



HARRAN ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MALZEME LABORATUVARI 1

DENEY FÖYÜ



METALOGRAFİ DENEYİ

Doç. Dr. Bülent AKTAŞ

Arş. Gör. Abuzer AÇIKGÖZ

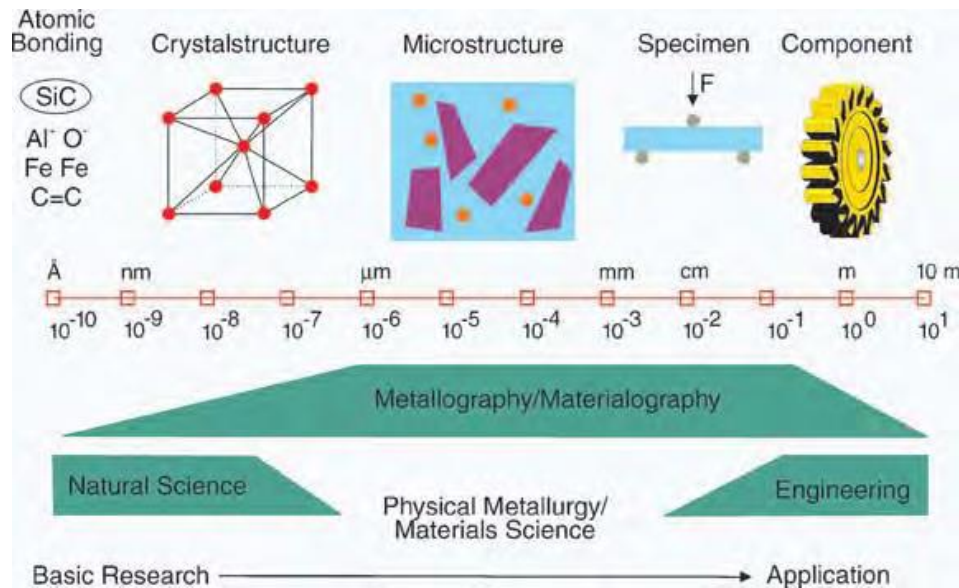
1. DENEYİN AMACI

Metalografik muayene ile malzemenin dokusu tespit edilir, malzemenin dokusuna bakılarak malzemenin özellikleri hakkında bilgi edinilir. Bu amaçla mikroskobik inceleme için numune hazırlanması, parlatma ve dağlama tekniğinin öğretilmesi.

2. TEORİK BİLGİ

Metalografik muayene malzemelerin iç yapısını inceleyerek özelliklerinin belirlenmesidir. Metalografik muayeneyle malzemelerin geçmişte gördüğü işlemler, sahip olduğu özellikler ve bu özellikleri değiştirmek için yapılması gereken işlemler belirlenir ve bu sayede imalatın hemen hemen her aşaması bu muayene yöntemiyle yönlendirilebilir. Bu muayene yöntemi ile üretilmiş olan malzemelerin ömrü, çalışma şartları gibi önemli özellikleri önceden tahmin edilebilir. Özellikle kalite kontrol aşaması olarak orta ve büyük ölçekli bütün imalathanelerde kullanılmaktadır.

- Numune alınması
- Numunenin hazırlanması
- Numunenin incelenmesi
- Sonuçların bir rapor halinde düzenlenmesidir.



Şekil 1: Bir atomdan imal edilmiş ürüne kadar olan şematik gösterim

3. TANIMLAMALAR:

Parlatma: İnce aşındırıcılar kullanılarak yüzey pürüzlülüğünün azaltılması suretiyle, ışığı iyi yansıtan bir yüzey elde etmektir.

Dağlama: Parlatılmış yüzeye kimyasal enerji vererek metalin mikro yapısını mikroskopta görünür hale getirme işlemidir.

Metal mikroskobu: objektif, aküler ve aydınlatma sisteminden oluşan malzemenin içyapısının incelenmesinde kullanılan optik mikroskoptur. Metal mikroskopları numune yüzeyinden yansıyan ışınları incelemektedir

4. METALOGRAFİK NUMUNE HAZIRLAMA

4.1. Numune Alınması

Metalografik incelemede seçilen numunenin bir değer taşıyabilmesi için bu numunenin gerek fiziksel özellik ve gerekse kimyasal bileşim yönünden esas malzemeyi tam olarak temsil etmesi gerekir. Bu nedenle, numune alınması işin temelidir. Metalografik inceleme için numune alınmasında belirli kurallar olmayıp, bazı genel prensipler mevcuttur.

Numunenin nereden alınacağı tespit edildikten sonra, en uygun kesici alet ile numune kesilir. Bunlar testere, keski, torna, kesici taş, çekiçle kırma ve oksii-asetilen olabilir. Bazı hallerde bunların birkaçı birden kullanılır. Burada dikkat edilecek nokta, minimum yapı değişmesini sağlayacak yöntemin seçimidir.

Numune eğer elle parlatılacaksa, rahatça tutulabilecek büyüklükte, kalıba (bakalite) alınacaksa çapı 25 mm'den ve boyu da 20 mm'den büyük olmayacak şekilde kesilmelidir.



Şekil 2. Hassas numune kesme (Sulu kesme) cihazı

4.2. Numunenin Kalıplanması

İncelenecek numuneler, şayet küçük veya biçimsiz şekilli ise zımparalama ve parlatma esnasında elde tutmak güçlük yaratır. Bu durumda numuneler genellikle kalıplanır. Diğer

tarafından, otomatik parlatma cihazları için standart boyutta numune kullanılması gereklidir. Bu durumda da numuneleri kalıplamak, çok sayıda numunenin kolayca kodlanarak tasnifinde kolaylık sağlar.

Numuneyi kalıplamanın diğer önemli bir sebebi de; zımparalama ve parlatma esnasında temizliğin kolayca sağlanmasıdır.

- Sıcakta ve basınç altında kalıplama,
- Soğukta kalıplama.



Şekil 3. Bakalite alma cihazı (sıcak kalıplama)

Numuneyi sıcak ve basınç altında kalıplamada genellikle bu iş için özel olarak imal edilmiş presler kullanılır. Bu yöntemde kullanılan kalıp malzemesi genellikle plastik karakterde tozlardır. Basınç ve sıcaklığın etkisi ile tozlar birbirine tamamen kaynaşarak numunenin etrafını sarar. Seçilen plastik malzemenin aynı zamanda dağlama esnasında kullanılacak dağlama reaktifinden etkilenmemesi gerekir. Bu özelliklere sahip piyasada pek çok malzeme mevcuttur. Bu malzemelerden en yaygın kullanılanı termoset bir malzeme olan bakalit'tir. Kalıplama presleri ile yaklaşık 5 dakika içinde standart çapta (1 inç) kalıp (bakalit) elde edilir. Kalıplama presleri genellikle otomatiktir. Basınç miktarı 1000 kg/cm² olup hidrolik olarak sağlanır. Isıtma ünitesinin sıcaklığı kullanılan plastiğin ergime sıcaklığına göre 150°C mertebesindedir.

Kalıplama preslerinde uygulanan basınç ve sıcaklık, ergime noktası düşük, yumuşak metalleri deforme edeceğinden bu yöntem uygulanmaz. Bunun yerine soğuk kalıplama yöntemi uygulanır. Bu yöntemde kullanılan malzemeler polyeater, epoksi ve akriliktir. Her üç malzeme de iki bileşenden ibaret olup, bunlardan biri reçine, diğeri ise sertleştiricidir. Her iki bileşen belirli oranlarda karıştırıldıktan sonra aşağıdaki Şekil 3'te gösterildiği gibi numuneyi ihtiva eden kalıba dökülür. Karışım oda sıcaklığında ekzotermik polimerizasyona uğrayarak bir süre sonra katılaşır.



Şekil 5. Polyestere alınmış numune Bakalite alınmış numune

4.3. Zımparalama ve Parlatma

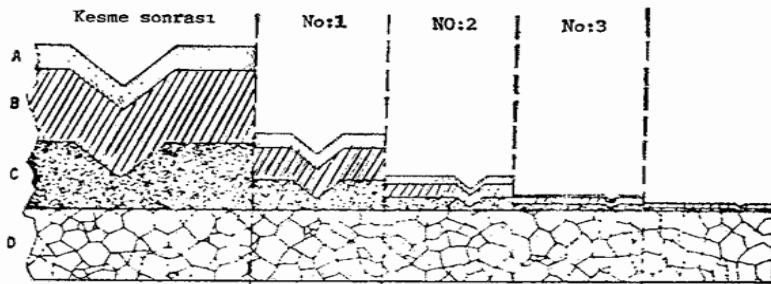
Numuneler kesildikten ve kalıba alındıktan sonra, mikroskopik inceleme için zımparalaması ve parlatılması gerekir. Zımparalama işlemi, çeşitli zımparalama kademelerini içerir. Her kademedeki bir evvelki kademedeki kullanılan aşındırıcılardan daha ince aşındırıcı kullanılır ve böylece her kademenin numune yüzeyinde yarattığı deformasyon ve çizik minimuma indirilir. Numunelerin zımparalanmasındaki başarı, malzemeye uygun yöntem ve aşındırıcının seçimine bağlıdır.

Zımparalar, genellikle SiC taneleri içerir. Numuneyi orijinal yapı temsil ettiğinden, toplam deformasyona uğramış tabakanın ortadan kaldırılması zımparalamanın amacıdır. Bu iş başlıca dört kademe yapılır;

- Kaba zımparalama kademesi,
- İnce zımparalama kademesi,

Kaba ve ince zımparalama şeklinde ayrılabilir. Kaba zımparalama kademesinin amacı, ince zımparalama ve parlatma kademeleri için ilk düz yüzeyi elde etmektir. Bu kademedeki 80,120, 150, 200 ve 320 nolu zımparalar kullanılır.

İnce zımparalamada 400, 600, 800, 1200, 1500 ve 2000 nolu zımparalar kullanılır. Bir zımparadan diğerine geçerken el ve numune iyice yıkanmalıdır. Böylece daha kaba zımpara tanelerinin bir üst kademeye geçmesi önlenmiş olur.



Şekil 6. El testeresi ile kesilmiş numunedeki yüzey durumu ve müteakip zımparalama kademelerinin bu bölgeye etkisi (A, B, C tabakaları kesme sonucu deformasyona uğrayan bölgeyi ve D orijinal iç yapıyı göstermektedir).



Şekil 7. Numune zımparalama ve parlatma tezgâhı.

Parlatma: Her iki kademedede de numune parlatma disklerine tutulur. Disklerin üzeri parlatma kumaşlarıyla kaplıdır. Bu kademedede Al_2O_3 , Elmas, SiC, Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , MgO vb aşındırıcılar kullanılabilir.

4.4. Dağlama ve İnceleme

Malzemelerde gerçek içyapı özelliklerini ortaya çıkarmak için metalografide çoğu kez, parlatılmış numune yüzeyine uygun bir reaktif tatbik edilir. Bu işleme kimyasal dağlama veya kısaca dağlama (etching) denir. Dağlama ile parlatma sonunda görülemeyen mikroyapı özellikleri açığa çıkar. Dağlama, ayrıca fazların cinsini tayin etmede, dislokasyonların yerlerini belirlemede (etch pitting) ve yönlenme etütlerinde kullanılır.



Şekil 8. Ters metal mikroskobu.

5. DENEYİN YAPILIŞI

- 1- Çelik çubuktan yaklaşık 1cm boyunda numune kesilir,
- 2- Taşa tutularak çapaklar alınır,
- 3- Bakalite alma yöntemiyle kalıplanır,
- 4- Taşlama ile bakalitin kenarları yuvarlatılıp ve numune markalanır,
- 5- Sıra ile 80, 150, 320, 400, 600, 800 ve 1200 nolu zımpara kağıtlarıyla zımparalama yapılır,
- 6- Zımparalama kademesinden sonra el ve numune bol su ile yıkanır,



- 7- Parlatma kademesinde numune parlatma diskine tutulup ve parlatma süspansiyonu kullanılır,
- 8- Parlatma sonunda el ve numune bol su ile yıkanır,
- 9- Numune alkolle yıkanıp kurutulur,
- 10- Numuneye mikroskopta 100x büyütmede bakılarak parlatmanın yeterli olup olmadığına karar verilir (parlatma yeterli değilse, parlatma işlemine devam edilmelidir),
- 11- Bir parça pamuk maşa ile tutularak Nital dağılayıcı reaktifine batırılır ve numune yüzeyine parlak yüzeyin matlaştığı görülene kadar sürülür (Aşırı dağlamamaya dikkat!) Nital = % 1-5 Nitrik asit(HNO_3) + %95-99 Alkol(CH_3OH),
- 12- Dağlama görüldükçe numune derhal bol su ile yıkanır, ardından alkolle yıkanıp kurutulur,
- 13- Mikroskopta dağlama durumuna bakılır. Eğer yeterli değilse, dağlama işlemi tekrarlanır. Aşırı dağlama durumunda parlatma kademesine dönülmelidir.

6. RAPORDA BULUNMASI GEREKEN BİLGİLER

Deney sonrası hazırlanacak raporda, genel açıklamaların dışında şu bilgiler bulunmalıdır:

- Test edilen malzemenin türü
- Deneyde kullanılan teçhizatlar hakkında tanıtıcı bilgi
- Deneyde incelenen numunenin içyapısı, tane özellikleri ve malzeme içerisinde mevcut olan hatalar hakkında bilgi veriniz.

7. KAYNAKLAR

1. Metals Handbook, Vol:8, "Metallography, Structures and Phase Diagrams", ASM Metals Park Ohio, 1973.
2. Geçkinli, E., "Metalografi", İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi, İstanbul 1982.



SERTLİK ÖLÇÜMÜ DENEY FÖYÜ

Doç. Dr. Bülent AKTAŞ

Arş. Gör. Abuzer AÇIKGÖZ

Konuyla ilgili aşağıdaki soruları cevaplandırarak rapor halinde sununuz.

- Sertlik nedir, sertlik ölçümü niçin yapılır?
- Makro sertlik ölçümü nedir, niçin/nasıl yapılır?
- Mikro sertlik ölçümü nedir, niçin/nasıl yapılır?
- Sertlik ölçümü yapılacak numune nasıl hazırlanır.
- Numune yüzeyinin sertlik deneyine olan etkisini açıklayınız.
- Sertlik ölçüm metotlarını açıklayınız? Brinell, Vickers, Knoop ve Rockwell metotlarının birbirinden farklı olan yönleri nelerdir?
- Kauçuk/plastik malzemelerin sertliği nasıl ölçülür?
- Tahribatsız sertlik ölçümü nasıl yapılır?
- Malzemenin mikro yapısı/yüzey özellikleri ile sertlik ölçüm verileri arasında ne tür bir ilişki kurulabilir? Veriler nasıl yorumlanabilir, örnek vererek açıklayınız.

1. Sertlik Deneylerinin Amacı

Sertlik izafi bir ölçü olup malzemelerin plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir. Sertlik ölçümü, mühendislik malzemelerine uygulanan çok genel bir testtir. Bir malzemenin sertliği ile diğer mekanik özellikleri arasında bir ilişki kurulabilir. Örneğin çeliklerde, çekme mukavemeti sertlik ile doğru orantılıdır. Genellikle malzemelerin sertliği ile işlenebilme özelliği arasında ters bağıntı vardır. Diğer bir deyişle, sert malzemeleri işlemek zordur.

2. Sertlik Ölçme Yöntemleri

Sertlik ölçme genellikle, piramit, konik veya küresel standart bir ucun malzemeye batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği direnci ölçmekten ibarettir. Sert uca aksenal bir kuvvet uygulanarak malzeme üzerinde bir iz oluşturulur. Malzemenin sertliği, bu izin büyüklüğüyle ters orantılıdır.

1. Cisimlerin sertliği ölçme yöntemleri iki gruba ayrılabilir:

- 1- Malzeme yüzeyini sert bir cisim ile çizerek yapılan sertlik deneyleri.
- 2- Malzemeye sert bir cisimi kuvvet altında batırmak suretiyle yapılan sertlik deneyleri.
- 3- Sert bir bilyeyi malzeme üzerine düşürmek ve sıçratmak suretiyle yapılan sertlik deneyleri.

Batırılarak Yapılan Sertlik Deneyleri

a- Statik Yük Kullanılarak Yapılan Sertlik Deneyleri

(Cihazlar portatif değildir, sertlik laboratuvarlarında ölçüm yapılır.)

Rockwell - Brinell - Vickers - Knoop

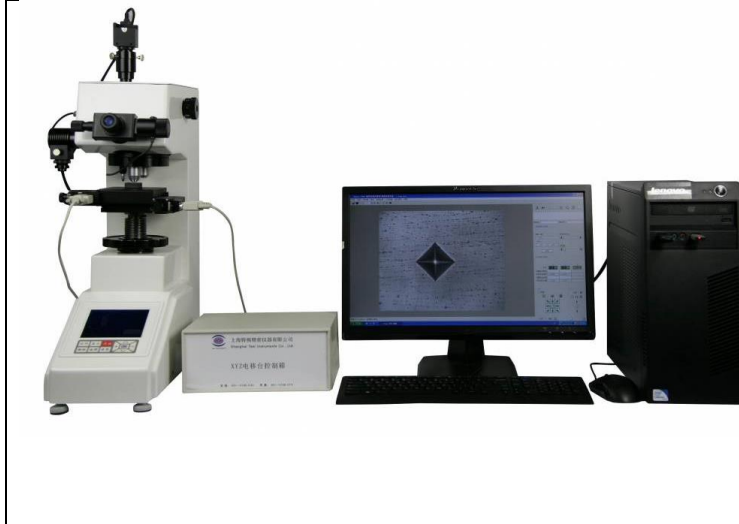
b- Dinamik Yük Kullanılarak Yapılan Sertlik Deneyleri

(Cihazlar portatifdir, istenilen yerde sertlik ölçümü yapılabilir.) Shore - Poldi Çekici

2.1. Rockwell Sertlik Deneyi

Rockwell sertlik deneyi (RSD), yapılmasının çok kolay olmasından 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 2). Yumuşak malzemeler bilye batıcı uç ile ölçülür Çok sert malzemeler 120° uç açılı elmas koni batıcı ile ölçülür. Rockwell sertlik ölçüm cihazı Şekil 3'te görülmektedir.

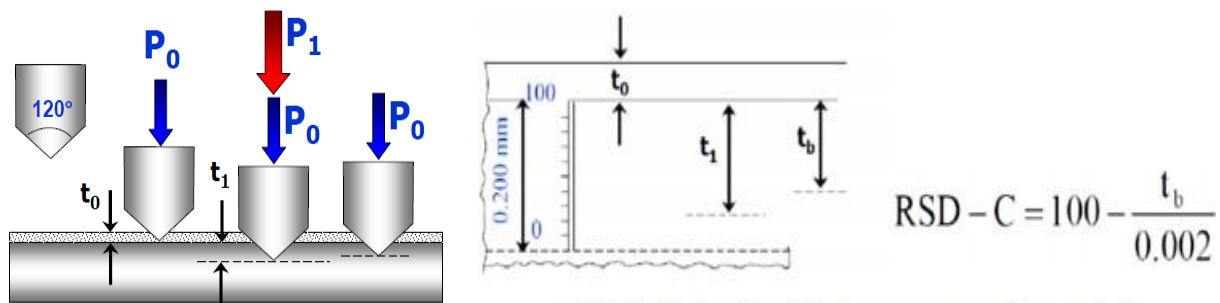


Şekil 2. Mikro Vickers Sertlik Ölçüm Cihazı



Şekil 3. Rockwell, Brinell, Vickers Sertlik Ölçüm Cihazı

Bu yöntemde batma derinliği ölçüleceği için yüzey pürüzlülüğü sonuçları etkileyebilir. Bu sakıncayı gidermek için ön yükleme yapılarak cihaz sıfırlanır. Rockwell sertlik ölçümünde batıcı uç, malzeme üzerine 10 kg (100 N) ön bir yükleme (P₀) ile batırılır. Sonra batıcı uca ana yük (P₁) uygulanarak elde edilen derinlik ölçülür. Meydana gelen kalıcı izdeki derinlik artışı bulunarak mevcut göstergeden Rockwell sertlik değeri okunur Ana yük Rockwell B (RB) için 100 kg, Rockwell C (RC) için 150 kg'dır.



Şekil 4. Rockwell sertlik ölçümünün 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_b olmak üzere Rockwell Sertlik Değeri-C (RSD-C) yukarıdaki formülle hesaplanabilir.

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;

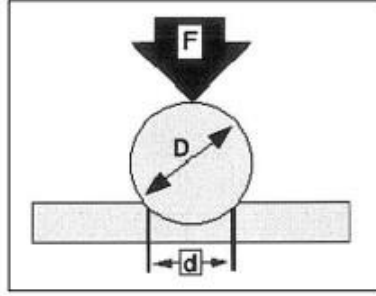
$$\left. \begin{array}{l} RSD - A = \\ RSD - C = \\ RSD - D = \end{array} \right\} 100 - 500t \quad \text{ve} \quad \left. \begin{array}{l} RSD - B = \\ RSD - F = \\ RSD - G = \\ RSD - E = \end{array} \right\} 130 - 500t \quad \text{şeklindedir.}$$

Burada t batıcı uçun batma derinliği (mm) dir.

2.2. Brinell Sertlik Deneyi

Brinell sertlik deneyi malzeme yüzeyine belirli bir yükün (F') belirli bir çaptaki (D) sert malzemedan yapılmış bir bilya yardımıyla belirli bir süre uygulanması sonucu yüzeyde kalıcı bir iz

(d) meydana getirme esasına dayanır. Daha sonra bu kuvvetin oluşan izin küresel yüzey alanına bölünmesiyle Brinell sertlik değeri elde edilir (Şekil 6).



Şekil 6. Brinell Sertlik deneyinin şematik gösterimi

Brinell sertlik değeri;

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

bağıntısıyla hesaplanır. Bu bağıntıda yer alan F uygulanan yükü (kg), D bilye çapını (mm) ve d ise iz çapını (mm) gösterir. Standart deney koşullarında çapı 10 mm olan bilye kullanılır. Yük, malzemenin cinsine göre seçilir ve uygulama süresi 10-15 saniye arasında değişir. Ancak bazı durumlarda çapları 10 mm'den daha küçük olan (örneğin 1,25, 2,5 ve 5,0 mm) bilye biçimindeki uçlarda kullanılır. Malzemenin üzerine uygulanacak yük değeri sertliği ölçülecek malzemenin cinsine ve bilye çapına göre seçilmektedir. $d/D = 0,20 - 0,70$ oranı sağlandığı durumlarda uygulanan yük değeri doğru kabul edilir. Deney yükünün saptanmasında $F=CD^2$ bağıntısı kullanılır. Burada F deney yükü, C malzeme cinsine göre değişen yükleme derecesidir.

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

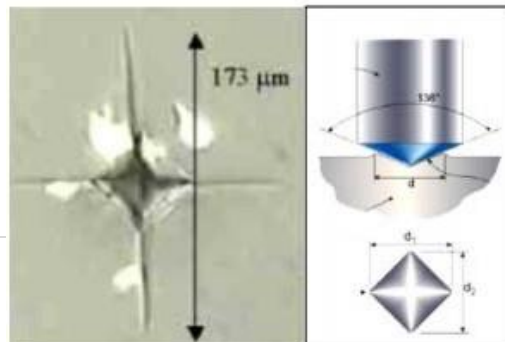
Metalik malzemelerde sertlik arttıkça çekme dayanımı da artar. Çeliklerin Brinell sertlik değeri ile çekme dayanımları arasındaki ilişki;

$$\sigma_{\text{ç}} (\text{kg/mm}^2) = 0,35 \times \text{BSD} (\text{kg/mm}^2)$$

Bağıntısı ile bulunabilir. Bu bağıntı yardımıyla çeliklerin çekme dayanımını yaklaşık olarak belirlemek mümkündür.

2.3. Vickers Sertlik Deneyi

Bu deney yönteminde baskı elemanı olarak tepe açısı 136° olan elmas kare piramit kullanılır (Şekil 7). F yükü ile malzemeye bastırılan piramit ucun bıraktığı dörtgen izin köşegenleri ölçülerek hesaplanan ortalama köşegen uzunluğu formülde yerine konarak sertlik değerleri bulunur. Vickers sertliği yüke bağlı değildir. Ölçme hatalarını azaltmak ve



$$VSD = 1,8544 \cdot \frac{F}{d^2}$$

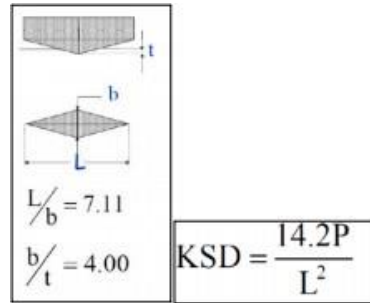
heterojen yapılarda ortalama değer elde edebilmek için yükü ve dolayısıyla izi büyütme faydalıdır. Ancak köşegen uzunluğu sertliği ölçülen parça veya tabaka kalınlığının en çok üçte ikisi kadar olmalıdır. Yük 1-120 kgf arasında değişebilir. Normal yük olarak 30 kgf seçilebilir. Vickers yönteminde büyük piramit açısından dolayı az derinliklere rağmen geniş diyagoneller elde edilir. Yüklü numune üzerinde kalma süresi yaklaşık 20 saniyedir. Bu süre sonunda baskı ucu numune üzerinden kaldırılır ve deney bitirilir.

Şekil 7. Vickers sertlik deneyinin şematik gösterimi





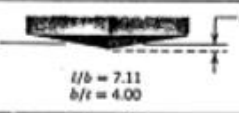

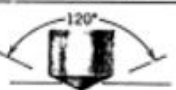

Burada F uygulanan yükü (kg), d iz köşegenlerinin ortalaması (mm) olup $d=(d_1+d_2)/2$ formülü ile hesaplanır. d_1 ve d_2 sırasıyla ölçülen köşegen uzunluklarıdır (Şekil 7). Vickers sertlik deneyi çok yumuşak ve çok sert tabakalar için de uygundur. Deneyde yük düşük olduğu için genellikle ince parçalarda ve sadece yüzeyi sert olan özel işlem görmüş malzemelerde tercih edilir. 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.

2.4. Knoop Sertlik Deneyi

Bir malzemenin göreceli mikro sertliği Knoop batma deneyi ile belirlenebilmektedir. Bu deneyde tepe açısı 130° ve 173° olan piramit şekilli elmas bir uç malzeme üzerine bastırılır. Bir boyutu diğerinin yaklaşık olarak 7 katı olan bir iz oluşur (Şekil 8). Malzemenin sertliği izin derinliği ölçülerek bulunur. Vickers sertlik ölçme deneyine göre daha düşük kuvvetler uygulanır. Knoop deneyi, cam ve seramik gibi gevrek malzemelerin sertliğinin test edilmesini sağlar. Malzeme üzerine uygulanan yük genellikle 1 kgf'den daha azdır. Batıcı uç yaklaşık olarak 0,01 ile 0,1 mm arasında dört yanlı bir iz bırakır.



Şekil 8. Knoop Sertlik deneyinin şematik gösterimi

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ Diamond cone 1/8, 1/4, 1/2 in. diameter steel spheres			60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg }	



KATI MALZEMELERİN ARŞİMET PRENSİBİ İLE YOĞUNLUK ÖLÇÜMÜ

Doç. Dr. Bülent AKTAŞ

Arş. Gör. Abuzer AÇIKGÖZ

1. DENEYİN AMACI:

Bazı sinterlenmiş seramik numunelerin görünen yoğunluklarının ve açık porozite miktarlarının hesaplanması.

2. TEORİK BİLGİ:

Hemen hemen tüm seramik sistemlerde özellikle yüksek mukavemet yada yüksek sıcaklık uygulamalarında malzemelerin yoğunluğu büyük öneme sahiptir. Bunun nedeni; porozite, bir malzemenin mekanik özelliklerini (mukavemet ve elastisite), termal özelliklerini (özellikle ısı transferini) ve ortam içinde bulunan malzemelerden dolayı korozyon ve mekanik aşınma davranışlarını etkiler. Yoğunluk ölçümü metodu Arşimet prensibine dayanır ve katı malzemelerin yoğunluklarının ölçümünde yaygın olarak kullanılır.

Prensip, bir numunedeki porların hacmi, onları doldurmak için gerekli sıvının (bu deneyde saf su kullanılacak) ağırlığından hesaplanır. Her ne kadar porların (gözeneklerin) çoğu kullanılan sıvı tarafından doldurulabilir ise de (açık porlar), bazı porlar kapalıdır ve sıvı onları dolduramadığı için bu porlar hesaplanan değer içinde yer almazlar. Bu yüzden hesaplanan porozite ve katı yoğunluk değerleri görünen porozite ve görünen katı yoğunluğu olarak adlandırılır. Yoğunluk belirlemesi, bir sıvıya batırılan bir cismin görünüşte yerine geçtiği sıvı ağırlığına eşit miktarda ağırlık kaybettiğini ifade eden Arşimet ilkesi (batmazlık yöntemi) vasıtasıyla gerçekleştirilir. Bu yöntem sıvı maddelerin yanı sıra katı maddeler, yapışkanlar ve hamurumsu maddelerin yoğunluğunu belirlemeyi sağlar.

Ölçülecek parametreler;

Görünen katı yoğunluğu (D_g): numune kütlesi/görünen katı hacmi=

$$D_g = \left[\frac{W_a}{W_a - W_b} \right] \times D_{H_2O} \quad (1)$$

Burada;

D_g = Numunenin görünür yoğunluğu

D_{H_2O} = Suyun yoğunluğu

W_a = Kuru numunenin havadaki ağırlığı

W_b = Numunenin su içindeki asılı ağırlığı

3. KULLANILAN CİHAZLAR VE MALZEMELER:

Cam beher, Termometre, Hassas Terazi ($\pm 0.0001g$), Saf su veya alkol, maşa, yoğunluk kiti ve yoğunluğu ölçülecek örnek malzemeden oluşmaktadır.



Şekil 1. Arşimet yoğunluk kiti



Şekil 2. Hassas terazi

4. DENEYİN YAPILIŞI:

Numunelerin ilk önce yoğunluk kitini kullanarak havadaki asılı kuru ağırlığı tartılır (W_a). Daha sonra numunelerin özel hazırlanmış düzende su içerisindeki asılı ağırlıkları tartılır (W_b) ve ardından Denklem 1 kullanılarak katı numunenin görünür yoğunluğu hesaplanır.

5. DENEY RAPORU:

1. Arşimet prensibi ile yoğunluk ölçme yöntemini anlatınız.
2. Yoğunluğu ölçülen malzemenin adını yazınız ve numunenin yoğunluğunu hesaplayınız.