MAK ELEKTRONİK

Malzeme Analiz ve Kalite Kontrol Cihazları Dış Tic. Ltd. Şti.

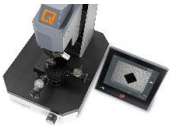
SERTLİK ÖLÇÜM NEDİR?

SERTLİK ÖLÇÜM STANDARTLARI

www.makelektronik.com.tr
www.mak-ndt.com
www.atm-m.com

ATM QUALITY ASSURED

1. Malzeme Özellikleri
   1.1. Malzeme Yapısı Ve Sertlik Arasındaki İlişki
2. Sertlik Nedir?
   2.1. Sertliğin Birimi.
   2.2. Neden Sertlik Ölçüyoruz?
3. Sertlik Ölçme Prosedürleri
   3.1. İz Sertliği (İndentation Hardness) Prosedürleri
      3.1.1. Brinell Sertlik Ölçüm Prosedürü
         3.1.1.1. Brinell Skalası, Uygulanan Yükler Ve Uclar
         3.1.1.2. Brinell Ölçümünde Uyulması Gereken Kurallar
         3.1.1.3. Brinell Sertlik Ölçümü Avantajları Ve Dezavantajları
      3.1.2. Vickers Sertlik Ölçüm Prosedürü
         3.1.2.1. Vickers Sertlik Skalası, Ölçüm Aralıkları Ve Uygulamaları
         3.1.2.2. Viclers Sertlik Ölçümünde Uyulması Gereken Kurallar
         3.1.2.3. Vickers Sertlik Ölçümü Avantajları Ve Dezavantajları
      3.1.3. Rockwell Sertlik Ölçüm Prosedürü
         3.1.3.1. Rockwell Sertlik Skalası, Ölçüm Aralıkları Ve Uygulamaları
         3.1.3.2. Rockwell Sertlik Ölçümünde Uyulması Gereken Kurallar
         3.1.3.3. Rockwell Sertlik Ölçümü Avantajları Ve Dezavantajları



1. **Malzemelerin Özellikleri**

Malzemelerin ayırt edici bazı özellikleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

- ***Fiziksel Özellikler:*** Boyut, şekil, yoğunluk…
- ***Kimyasal Özellikler:*** Kimyasal bileşim, korozyon direnci, asit - baz tepkimesi…
- ***Mekanik Özellikler:*** Mukavemet, rijitlik, elastiklik, süneklik, kırılganlık, sertlik, aşınma…
- ***Isısal Özellikler:*** Ergime noktası, ısı iletkenliği, ısıl genleşme…
- ***Elektrik ve manyetik özellikler:*** elektrik iletkenliği, manyetiklik…
- **Akustik Özellikler:** Sesi geçirmesi, sesi yansıtması, sesi emmesi…
- ***Optik Özellikler:*** Renk, ışığı yansıtması…

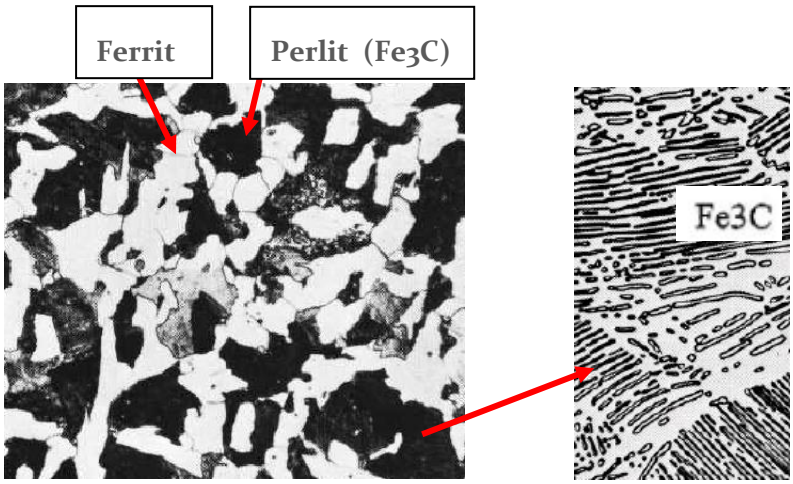
Bu özellikler arasından mekanik olan özellikler mühendislik uygulamalarında en fazla kullanılandır ve nispeten daha kolay uygulanırlar.

1.1. Malzeme Yapısı ve Sertlik arasındaki ilişki

Dağlanmış çelik numuneyi mikroskop altında incelediğimizde çeliğin düzensiz yapısını görebiliriz.

Yapının her bir bileşeni ayrı kompozisyona sahiptir ve dolayısıyla farklı fiziksel özellik gösterecektir.

Şekil 1. Düşük alaşımlı çelik malzemede mikro yapı görüntüsü



Kafes yapısındaki atomik paketlenme yoğunluğu ve atomlar arası bağ kuvveti malzemenin sertliği ile yakından ilişkilidir.
Kimyasal bağ kuvvetlerinin kristal yapıya olan etkisini Mohs Skalasında görebiliriz.

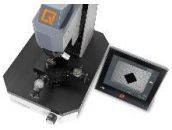
Tablo 1. Mohs Sertlik Skalası referans mineralleri ve Kristal Yapıları

Sertlik	Mineral	Formülü	Mutlak Sertlik	Resim	Kristal Kafes Tipi
1	Talk	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	1		Monoklin kafes
2	Jips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2		Monoklin kafes
3	Kalsit	$(CaCO_3)$	9		Trigonal ya da heksagonal kafes
4	Fluorit	CaF_2	21		Kübik Kafes (iyonik bağlı)

MAK ELEKTRONİK
Malzeme Analiz ve Kalite Kontrol Cihazları Dış Tic. Ltd. Şti.

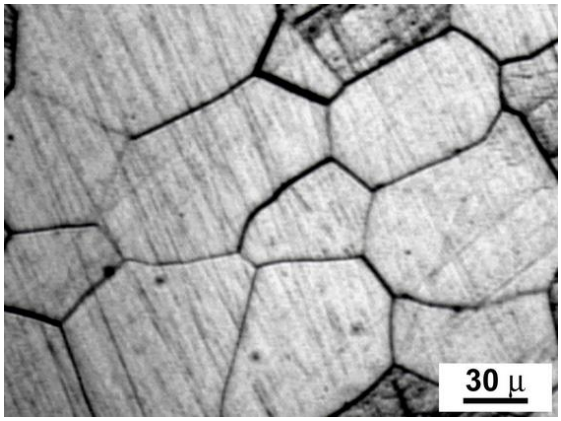
QATM QUALITY ASSURED

Sertlik	Mineral	Formülü	Mutlak Sertlik	Resim	Kristal Kafes Tipi
5	Apatit	$Ca_5(PO_4)_3(OH\text{-},Cl\text{-},F^-)$	48		Trigonal ya da heksagonal kafes (iyonik bağlı)
6	Ortoklas	$KAlSi_3O_8$	72		Monoklin kafes (SiO_4 yapılı)
7	Kuvars	SiO_2	100		Trigonal ya da heksagonal kafes (SiO_4 yapılı)
8	Topaz	$Al_2SiO_4(OH\text{-},F\text{-})_2$	200		Ortorombik kafes (valans bağı)
9	Yakut ve ya Safir	Al_2O_3	400		Trigonal ya da heksagonal kafes (valans bağı)
10	Elmas	C	1500		Kübik Kafes (valans bağı)

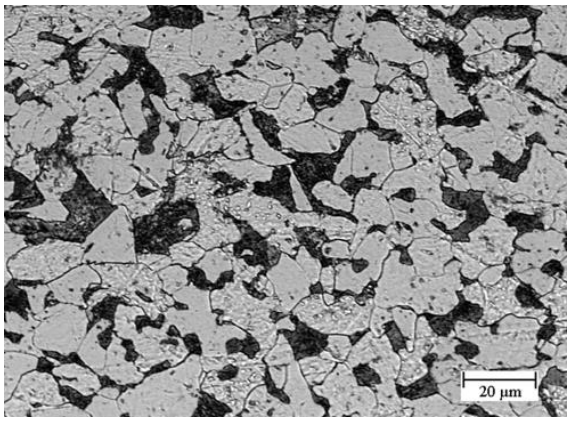


Metalin sertliği tane boyutuna da bağlıdır. Malzeme ne kadar küçük taneli olursa sertlik değeri o oranda büyür.

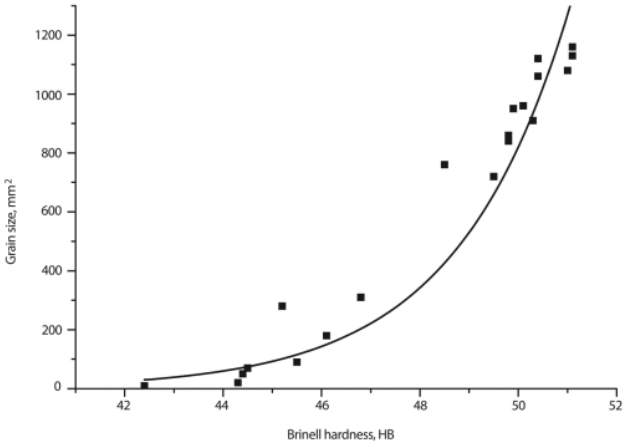
Şekil 2. Düşük alaşımlı çelik malzemede büyük tane yapısı.

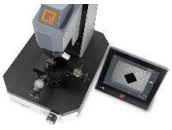


Şekil 3. Düşük alaşımlı çelik malzemede küçük tane yapısı.



Şekil 4. Tane boyutu ile bakır malzemenin sertliği arasındaki ilişki





2. Sertlik Nedir?

Sertlik izafi bir ölçü olup, mekanik olarak (batma, sürtünme, çizme ve kesme) malzeme üzerinde oluşturulan iz veya aşınmanın neden olduğu lokal plastik deformasyona karşı direncin bir ölçüsüdür.

Bazı malzemeler göreceli olarak diğerlerinden daha sert ve ya yumuşaktır.

Örneğin:

Çelik > Alüminyum > Bakır

Daha Sert ⟷ Daha Yumuşak

Birçok endüstriyel ürün sertlik özelliklerini geliştirmek için ısıl işlem görmektedir, Örneğin; aşınma direncini arttırmak için.

2.1. Sertliğin Birimi

Sertlikte elde edilen değerler SI birimlerinde fiziksel niceliklerdir.
Örneğin Brinell sertlik değerini N/mm2 olarak belirtmek doğru değildir çünkü küresel uçta basınç dağılımı üniform değildir.

<u>Fiziksel değerlerin özellikleri:</u>

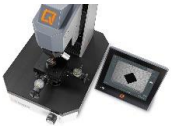
- Bir oran belirtirler: 2 değer ya eşit ya da eşit değildir.
- Toplama, Çıkarma: aynı tipte 2 değer toplanıp ya da çıkarıldığında yeni bir değer elde edilir.
- Çarpma: pozitif bir sayı ile çarpıldıklarında yeni değer elde edilir.

<u>Sertlik ölçüm değerinin özellikleri</u>

- Tek kural vardır: 50 HRC > 20 HRC
- 100 HB + 200 HB
- Burada sertlik 300 HB olmaz çünkü sertlik skalası lineer değildir.
- 3 X 300 HV
- Burada sertlik 300 HV'nin 3 katı değildir çünkü sertlik skalası lineer değildir.

<u>Doğru</u>
50 g = 50 X 1 g
g ölçümün birimidir

<u>Yanlış</u>
500 HV = 500 X 1 HV
HV ölçüm işleminin sembolüdür ancak ölçümün birimi değildir.



2.2. Neden Sertlik Ölçüyoruz?

Sertliğin iş parçalarının en belirleyici özelliklerinden biri olması nedeniyle, bu iş parçalarının sertliğini kanıtlamak önemlidir. Malzemenin, metallerin, parçaların veya bileşenlerin kalitesini sağlamak için sertlik karakteristiği test edilmeli ve belgelenmelidir.

Belgeleme, üretim sürecinin düzgün olduğunu kanıtlamak için önemlidir. - Özellikle sermaye hasarı veya kaybı durumunda yasal konularla ilgili kullanılabilmektedir.

Hedef sertlik değerleri, yeni ürünler geliştirilirken mühendislik bölümü tarafından tanımlanır. Örneğin: güvenlikle ilgili parçalar için kritik özellikler olarak.

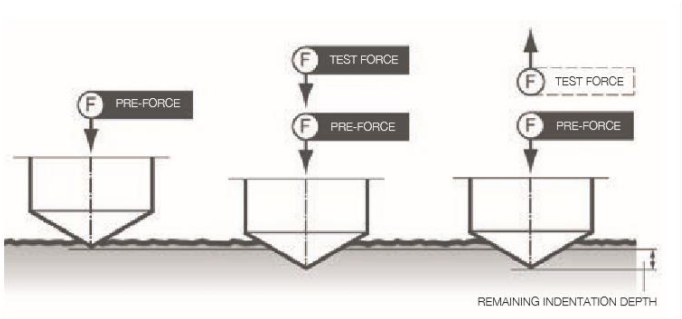
Üretim sürecinde, hedef sertlik değerlerine özgü toleransların belirlenmesi, bileşenin ve üretim işleminin kalitesinin iyi olup olmadığından emin olunmasına olanak sağlar.

3. Sertlik Ölçme Prosedürleri

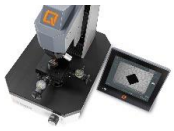
Üç ana klasik sertlik ölçümü tipi bulunmaktadır. Bunlar iz (indentation), çizik (scratch) ve geri tepme (re-bound) yöntemleridir. Bu ölçüm sınıflarının her birinde kendilerine has ölçüm skalaları vardır. Bu yazımızda iz (indentation) sertlik ölçüm yöntemlerini detaylandıracağız.

İz sertliği, keskin bir cisimden gelen sabit sıkıştırma yükü nedeniyle bir numunenin malzeme deformasyonuna direncini ölçer. En çok bilinen skalalar: Rockwell, Vickers, Brinell, Knoop

Şekil. 5 Vickers Sertlik Ölçümü



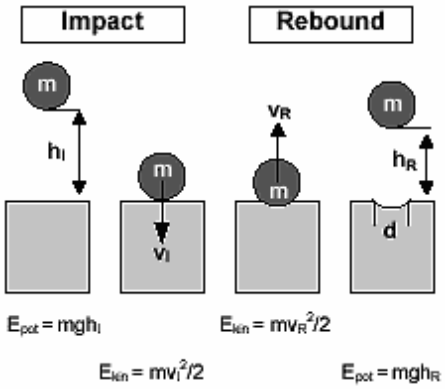
Çizilme sertliği, bir numunenin keskin bir nesneden kaynaklanan sürtünmeden dolayı kırılmaya veya kalıcı plastik deformasyona ne kadar dirençli olduğunun ölçüsüdür. Skala: Mohs sertliği (mineraloji)

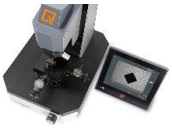


Şekil 6. Çizilme testi için kullanılan birbirlerinden farklı sertliklerde çubuklar.

Geri tepme sertliği, Dinamik sertlik olarak da bilinen geri tepme sertliği, elmas uçlu bir kırıcının sabit bir yükseklikten bir malzemeye düştüğü "sıçrama" yüksekliğini ölçer. Bu sertlik tipi esneklik ile ilgilidir. En çok bilinen skalalar: Leeb, Bennet

Şekil 7. Leeb Sertlik Ölçümü





3.1. İz Sertliği (İndentation Hardness) Prosedürleri

Sertlik izafi bir ölçü olup batmaya, sürtünmeye, çizmeye, kesmeye ve plastik deformasyona karşı direnç olarak tarif edilir. Sertlik ölçümlerindeki değer malzemenin plastik deformasyona karşı gösterdiği dirençtir.

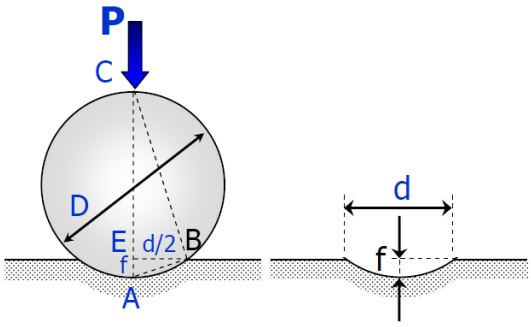
İz sertliği (İndentation HArdness) ölçme konik veya küresel standart bir ucun malzemeye batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği direnci ölçmekten ibarettir. Seçilen uç bir yük altında malzemeye batırıldığı zaman malzeme üzerinde bir iz bırakır. Malzemenin sertliği bu iz ile ters orantılıdır.

İz sertliği (indentation hardness) Optik yöntemler ve derinlik yöntemleri.
Olarak iki ana prosedür ayrılır.

3.1.1. Brinell Sertlik Deneyi (BSD, HB)

Malzeme üretimi ve yumuşak malzemeler için en iyi yöntemdir. Brinell EN ISO 6506 standardına göre uygulanmaktadır.

Farklı çaplardaki bilyaların malzeme yüzeyine sabit yüklerle uygulanmasıyla iz oluşturulur. Lens sistemi ile oluşturulan izin çapı ölçülür ve standartlara uygun olarak hesaplanır.



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

P : Kg cinsinden uygulanan yük
D : mm cinsinden bilya çapı
d : mm cinsinden izin çapı

Standart deney şartlarında bilya çapı 10 mm, uygulanan yük 3000 kg, tatbik süresi 10-15 saniye kadardır. Diğer deney şartları için BSD değerinin altına test şartları yazılır.

5 mm çapında bir bilya üzerine 125 kg'lık bir deney yükü ile bastırılınca bulunan Brinell sertlik değeri, 10 mm çapındaki bilya üzerine 500 kg'lık deney yükünün bastırılması ile bulunan değere yakın sonuçlar bulunur

$$\frac{P}{D^2} = \frac{125}{5^2} = \frac{500}{10^2} = 5$$

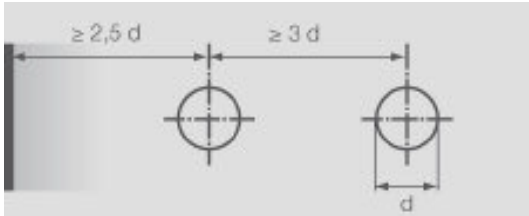
10 mm standart ölçü bilyesinin dışındaki bilye çapları 5 ve 2,5 mm'dir.

Teknolojideki gelişmeler ile birlikte yükleme ve ölçümü tam otomatik bir şekilde operatörden bağımsız olarak yapabilen cihazlar popüler hale gelmiştir.

ATM QNESS GMBH firması ürünü Q250 / 750 / 3000 EVO serisi Brinell testini standartlara uygun olarak yüksek hassasiyette yapan en güvenilir ve hassas cihazdır.

3.1.1.1. Brinell Deneyi için Numune Şartları

- Test edilecek parçanın kalınlığı meydana gelen iz derinliğinin 8 katından az olmamalıdır.
- İz merkezinin, numune kenarından olan uzaklığı iz çapının en az 2,5 katı ve en yakın iki izin merkezleri arasındaki uzaklık iz çapının en az 3 katı olmalıdır.



- Numene yüzeyi parlak ve düzgün olmalıdır.
- Kalıcı iz çapı 0,2D'den küçük ve 0,7D'den büyük olmamalıdır:

$$0{,}2D < d < 0{,}7D$$

- İz çapı (d) en az 0,02 mm hassasiyetle ölçülmelidir. İz tam dairesel değilse birbirine dik doğrultudaki çaplar ölçülüp, ortalaması alınmalıdır.

3.1.1.2. Brinell için Skalalar, aralıklar ve uygulanabilir malzemeler

Material	Procedure	Indenter Carbide ball	Test force	Force factor	Hardness range HBW
Cast steel Cast iron	HBW 1/30 HBW 2,5/187,5 HBW 5/750 HBW 10/3000	1 mm 2,5 mm 5 mm 10 mm	30 kp 187,5 kp 750 kp 3000 kp	30	95 - 653
Non ferrous metal Copper / Aluminium Copper alloy Aluminium alloy	HBW 1/10 HBW 2,5/62,5 HBW 5/250 HBW 10/1000	1 mm 2,5 mm 5 mm 10 mm	10 kp 62,5 kp 250 kp 1000 kp	10	32 - 218
Light alloy Copper / Aluminium Copper alloy Aluminium alloy	HBW 1/5 HBW 2,5/31,25 HBW 5/125 HBW 10/500	1 mm 2,5 mm 5 mm 10 mm	5 kp 31,25 kp 125 kp 500 kp	5	16 - 110
Light alloy lower 35 HB	HBW 1/2,5 HBW 2,5/15,63 HBW 5/62,5 HBW 10/250	1 mm 2,5 mm 5 mm 10 mm	2,5 kp 15,63 kp 62,5 kp 250 kp	2,5	8 - 35

62 HBW(BSD) 5/500/30

- 30 saniyede batırılmış
- 500 kg yük uygulanmış
- 5 mm bilya çapı

3.1.1.3. Brinell Deneyi Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları

- Kuvvet faktörleri nedeniyle farklı Brinell yöntemi ölçekleri karşılaştırılabilir (30 / 10/ 5 / 2,5)
- Yüzey kalitesi çok önemli değildir.
- Geniş iz boyutundan dolayı daha tutarlı sonuçlar (homojen olmayan malzemelerde dahi)

Dezavantajları

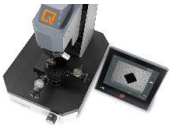
- Sert malzeme testi mümkün değil
- Malzemenin deformasyonu sonucu etkileyebilir (iyi aydınlatma sistemi gereklidir)
- Özellikle Rockwell ile karşılaştırıldığında uzun çevrim süreleri

3.1.2. Vickers Sertlik Deneyi (VSD, HV)

Brinell sertlik deneyi, sertliği çoğunlukla 65-450 arasında olan yumuşak çelik veya yapı çeliğinin muayenesinde kullanılır. Malzeme daha sert olunca deneyde kullanılan çelik bilyanın şekil değişimi de önem kazanır. Bu nedenle daha değişik yöntemler kullanmak gerekir. Bunların en önemlisi Vickers sertlik deneyidir.
Vickers yöntemi EN ISO 65068 standardına göre uygulanmaktadır.

Bu yöntemde metal yüzeyine batıcı olarak kare kesitli ve tepe açısı 136° olan elmas piramit bir uç kullanılır. 10 g ve 120 kg arasındaki yükler uygulanabilir. Bu sayede mikroyapı içinde tane içi sertlik ölçümünde kullanılabileceği gibi 120 kg yük uygulanarak ağır iş parçaları içinde kullanılan bir yöntem olarak da karşımıza çıkabilir.

Meydana gelen iz, taban köşegeni (d) olan kare piramittir ve tepe açısı 136 °. Vickers sertlik değeri, kg olarak ifade edilen deney yükünün (mm2) olarak ifade edilen iz alanına bölümüdür. Geometrik yolla yapılan hesap neticesinde Vickers sertlik değeri bulunur.



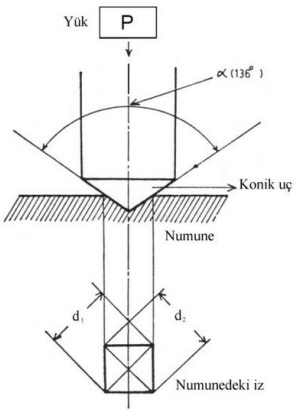
$$VSD = \frac{2P\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2} \qquad VSD = \frac{1.854 \times P}{d^2}$$

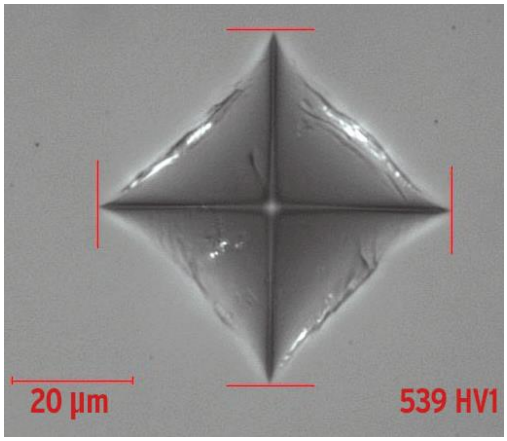
P : Kgf cinsinden uygulanan yük
α : tepe açısı = 136 °
d : taban köşegeni

Numune üzerinde meydana getirilen izin görüntüsü mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılır.

Piramidin bıraktığı izin köşegeni (d), her iki köşegen uzunluğunun milimetrenin 1/1000'i duyarlılıkta mikroskopla ölçülmesi ve ortalamasının alınması ile tespit edilir.

Şekil 8. Vickers sertlik ölçüm izi





Son yıllarda bu işlemler için manuel cihazların yerini kullanıcıya minimum iş bırakan otomatik ölçüm sistemli cihazlar almaktadır. ATM QNESS GMBH firması ürünü Q10 /Q30 / Q60 CHD MASTER serisi bu işlemleri seri ve tekrarlanabilirliği yüksek olarak yapabilen kaliteli bir üründür.

Şekil 9. ATM QNESS firması ürünü Q10CHD MASTER modeli otomatik vickers sertlik ölçüm cihazı

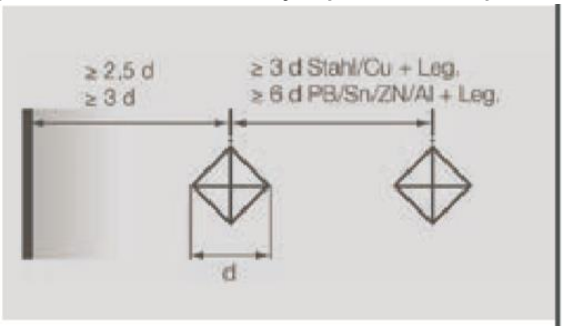
Yumuşak malzemelerden, çok sert malzemelere kadar geniş bir kullanım aralığı mevcuttur.
Geniş çubuklardan saçlara kadar her ölçüde malzemeye uygulanabilir.
Uygulama süresi 10-15 saniyedir.

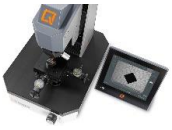
Gösterim şekli: 550 VSD/30/15; deney yükünün 30 kgf, uygulama süresi 15 saniye ve Vickers sertliğinin 550 olduğunu gösterir.

3.1.2.1. Vickers Deneyi için Numune Şartları

- Köşegenlerin uçlarını tam olarak görebilecek şekilde parlatılmış olmalıdır.
- Vickers ölçümünde 2 izin merkezinin uzaklığı çelik ve bakır alaşımlarında iz köşegenin en az 3 katı, Pb, Sn, Zn ve Alüminyumda en az 6 katı olmadır.
- Vickers ölçümünde izin merkezinin ölçülen malzemenin kenar ya da köşe noktasına uzaklığı; çelik malzemelerde iz köşegeninin en az 2,5 katı, Pb, Sn, Zn ve Alüminyumda en az 3 katı olmalıdır.

Şekil 10. Vickers deneyi için numune şartları



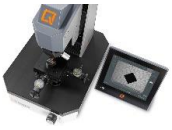


Malzeme	Numune köşesine olan uzaklık	İki ölçüm noktası arası uzaklık
Çelik, Bakır	≥2,5d	≥3d
Pb, Sn, Zn, Al	≥3d	≥6d

3.1.2.2. Vickers için Skalaar, aralıklar ve uygulanabilir malzemeler

Range	Short symbol	Indenter	Test force	Remarks	Range
Micro hardness range Micro hardness range Micro hardness range	HV 0,01 HV 0,02 HV 0,05	Diamond pyramid 136°	0,01 kp 0,02 kp 0,05 kp	Structural constituents very thin layer thin components	10-3000 HV
Micro hardness range Low force hardness r. Low force hardness r.	HV 0,1 HV 0,2 HV 0,3	Diamond pyramid 136°	0,1 kp 0,2 kp 0,3 kp	Small components thin sheets Row measurement	10-3000 HV
Low force hardness r. Low force hardness r. Low force hardness r.	HV 0,5 HV 1 HV 2	Diamond pyramid 136°	0,5 kp 1 kp 2 kp	Small components thin sheets bedded samples	10-3000 HV
Low force hardness r. Conventional range Conventional range	HV 3 HV 5 HV 10	Diamond pyramid 136°	3 kp 5 kp 10 kp	conventional components	10-3000 HV
Conventional range Conventional range Conventional range Conventional range	HV 20 HV 30 HV 50 HV 100	Diamond pyramid 136°	20 kp 30 kp 50 kp 100 kp	conventional components	10-3000 HV

Bu liste Vickers yöntemi için mümkün olan yükleri göstermektedir.
Yöntem adı açıklaması:
e.g.: “HV10”
HV…… Vickers sertliği
10…… kg test yükü



3.1.2.3. Vickers Deneyi Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları

- Çok geniş kullanım alanı
- Neredeyse tahribatsız muayene yöntemi olarak kullanılabilir.
- Farklı batıcı uçlara ihtiyaç duyulmamaktadır.

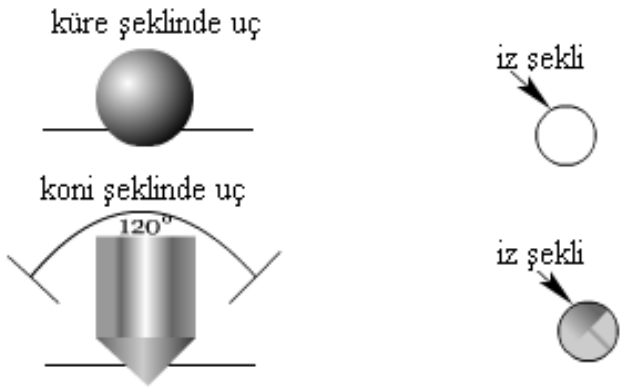
Dezavantajları

- Test yükleri azaldıkça ihtiyaç duyulan yüzey kalitesi artar bu nedenle numune hazırlama aşamaları için zaman kaybı artar.
- Çok iyi bir optik sistem ve hesaplama için yazılıma ihtiyaç duyulur. Fakat otomatik sistemler ile bu dezavantaj bertaraf edimektedir. QNESS GMBH ürünü Q10M serisi sertlik ölçüm cihazları ile tekrar edilebilirliği en iyi olan sonuçlar elde edilebilmektedir.
- Rockwell ile karşılaştırıldığında daha uzun çevrim süreleri bulunmaktadır.

3.1.3. Rockwell Sertlik Deneyi (RSD, HR)

Rockwell sertlik deneyi (RSD), yapılmasının çok kolay olması ve özel bir ustalık gerektirmemesinden dolayı metallerin sertlik ölçümünde en yaygın kullanılan metottur. Rockwell deneyi için kullanılan batıcı uçlar belirli çaplarda çelik bilyalarla, konik elmas uçlardır. Rockwell sertlik değeri daima sembol harfle birlikte belirtilir. Bu harf batıcı ucun tipini, kullanılan yükün miktarını ve kadran üzerinde okunacak bölümü belli eder.

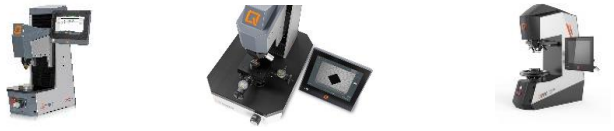
Şekil 11. Rockwell Sertlik ölçüm izi



Bu yöntemde batma derinliği ölçüleceği için yüzey pürüzlülüğü sonuçları etkileyebilir.

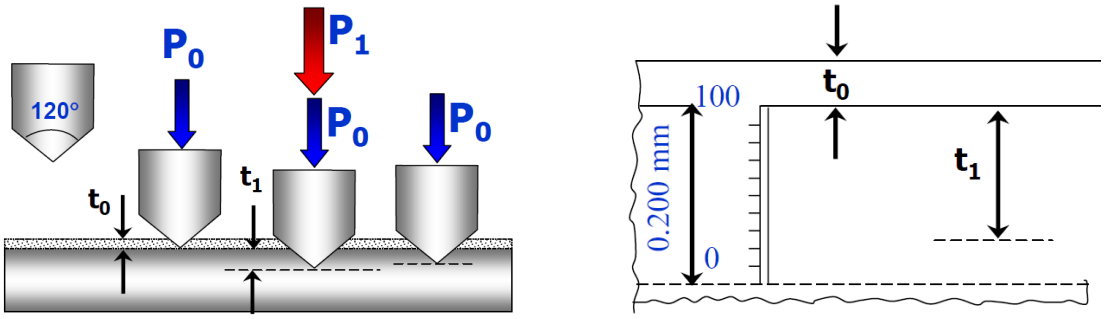
Bu sakıncayı gidermek için önce batıcı uç küçük bir yükle (P0= ön yük) malzemeye daldırılarak alet sıfır düzeyine ayarlanır.

Daha sonra toplam yüke tamamlanacak şekilde ana yük (P1) uygulanır.



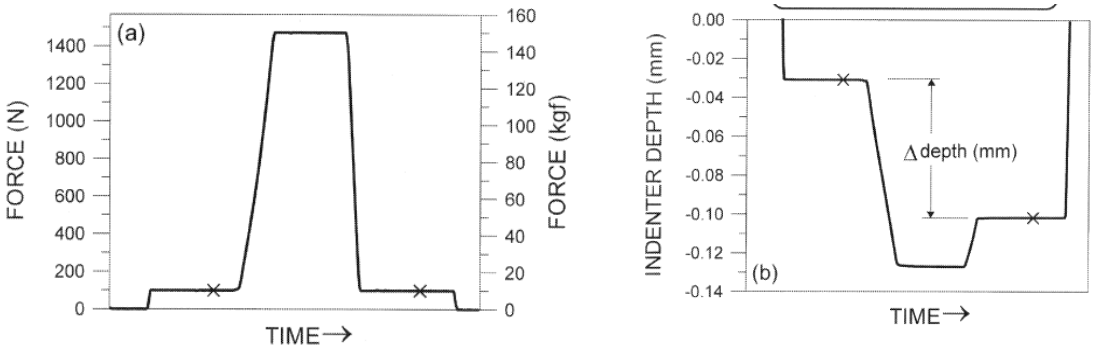
Son olarak Ana yük (P1) kaldırılır. Meydana gelen kalıcı izdeki derinlik artışı bulunarak mevcut göstergeden Rockwell Sertlik değeri okunur.

Şekil 12. Rockwell Sertlik Ölçüm Prosedürü



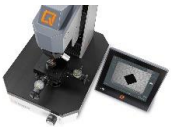
Rockwell Sertlik değeri boyutsuzdur. Ucun malzeme içine her 0.002 mm batışı bir sertlik değerinin düşmesi olarak alınır.

Şekil 13. Bu iki grafik uygulanan yük ve zaman ile iz derinliği ve zaman arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

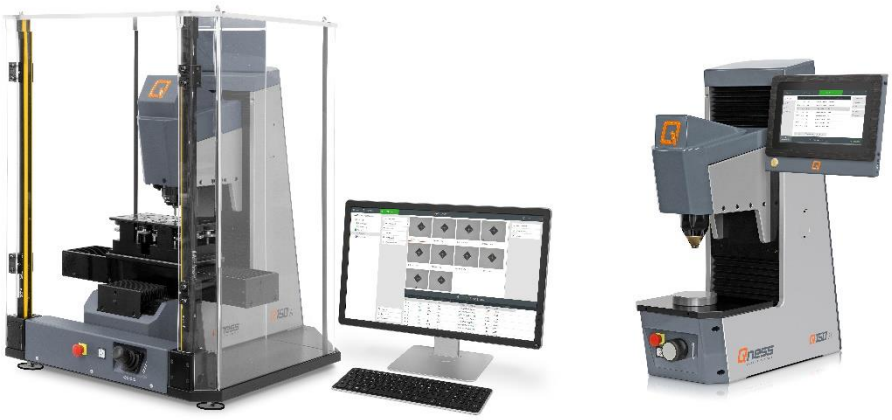


Diğer yöntemlerde olduğu gibi Rockwell yönteminde de son yıllar da otomatik cihazlar kullanıcı hatalarını en aza indirmek için tercih edilmeye başlanmıştır.

ATM QNESS GMBH firması ürünü Q150R modeli otomatik ve tekrarlanabilirliği yüksek şekilde Rockwell Skalasının tüm yöntemlerini uygulayabilmektedir. Ayrıca Q150A modeli Jominny testine seri ve kullanıcıdan bağımsız bir şekilde uygulayabilmektedir.



Şekil 14. Q150A ve Q150R model Rockwell sertlik ölçüm cihazı

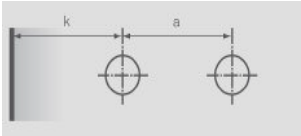


3.1.3.1. Rockwell Deneyi için Numune Şartları

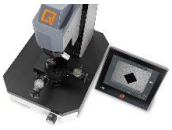
- Kullanılan yönteme göre iki ölçüm arası uygulanması gereken mesafe farklılık gösterebilmektedir. Buna göre A, B, C ve F yöntemi için bu mesafe en az 3 mm, N yöntemi için en az 1mm, T yöntemi için en az 2 mm dir.

- Yine benzer şekilde kullanılan yönteme göre numunenin kenarı ile ölçüm noktası arasındaki mesafe farklılık göstermektedir. Buna göre A, B, C ve F yöntemi için bu mesafe en az 3 mm, N yöntemi için en az 1 mm, T yöntemi için en az 2 mm dir.

Şekil 15. Rockwell ölçümünde uyulması gereken kurallar



Yöntem	Numune köşesine olan uzaklık (k)	Baskı mesafesi (a)
A,B,C,F	3 mm	3 mm
N	1 mm	1 mm
T	2 mm	2 mm



3.1.3.2. Rockwell için Skalaar, aralıklar ve uygulanabilir malzemeler

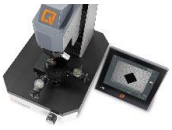
Birçok farklı skala, farklı yük ve çeşitli uç kombinasyonlarının kullanımıyla en sertten en yumuşağa kadar tüm metal ve alaşımların sertliğinin tayin edilmesine olanak sağlar.

En çok uygulanan Rockwell yöntemleri HRC, HRB ve HRA dır.

Tablo 2. Farklı Rockwell yöntemleri için uygulan yük, uc ve ölçüm aralıkları

Short symbol	Indenter	Pre-force F	Additional test force F	Total test force F	Application range
HRA HRB HRC	Diamond cone Ball 1,587 5 mm Diamond cone	98,07 N 98,07 N 98,07 N	490,3 N 882,6 N 1,373 kN	588,6 N 980,7 N 1,471 kN	39 - 86 HRA 2 -105 HRB 20 - 68 HRC
HRD HRE HRF	Diamond cone Ball 3,175 mm Ball 1,587 5 mm	98,07 N 98,07 N 98,07 N	882,6 N 882,6 N 190,3 N	980,7 N 980,7 N 588,6 N	40 - 77 HRD 46 - 100 HRE 28 - 115 HRF
HRG HRH HRK	Ball 1,587 5 mm Ball 3,175 mm Ball 3,175 mm	98,07 N 98,07 N 98,07 N	1,373 kN 490,3 N 1,373 kN	1,471 kN 588,6 N 1,471 kN	30 - 94 HRG 3 - 108 HRH 40 - 100 HRK
HR15N HR30N HR45N	Diamond cone Diamond cone Diamond cone	29,42 N 29,42 N 29,42 N	117,7 N 264,8 N 411,9 N	147,1 N 294,2 N 441,3 N	61 - 94 HR15N 26 - 85 HR30N 0 - 76 HR45N
HR15T HR30T HR45T	Ball 1,587 5 mm Ball 1,587 5 mm Ball 1,587 5 mm	29,42 N 29,42 N 29,42 N	117,7 N 264,8 N 441,9 N	147,1 N 294,2 N 441,3 N	38 - 95 HR15T 1 - 86 HR30T 2 - 77 HR45T

Method	Indenter	Main load (kgf)	Applications
HR15N HR30N HR45N	Diamond 120°	15 30 45	Workpieces with thin case hardening
HR15TW HR30TW HR45TW	1/16" ball	15 30 45	Thin sheet metal
HR15WW HR30WW HR45WW	1/8" ball	15 30 45	Aluminium (Al), zinc (Zn), lead (Pb), tinplate

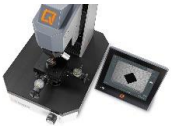


Method	Indenter	Main load (kgf)	Applications
HRA	Diamond 120°	60	Case-hardened steels and alloys, hard metals
HRBW	1/16" ball	100	Copper (Cu) alloys, unhardened steels (in the USA, also for steel up to approx. 686 N/mm²)
HRC	Diamond 120°	150	Case-hardened steels and alloys, hard metals
HRD	Diamond 120°	100	Case-hardened steels and alloys, hard metals
HREW	1/8" ball	100	Aluminium (Al) alloys, copper (Cu) alloys
HRFW	1/16" ball	60	Thin, soft sheet steel
HRGW	1/16" ball	150	Bronze, copper (Cu), cast iron
HRHW	1/8" ball	60	Aluminium (Al), zinc (Zn), lead (Pb)
HRKW	1/8" ball	150	

3.1.3.3. Rockwell Deneyi Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları

- Hızlı ve basittir çünkü optik görüntülemeye gerek kalmamaktadır.
- Numune hazırlama gerektirmez ya da çok az gerektirir.
- Düşük yüklerde neredeyse tahribatsız olarak uygulanabilir. (HRT, HRN)

Dezavantajları

- Kirlilik, çapak ve süreksizliklere karşı hassastır.
- Vickers kadar yüksek doğrulukta değildir. Daha kaba bir ölçümdür.
- Tekrarlanabilirlik gözle kontrol yapılamadığı için yüksek değildir.