



UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA

DEPARTEMENT DE METALLURGIE

Master : Mise en Forme des Métaux

Module : Physique de la déformation Plastique

T.P N° 03

**Dureté des Matériaux et Influence des
Traitements Thermiques**

Par :

Abderrahmane BERRAIS Doctorant

Mohamed Lamine FARES, Professeur

Année : 2019-2020

Les essais sont indispensables à la connaissance du comportement des matériaux, et font donc partie intégrante des programmes d'enseignement en sciences et en technologie.

La gamme d'équipements qui équipe les nombreux laboratoires comporte des appareils permettant des études sur le comportement et sur les propriétés des matériaux, en fonction des sollicitations diverses, telles que la torsion, la flexion, la traction, la compression, la dureté, la résilience, le fluage. Ils permettent aussi la mise en évidence des contraintes et déformations.

L'ensemble du matériel est aussi utilisé en laboratoire pour les expériences et travaux pratiques, pour les démonstrations en groupe, pour les projets d'études et de recherche. La plupart des machines d'essais reproduisent les procédés d'essais industriels. Les élèves peuvent ainsi faire le rapprochement entre les expériences en laboratoire, et l'environnement industriel qu'ils retrouveront par la suite au cours de leur carrière. La qualité de l'enseignement est ainsi valorisée.

Les conditions de service de tout dispositif ou structure technique impose certaines exigences au matériau employé. Il en ressort que les charges imposées, les fortes accélérations, les violents chocs et vibrations et les températures extrêmes, chaudes ou froides rendent les propriétés mécaniques des matériaux d'un intérêt fondamental

1. Objectif du Travail

- Comprendre la notion de dureté
- Découvrir les différents appareillages de mesure de dureté et effectuer quelques essais
- Réaliser des traitements thermiques de revenu et voir leur influence sur la dureté

2. Notion de dureté

La mesure de la dureté correspond en pratique à celle de la résistance à la pénétration locale du matériau considéré. La dureté est alors une propriété physique complexe et difficile à interpréter qui dépend non seulement des caractéristiques de ce matériau, mais aussi de la nature et de la forme du pénétrateur et du mode de pénétration.

Le terme dureté, s'associe avant tout, au mot surface. La dureté d'une surface résulte directement sans aucun doute des forces interatomiques agissant à la surface du matériau. Il y'a donc une relation directe entre la dureté, et d'autres propriétés mécaniques de la matière de cette surface, donc la dureté, peut servir d'indication sur la résistance totale.

Les essais usuels de dureté sont des moyens très commodes, et très utilisés, dans l'industrie pour vérifier l'évolution des propriétés d'une pièce métallique ou pour contrôler la conformité, des produits. De plus la dureté, permet d'apprécier, dans une certaine mesure, la résistance mécanique, la résistance à l'abrasion, la difficulté d'usinage, la résistance des corps fragiles (carbures, composés intermétalliques...). Enfin, la mise au point des méthodes de microdureté, permet de résoudre de nombreux problèmes; mesure de la dureté, des couches minces ou superficielles, exploration d'alliages à phases multiples, évaluation de l'écrouissage local...

La dureté est un paramètre permettant de caractériser les matériaux. Il existe plusieurs manières de déterminer la dureté d'un matériau dont certaines font l'objet de norme précise.

- La dureté Brinell
- La dureté Vickers
- La dureté Rockwell B et C

2.1 Dureté Brinell

On doit l'essai Brinell à l'ingénieur métallurgiste suédois Johan Brinell (1849 - 1925). Il s'applique aux métaux "peu durs". La norme Brinell de dureté a été éditée dès 1924.

L'essai Brinell utilise comme poinçon une bille en acier trempé ou en carbure de tungstène de 10 mm de diamètre (D). La pression est maintenue pendant 15 à 30 s selon le métal.

Machine d'Essais de Dureté Rockwell et Brinell

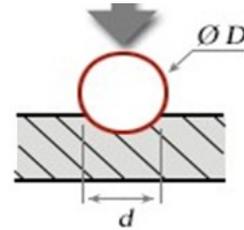


Machine d'Essais de Dureté Brinell

Trois machines sont disponibles pour les mesures de dureté Brinell ou Rockwell, ou Brinell et Rockwell combinés. Les éprouvettes peuvent être de formes arbitraires. La machine Brinell convient pour plusieurs métaux, les machines Rockwell et Brinell et Rockwell combinés pour les mesures de dureté sur les métaux, les alliages, et les matériaux plastiques. Les machines sont fiables et précises, et peuvent être utilisées en toute sécurité. Elles conviennent pour les démonstrations, les projets, et le travail en groupe.

Pour ce faire :

- on applique une charge (F) de 500 ou 3000 kgf
- On mesure le diamètre (d) de l'empreinte en millimètres.



On calcule la dureté Brinell selon la formule suivante :
$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.2. Dureté Vickers



Machine d'Essais de Dureté Brinell et Vickers Combinés à microprocesseur

Machines d'Essais de Dureté Combinés à microprocesseur

Machines combinées pour les essais de dureté sur les métaux, les alliages et les matériaux plastiques, par les méthodes Rockwell et Brinell, ou Rockwell, Brinell et Vickers. Les éprouvettes peuvent être de formes arbitraires. Les électroniques permettent une lecture numérique directe des résultats des essais et des données statistiques, au moyen d'une mémoire (RAM) protégée par batterie, pour le calcul des données et la sauvegarde des constantes. Une sortie vers une imprimante ou un ordinateur est prévue. Les machines conviennent pour les démonstrations, les projets, le travail en groupe, et les études avancées.

Cet essai est appliqué principalement aux métaux, mais peut l'être également appliqué aux céramiques avec de très faibles charges.

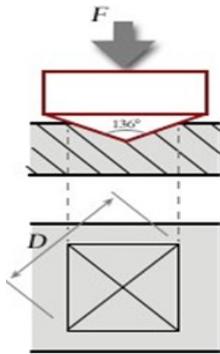
La norme de dureté Vickers a été adoptée en 1952 et celle de micro dureté, en 1969.

La dureté Vickers est caractérisée par l'empreinte faite par un indenteur sous une charge donnée durant 15 secondes.

L'indenteur est formé d'une pyramide en diamant à base carrée dont les faces opposées font un angle de 136°.

La charge appliquée est comprise entre 1 et 120 kgf. Le côté de l'empreinte est de l'ordre de 0,5 mm, la mesure s'effectuant à l'aide d'un microscope.

Où F est la charge appliquée en kgf et D , la diagonale de l'empreinte en millimètres. La profondeur de pénétration H est $H = D / 7$.



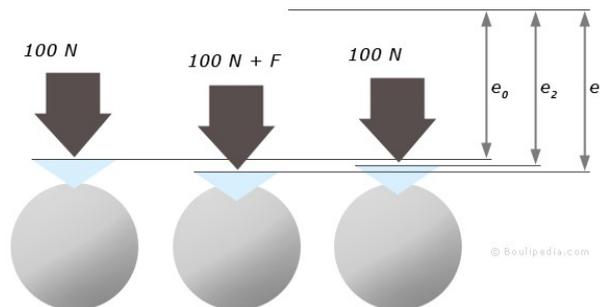
La dureté Vickers (HV) est calculée e à l'aide de la formule suivante :

$$HV = \frac{1,854 F}{D^2}$$

2.3. Dureté Rockwell

Essai Rockwell : mesure de la dureté d'un métal selon l'enfoncement d'une bille d'acier, appelé dureté Rockwell B (HRB) ou d'un cône de diamant de 120°, dureté Rockwell C (HRC).

L'essai consiste à appliquer une précharge de 100 N sur le pénétrateur qui s'enfonce d'une profondeur e_0 . Les indices Rockwell peuvent se lire directement sur un cadran gradué.



On applique une force supplémentaire F , pendant 3 à 8 s, le cône s'enfonce d'une profondeur e_1 . On supprime la force F , le cône reste enfoncé d'une profondeur e_2 . La profondeur rémanente ($e_2 - e_0$) permet le calcul de la dureté selon la formule :

Rockwell C

$$HRC = 500(100 - (e_2 - e_0))$$

Le pénétrateur est un cône de diamant de 120° et d'extrémité sphérique ($\varnothing 0,2$ mm).

La charge F est de 1400 N (150 kgf).

Rockwell B

$$\text{HRC} = 500(130 - (e_2 - e_0))$$

Le pénétrateur est une bille d'acier de 1,59 mm de diamètre.

La charge F est de 900 N (100 kgf).

2.4. Dureté Knoop (HK)

C'est une variante de la dureté Vickers. Son pénétrateur (de forme pyramidale à base losange) crée une empreinte plus allongée.

2.5. Dureté Shore

Normalisée plus récemment, consiste elle aussi à mesurer la profondeur de pénétration d'un indenteur. Elle se décline en **Shore A** pour les élastomères mous (caoutchouc) et **D** pour les élastomères plus rigides (plexyglass).

Outre l'utilisation de pénétrateurs, d'autres procédés de mesure sont basés sur le principe du rebond d'une bille sur la pièce (plus le matériau est dur, plus la hauteur de rebond est importante). Il s'agit alors de mesurer la hauteur du rebond, ou le quotient de la vitesse de rebond sur la vitesse d'impact (c'est le procédé **Equotip**). On accède ainsi à la valeur de dureté **HL (dureté Leeb)**.

2.4 Dureté - Résistance

Il existe une relation entre la dureté et la résistance à la traction ou rupture R_m .

Pour les aciers au carbone : $R_m = 3,5 \text{ HB}$

Rm (MPa)	HB	HRB	HRC
400	130	60	
800	250	100	21
1200	360		36
1600	460		46
2000	530		52

3. Echantillons

- Acier **XC42** (Trempe à l'eau)
- Acier **XC42** (Trempe à l'huile)
- Acier **42CD4** (Recuit)
- Acier **42CD4** (Trempe à l'eau)

4. Préparation des Echantillons et Mesure de Dureté

4.1 Préparation des échantillons

4.1.1. Influence Des Traitements Thermiques Et Composition Chimiques

Les deux types d'acier ont été austénitisés à 850°C pendant 15 minutes, puis trempés à l'eau et à l'huile.

4.1.2. Polissage

Les 04 échantillons ont été poli avec du papier abrasif 120, 240, 400, 600, 1200 et 4000, jusqu'à l'obtention de l'état miroir et enfin nettoyés aux ultrasons dans une solution d'acétone.

4.2 Mesure de la dureté

A l'aide du duromètre universel (schéma ci-dessous), et après installation du pénétrateur pour mesure de la dureté Rockwell C, procédez la mesure de la dureté HRC. Trois mesures doivent être faites pour chaque échantillon.



Duromètre Universel INDENTEC type 8187.5 LKV de Zwick.

5. Travail à faire

Aciers	Dureté Rockwell				HRA	HRB	HV	HB
	HRC			Moy				
	1	2	3					
XC 42 Trempé à l'eau	48.8	47	49.2					
XC 42 Trempé à l'huile	38.5	40.5	38.7					
42 CD 4 Recuit	17.6	16.8	18.5					
42 CD 4 Trempé à l'eau	58.8	60.2	59.3					

- D'après la nomenclature des aciers, donnez la composition chimique des deux aciers.
- Complétez le tableau.
- Pourquoi la dureté HRC de l'acier XC42 (trempé à l'eau) est-elle supérieure à celle de l'échantillon (trempé à l'huile) ?
 - Malgré que les deux échantillons XC42 et 42CD4 sont trempé à l'eau pourquoi la dureté HRC de l'acier 42CD4 est-elle supérieure à celle de l'acier XC42 ?