

Chapitre VI

L'essai de dureté

VI.1 Introduction

L'essai de dureté en résistance des matériaux (TP RDM) est une méthode couramment utilisée pour évaluer la résistance et les propriétés mécaniques des matériaux. Cet essai consiste à mesurer la capacité d'un matériau à résister à la déformation plastique ou à l'indentation. Il permet de déterminer la dureté du matériau, qui est une indication de sa résistance à la pénétration.

L'essai de dureté est essentiel dans le domaine de la RDM car il fournit des informations cruciales sur les caractéristiques mécaniques d'un matériau. Il permet d'évaluer sa résistance, sa ductilité, sa fragilité et d'autres propriétés qui influencent sa capacité à résister aux charges et aux contraintes



Figure 19 : L'appareil pour l'essais de dureté

VI.2 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un essai de dureté est basé sur l'application d'une force spécifique sur la surface du matériau à tester et la mesure de l'empreinte ou de la pénétration résultante. Ce processus permet de déterminer la résistance du matériau à la déformation et d'estimer sa dureté.

L'essai de dureté type consiste à presser un objet spécifiquement dimensionné (pénétrateur) avec une charge donnée dans la surface du matériau à tester. La dureté est déterminée par la mesure de la profondeur de pénétration du pénétrateur ou en mesurant la taille de l'empreinte qu'il laisse.

- Les essais de dureté qui mesurent la profondeur de pénétration comprennent : essai Rockwell, essai de pénétration instrumentalisé par bille
- Les essais de dureté qui mesurent la taille de l'empreinte laissée par le pénétrateur sont : Vickers, Knoop, et Brinell

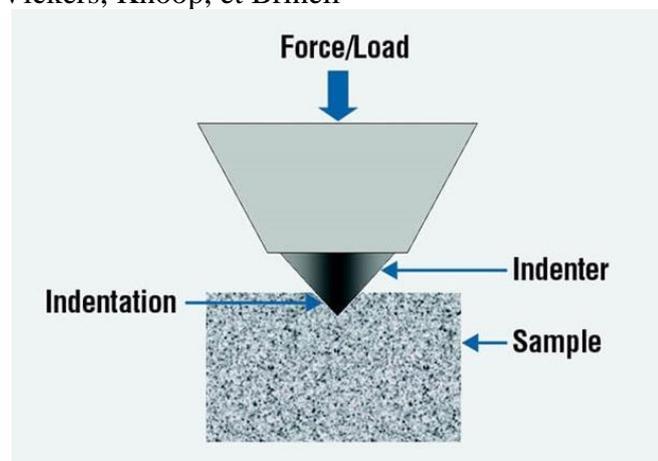


Figure 20 : L'essais de dureté

VI.3 Le choix de la meilleure méthode d'essai

Le type d'essai de dureté à utiliser doit être déterminé par la microstructure – c.-à-d. l'homogénéité – du matériau testé ainsi que par le type de matériau, la taille de la pièce et son état.

Dans tous les essais de dureté, le matériau soumis à l'empreinte doit être représentatif de l'intégralité de la microstructure (sauf si l'objectif est d'étudier les différents composants de la microstructure). Par conséquent, si la microstructure est très grossière ou hétérogène, l'empreinte requise devra être plus grande que pour un matériau homogène.

Il y a quatre principaux essais de dureté chacun ayant ses avantages et ses contraintes. Il y a différentes normes pour ces essais qui détaillent les procédures et les applications de l'essai de dureté.

Lors du choix de la méthode d'essais de dureté, les considérations suivantes sont importantes :

- Le type de matériau à tester en dureté
- L'exigence de se conformer à une norme
- La dureté approximative du matériau
- L'homogénéité/hétérogénéité du matériau
- La taille de la pièce
- La nécessité de procéder à un enrobage
- Le nombre d'échantillons à tester
- La précision requise du résultat.

VI.4 Types d'essais de dureté les plus fréquentes

L'essai de dureté Rockwell

La méthode d'essai de dureté Rockwell est rapide ; développée pour le contrôle de production, elle permet la lecture directe des résultats ; surtout utilisée pour les matériaux métalliques. La dureté Rockwell (HR) est calculée en mesurant, à une charge donnée, la profondeur de l'empreinte laissée par l'enfoncement d'un pénétrateur dans le matériau de l'échantillon.

Généralement utilisée pour les échantillons de grande taille

Un « essai rapide » principalement utilisé pour les matériaux métalliques

Est également mise en œuvre pour des essais plus poussés, tels que l'essai Jominy (essai de trempabilité - HRC)

Calcul de l'essai rockwell (selon NF A 03 153)

Le calcul de l'essai de dureté Rockwell (HR) est effectué en mesurant la profondeur de pénétration d'une bille de diamant ou en carbure de tungstène.

Pénétrateurs

- L'essai de dureté Rockwell utilise 1 des 5 pénétrateurs différents :
- Cône diamant
- Taille des billes de tungstène 1/16", 1/8", 1/4", ou 1/2"

Charges principales

- L'essai de dureté Rockwell utilise 1 des 6 charges principales :
15 kgf, 30 kgf, 45 kgf, 60 kgf, 100 kgf, ou 150 kgf

Au total cela donne 30 échelles Rockwell distinctes. Chacune d'elles est caractérisée par une combinaison différente de type de pénétrateur et de charge principale, et est applicable à un matériau ou application spécifique (par ex. HRA, HRB, HRC, HR30N).

Les méthodes d'essais de dureté Rockwell sont caractérisées par de nombreuses échelles toutes définies par une norme, un type de pénétrateur et une charge.

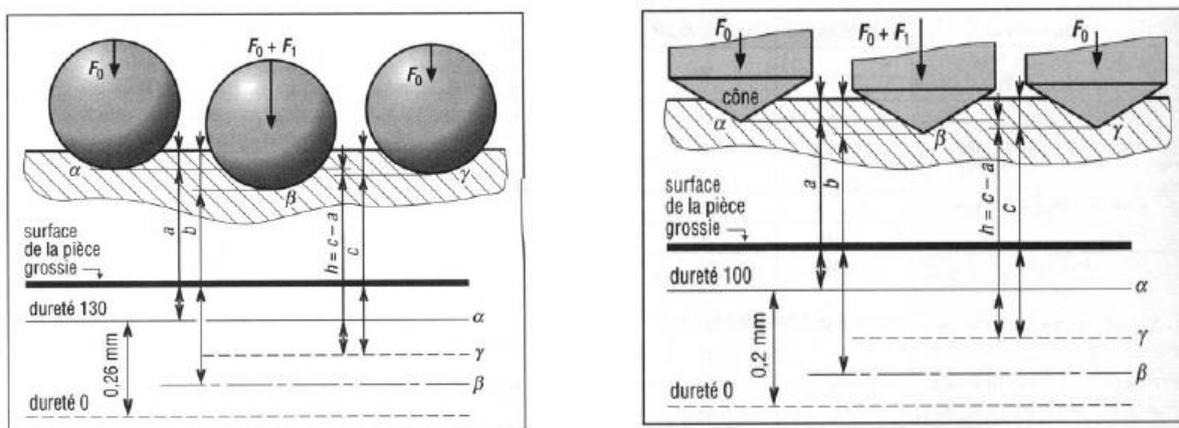


Figure 21 : Principe de l'essai Rockwell a) -avec bille, -b) avec cône.

$$HRC = 100 - \frac{h}{0.2} \quad ; \quad HRB = 130 - \frac{h}{0.2}$$

Conditions d'exécution de l'essai

- L'essai doit être effectué à température ambiante (23° C 10°C) et sur une surface lisse, plane et non écrouie ;
- La charge Po sera appliquée sans choc ni vibration ;
- La surcharge P1 sera appliquée sans choc ni vibration en 2 à 8s, il n'y a pas de temps de maintien
- L'épaisseur de la pièce à tester ne doit pas être inférieure 10.e ;
La distance entre les centres de 2 empreintes doit être supérieure ou égale à 2d ;
- La distance du bord de pièce au centre de l'empreinte doit être supérieure ou égale à 1mm.

Essai de dureté Vickers (selon NFA 03 154)

L'essai de dureté Vickers convient à tous les matériaux solides y compris métalliques. La dureté Vickers (HV) est calculée en mesurant, à une charge donnée, les longueurs des 2 diagonales d'une empreinte laissée dans le matériau de l'échantillon par l'introduction d'un pénétrateur diamant pyramidal. Les diagonales de l'empreinte sont lues de manière optique afin de déterminer la dureté à partir d'une table ou formule.

Utilisé pour les essais de dureté sur tous les matériaux solides y compris métalliques

Adapté à une vaste gamme d'applications

Comprend un sous-groupe d'essai de dureté des soudures

Calcul de l'essai de dureté vickers

La dureté Vickers (HV) est calculée en effectuant une mesure optique des longueurs des 2 diagonales de l'empreinte du pénétrateur. Les mesures sont converties en HV au moyen d'une table ou d'une formule.

Gamme de charges : de 10 gf à 100 kgf

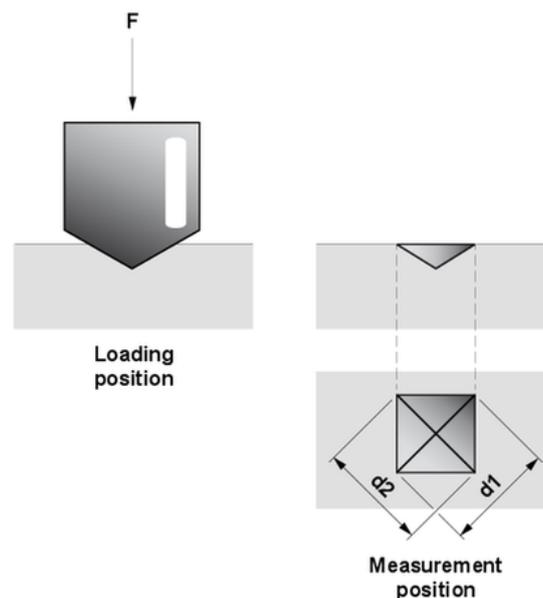


Figure 22 : Principe de l'essai Vickers

$$HV = \frac{\text{charge de l'essai (kgf)}}{\text{aire de l'empreinte (mm}^2\text{)}} \rightarrow HV = 1,8544 \frac{P}{d^2}$$

En pratique, on mesure les deux diagonales et on fait la moyenne. En fonction de la valeur trouvée et de la charge utilisée, des tables donnent directement la dureté HV.

Conditions d'exécution de l'essai

L'essai doit être effectué à température ambiante ($23^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) et sur une surface lisse, plane et non écrouie ;

- La mise en charge doit être faite en 5 à 8 s ;
- La charge d'essai est ensuite maintenue pendant 10 à 15 s ;
- L'épaisseur de la pièce à tester ne doit pas être inférieure à $1,5d$;
- La distance entre les centres de 2 empreintes doit être supérieure ou égale à $3d$;
- La distance du bord de pièce au centre de l'empreinte doit être supérieure ou égale à $2,5d$

Essai de dureté brinell NFA 03 152

L'essai consiste à imprimer dans la pièce, une bille de diamètre D , sous une charge P , et à déterminer le diamètre moyen d de l'empreinte laissée sur la surface après enlèvement de la charge

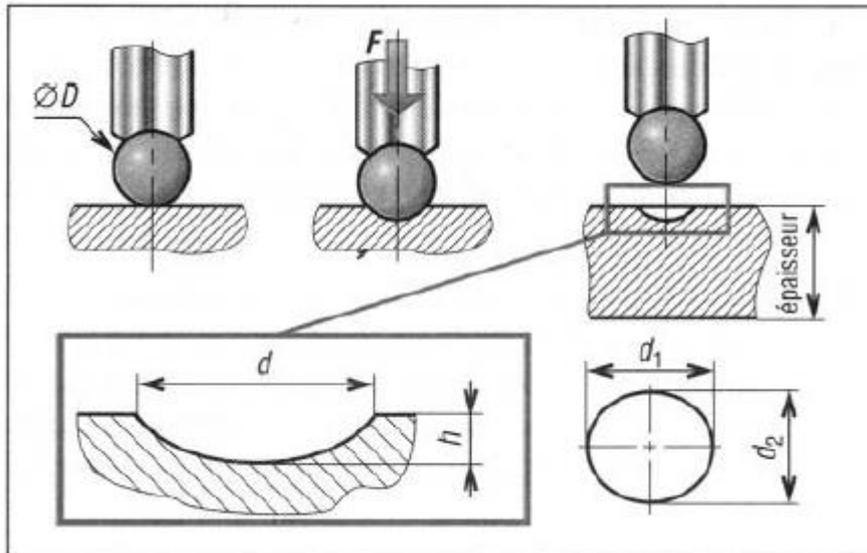


Figure 23 : Principe de l'essai brinell

Calcul de l'essai de dureté brinell

La dureté Brinell est le quotient de la force d'essais appliquée F (en newton N) et de la surface de l'empreinte permanente sur l'éprouvette après retrait de la force d'essais (voir formule Brinell). Pour calculer la surface de l'empreinte sphérique permanente, on utilise la moyenne arithmétique d de deux diagonales perpendiculaires d_1 et d_2 (en mm), car la surface de base des empreintes Brinell est rarement ronde.

Pour déterminer la valeur de dureté, celle-ci n'est toutefois calculée en pratique pour chaque essai individuel. La valeur de dureté peut également être lue dans des tableaux ou dans un logiciel d'essais de dureté spécialement programmé, qui indique la valeur de dureté en fonction du diamètre moyen d'empreinte d pour tous les diamètres de bille et charges d'essais normalisés.

La force d'essais choisie doit permettre d'obtenir un diamètre d'enfoncement moyen compris entre $0,24 D$ et $0,6 D$.

$$HB = \frac{\text{charge de l'essai (kgf)}}{\text{aire de l'empreinte (mm}^2\text{)}}, \quad HB = \frac{2.P}{\pi.D.(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

En pratique, on mesure d et des tables donnent directement la dureté HB. Selon la nature de la bille, les symboles sont :

- HBS pour l'essai effectué avec une bille en acier traité ;
- HBW pour l'essai effectué avec une bille en carbure de tungstène.

Conditions d'exécution de l'essai

L'essai doit être effectué à température ambiante (23 ± 10 °C) et sur une surface lisse, plane et non écaillée ;

- La mise en charge doit être faite en 5 à 8 s ;
- La charge d'essai est ensuite maintenue pendant 10 à 15 s ;
- L'épaisseur de la pièce à tester ne doit pas être inférieure à $8d$;
- La distance entre les centres de 2 empreintes doit être supérieure ou égale $4d$;
- La distance du bord de pièce au centre de l'empreinte doit être supérieure ou égale à $2,5 \times d$.

VI.5 Conclusion

En conclusion, l'essai de dureté est une méthode précieuse pour évaluer la résistance d'un matériau à la déformation et à l'indentation. Cette technique permet de mesurer la capacité d'un matériau à résister à des forces externes, ce qui est crucial dans de nombreux domaines, tels que l'ingénierie, la métallurgie et la science des matériaux.

L'essai de dureté fournit des informations importantes sur les propriétés mécaniques des matériaux, telles que leur ténacité, leur résistance à l'usure et leur capacité à résister à la rupture. Il peut être utilisé pour comparer différentes substances, déterminer la qualité d'un matériau ou vérifier s'il répond aux normes de performance requises.

Différentes méthodes d'essai de dureté sont disponibles, telles que l'essai de dureté Brinell, Vickers et Rockwell, chacune adaptée à des matériaux spécifiques et fournissant des résultats précis et reproductibles.

En utilisant l'essai de dureté, les ingénieurs et les scientifiques peuvent prendre des décisions éclairées concernant la sélection des matériaux, la conception de produits et la garantie de la sécurité et de la durabilité des structures.

En résumé, l'essai de dureté est une méthode essentielle pour évaluer les caractéristiques mécaniques des matériaux, et il joue un rôle clé dans le développement et l'amélioration de nombreuses industries. Grâce à cette technique, il est possible de garantir des produits de haute qualité, résistants et fiables, répondant aux exigences techniques les plus rigoureuses. Il est important de prendre des précautions de sécurité lors de la réalisation du test et de s'assurer que l'éprouvette n'est pas endommagée pendant le test.