Mikrosertlik	KHN	Elmas pramit	 <p>t</p> <p><math>l/w = 7,11</math> <math>w/t = 4,00</math></p>	 <p>w</p> <p>l</p>	25- 10000 gr	$KHN = 14,2 \cdot \frac{F}{l^2}$	<p>Uygulanan yükün, malzeme yüzeyinde oluşan izin yüzey alanına oranı, birimi genellikle kg/mm<sup>2</sup></p>	<p>Yapıyı oluşturan bileşenler, nitrüz edilmiş parçalar, elektrolitik kaplanmış malzemeler</p>



## VICKERS SERTLİK DENEYİ

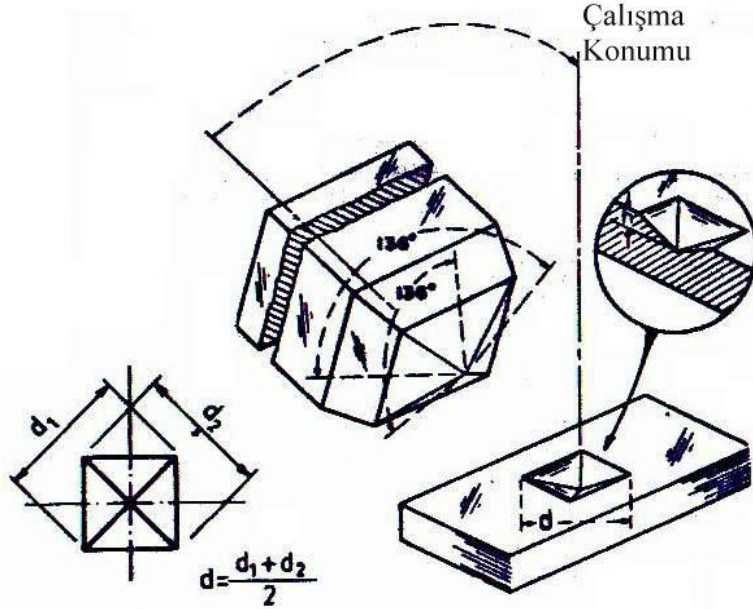
Vickers sertlik deneyinde kare tabanlı pramit üzerinde zıt yüzeyleri arasında  $136^\circ$  tepe açılı elmas pramit batıcı uç, 15 saniye uygulanan F yükü altında malzemeye batırılır (Şekil 1). Oluşan iz, taban köşegeni kare olan pramittir ve tepe açısı batıcı ucun tepe açısının aynıdır ( $\approx 136^\circ$ ). Yük kaldırıldıktan sonra malzeme yüzeyinde kalan izin iki köşegeni ( $d_1$  ve  $d_2$ ) bir mikroskop yardımıyla ölçülür ve aritmetik olarak ortalama  $d$  hesaplanır. Vickers sertlik değeri, kg olarak ifade edilen yükün  $\text{mm}^2$  olarak ifade edilen izin alanına bölümüdür;

$$HV = \frac{2 \cdot F \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} \quad (1)$$

Burada F uygulanan yük (kg),  $d$  ortalama köşegen genişliği (mm), piramit tepe açısı ve sonuç olarak;

$$HV = 1,8544 \frac{F}{d^2} \quad (2)$$

denklemini elde edilir.



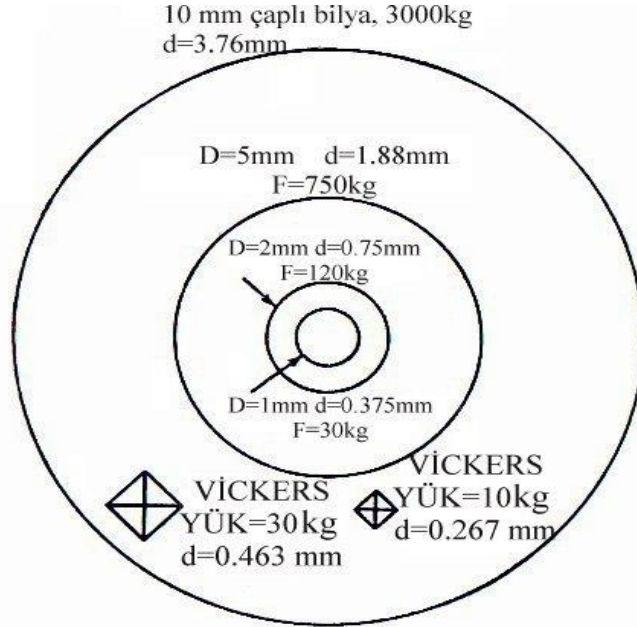
Şekil 1 Vickers Sertlik Deneyi Prensi Şeması.

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 yararlanır.

Vickers sertlik deneyi, çok doğru sertlik değeri veren yöntemlerden biri olmasına rağmen Brinell veya Rockwell sertlik değeri kadar yaygın kullanılmamaktadır. Elmas pramit

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. Şekil 2, 10 kg ile 30 kg yük altında Vickers pramit uç ve  $F/D^2=30$  eşitliğini sağlayan yüklerle çeşitli çaplardaki bilya kullanan Brinell deneyi ile oluşturulan izlerin göreceli boyutlarını göstermektedir.



Şekil 2. Yaklaşık olarak 260 HB (veya 260 HV) sertlikli çelik üzerinde oluşturulan Brinell ve Vickers izlerinin göreceli boyutları.

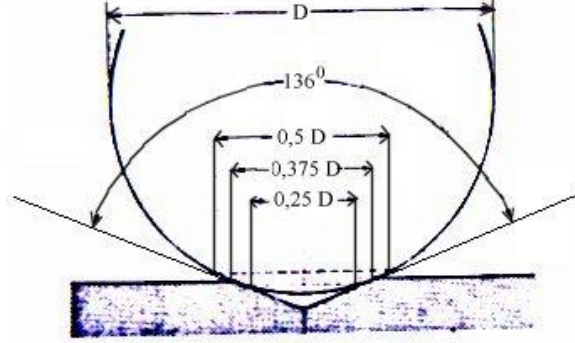
Vickers sertlik deneyinde piramit izin köşegenleri arasındaki oran uygulanan yükün değişimine rağmen sabit kalmaktadır. İlave olarak piramit baticı uçla oluşturulan izler geometrik olarak birbirlerine benzediği için Vickers sertlik değeri, çok düşük yükler hariç, homojen malzemeler için hemen hemen deney yükünden bağımsızdır. Böylece geniş aralıkta yükü değiştirmek mümkündür.

Vickers sertlik deneyleri 1 kg ile 120 kg deney yüklerinde yapılır. Pratik olarak, 5 kg veya daha yüksek yüklerin kullanımında Vickers sertlik değeri yükten bağımsız iken daha düşük deney yüklerinde Vickers sertlik değeri şekil değişimi içindeki elastik kısmın payı arttığından yüke bağımlı olabilir. Gerçekte 5 kg ile 30 kg aralığında yükler kullanılmaktadır. Çok nadiren ince malzemelerin deneyinde 1,5 kg yük kullanılır.

Vickers sertlik deneyinde oluşturulan piramit izi iş parçasını çok az miktarda hasara uğratabilir. Bu avantajlarına rağmen, Vickers sertlik deneyi, numune yüzeyinin dikkatle hazırlanması gerektiğinden, köşegen uzunluğunun belirlenmesinde kişisel hatalara izin vermesinden ve yavaş olmasından dolayı yaygın olarak kullanılmamaktadır.

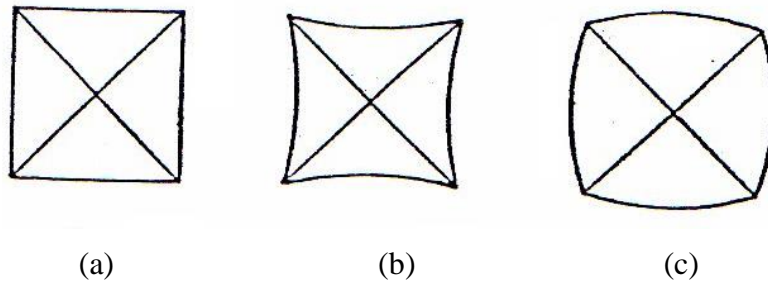
Herhangi bir skaladan elde edilen sertlik değerini diğer başka bir skalaya tam olarak dönüştürmek için genel ve mutlak metod olmamasına rağmen bazı sertlik skalalarını karşılaştırmak için pratik değerler vardır. Bunlardan biri: pratik olarak 400 HB'ye kadar olan malzemeler için Vickers sertlik değerleri ve Brinell sertlik değerleri sayısal olarak hemen hemen birbirlerine benzerdir. Bu, Şekil 10'da gösterildiği gibi  $136^\circ$  açı ilişkisinden dolayıdır (DIN 50150). Numune üzerindeki iz yüzeyi ve Brinell bilya  $136^\circ$  açının uzantısında çakışır.

Brinell sertlik deneylerinde sağlıklı sertlik değerinin elde edilmesi için  $d/D$  oranının 0,25 ve 0,5 arasındadır ve ortalama alındığında  $d=0,375D$  değeri bulunmaktadır (Şekil 3). Aynı zamanda  $d=0,375D$  değeri elmas pramit uç ile oluşan izin  $136^\circ$  konik açılı olmasını sağlayan koşuldur. Sonuç olarak elmas pramit sertlik değerleri ve Brinell sertlik değerleri hemen hemen benzerdir.



Şekil 3. Vickers ve Brinell sertlik deneyleri arasındaki ilişki.

Vickers izinin son geometrik şeklini etkileyen bir çok etken vardır. Her ne kadar Vickers izleri anahat olarak normal bir kare görünümünde olsa da, izler çoğu defa düz kenarlı olmayan bir kare görünümündedir. İz son şekli sertliği incelenecek malzemenin hem deformasyon kabiliyetine hem de toparlanmış bölgelerin dağılımına bağlıdır. Şekil 4, Vickers sertlik deneyinde karşılaşılan farklı izlerin bazılarını gösterir. Şekil 4b’de gözlenen konkav kenarlı iz, pramidin düz yüzeyleri çevresinde metalin çöküşünün sonucudur. Bu durum, soğuk deformasyon kabiliyetine sahip yani tavlanmış malzemelerde karşılaşılar. Konveks kenarlı (veya fiçi şekilli) iz (Şekil 4c), batıcı ucun yüzeyleri çevresinde metalin yığıntı veya sırt oluşturmaktan kaynaklanır. Bu, soğuk şekil verilmiş malzemelerde oluşur. Bu gibi etkiler izotropik malzemelerde meydana gelirken anizotropik malzemelerin özelliklerindeki yönsel farklılıklarının sonucu olarak Vickers izinin kare şekli dikdörtgen veya uzamış paralel kenar şekline dönüşür. Sonuçta köşegenlerin hatalı ölçümü temas alanının yanlış hesaplanmasına ve dolayısıyla sertlik ölçümünün hatalı olmasına sebep olmaktadır.



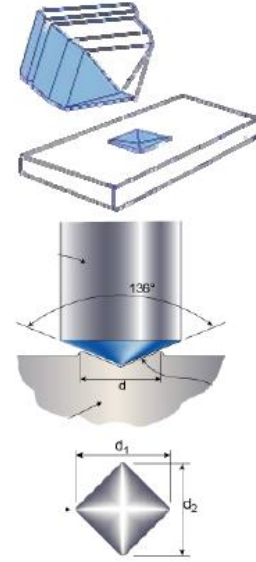
Şekil 4. Elmas Pramit İz Tipleri. (a) mükemmel iz, (b) metalin çökmesinden dolayı konkav iz ve (c) sırt oluşumundan dolayı fiçi şekilli iz.

Vickers sertlik deneyinin dairesel kesitler üzerinde yapılması durumunda izin şekil değişimleri dikkate alınarak B.S. 427 standardında verilen düzeltme faktörleri kullanılmaktadır.

## Vickers Sertlik Deneyinin Yapılışı

Vickers sertlik deneyi, geniş çubuklardan saçlara kadar her ölçüde malzeme çeşidine uygulanabilir. Genel olarak sertliği ölçülecek numunenin alt ve üst yüzeyleri yük bindiği zaman numune hareket etmeyecek veya kaymayacak şekilde düz olmalıdır. Kalınlık olarakta piramit batıcı ucun, numunenin arka yüzeyinde herhangi bir çıkıntı meydana getirmeyecek derecede kalın olması yeterlidir. Köşegenlerin uçları tam olarak görülebilmesi için izin oluşturduğu yüzey parlatılmış olması gerekir.

Sertliği ölçülecek numune örs üzerine yerleştirilir (Şekil 5) 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 metalurji 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.



Şekil 5. Vickers Sertlik Cihazı

## İSTENENLER

- 1) Endüstride kullanılan diğer sertlik ölçme yöntemleri nelerdir? Sertlik ölçme prensiplerini anlatınız?
- 2) Sertlik skalasının seçimini etkileyen parametreler nelerdir?
- 3) Bulduğunuz iş ortamında Brinell sertlik ölçme yöntemi bulunmamaktadır. Sizden muhtemel sertliği 185 HB olan bir parçanın sertliğini ölçmeniz istenmektedir. Hangi sertlik skalasını seçersiniz.
- 4) Ölçülen sertliklerin ortalama değerini ve standart sapmasını hesaplayınız. Laboratuvar koşullarında yapılan deneylerin sonuçlarını grafikte gösterip irdeleyiniz.



## REFERANSLAR

- 1) Chandler, H; Hardness Testing, Second Edition, ASM International, United States of America, 1999.
- 2) Oran, K. ve Erman, B.; Malzemelerin yapı özellikleri, cilt II, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1993
- 3) Kayalı, E.S.; Ensari, C. ve Dikeç, F.; Metalik malzemelerin mekanik deneyleri, İ.T.Ü. Kimya Metalürji Fa. Ofset Atölyesi, İstanbul, 1990.
- 4) Güleç, Ş. ve Aran, A.; Malzeme bilgisi, Cilt 1, TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Gebze, 1988.
- 5) Dieter, G.E.; Mechanical Metallurgy, 2. Edition, Mc Graw Hill Book Comp. Inc., London, 1976.
- 6) Barrett, C.R.; Nix, W.D. and Tetelman, A.S.; The principles of engineering materials, New Jersey 1973.
- 7) Fenner, A.J.; Mechanical testing of materials, George Newnes Ltd., London 1965.
- 8) Hauck, D.T.; The testing of engineering materials, Fourt Edition, Mc Graw Hill.