

DURETE DES METAUX

Page 1/22

SANS RESTRICTION D'UTILISATION

AVANT-PROPOS

Pour conserver une identité d'expression avec les normes de dureté françaises et internationales actuelles, les charges d'essai indiquées dans la présente norme restent exprimées en kgf (pour mémoire : 1 kgf ~ 9,81 N).

SOMMAIRE

1. OBJET	1
2. GÉNÉRALITÉS	3
3. MESURE DE DURETÉ BRINELL	3
4. MESURE DE DURETÉ ROCKWELL	3
5. MESURE DE DURETÉ VICKERS	3
6. CONDITIONS D'ESSAI	4
7. CHOIX DU SYSTÈME DE MESURE	4
7.1. ÉPAISSEUR DE LA PIÈCE	4
7.2. PRÉCISION DE LA MESURE	4
7.3. CHARGE D'ESSAI	5
8. EXPRESSION SUR DOCUMENTS	5
9. CARACTÉRISTIQUES DES ESSAIS DE DURETÉ	6
10. APPLICATION DES DIFFÉRENTES MÉTHODES	7
11. ÉPAISSEUR MINIMALE CONTRÔLABLE	8
11.1. PAR LA MÉTHODE D'ESSAI BRINELL	8
11.2. PAR LA MÉTHODE D'ESSAI ROCKWELL	10
11.3. PAR LA MÉTHODE D'ESSAI VICKERS	11
12. CORRECTIONS POUR LA MESURE DES SURFACES COURBES	12
12.1. MÉTHODE D'ESSAI VICKERS APPLIQUÉE AUX SURFACES SPHÉRIQUES	12
12.2. MÉTHODE D'ESSAI VICKERS APPLIQUÉE AUX SURFACES CYLINDRIQUES	13
12.3. MÉTHODE D'ESSAI ROCKWELL APPLIQUÉE AUX SURFACES CYLINDRIQUES	14
13. CONVERSION DU DIAMÈTRE D'EMPREINTE EN NOMBRE BRINELL DANS LA MESURE DES MÉTAUX TENDRES	15
13.1. DURETÉ HB 13 À 80	15
13.2. DURETÉ HB 40 À 143	16
14. CONVERSION DES ÉCHELLES DE DURETÉ	17
14.1. DURETÉ VICKERS	17
14.2. DURETÉ BRINELL	18
14.3. DURETÉ ROCKWELL, ÉCHELLE C	20
14.4. DURETÉ ROCKWELL, ÉCHELLE B	21
15. HISTORIQUE ET DOCUMENT CITÉS	22
15.1. HISTORIQUE	22
15.2. DOCUMENTS CITÉS	22
15.3. EQUIVALENT À :	22
15.4. CONFORME À :	22
15.5. MOTS CLEFS	22

1.OBJET

La présente norme a pour objet d'indiquer les caractéristiques, les exemples d'application et les limites d'emploi des différentes méthodes d'essais de dureté.

Elle fixe les corrections à appliquer pour la mesure des surfaces courbes, établit la conversion des échelles de dureté et donne la correspondance avec la résistance à la rupture de l'acier.

2. GENERALITES

En dehors des précautions habituelles (tarage des machines, bon état des pénétrateurs, perpendicularité des plans de mesure avec la direction des charges, état de surface, etc.) ce qui suppose que les conditions d'essai sont parfaitement réalisées suivant les normes AFNOR NF A 03-152, PN A 03-153 et NF A 03-154, cette norme regroupe les caractéristiques des mesures de dureté à employer et les renseignements indispensables à la compréhension de la mesure en vue de son exécution correcte.

Aucun type de mesure de dureté ne présente un caractère universel d'où la multiplicité des types de mesure utilisés. Cette multiplicité a entraîné l'établissement de tableaux de correspondances des différents types de mesure en particulier avec la résistance à la traction. Ces tableaux sont extraits de la norme ASTM E 140-65, la résistance à la rupture de l'acier indiquée au paragraphe Dureté Vickers, étant convertie en MPa (*). Les valeurs indiquées sont comprises dans les bandes de dispersion de la norme AFNOR expérimentale A 03-172 mais différentes des valeurs moyennes de la norme française.

La correspondance avec la résistance à la traction n'est valable que de façon approximative et ne peut être prise en considération que dans le cas des aciers jusqu'à 1300 MPa ; elle est approchée à ± 50 MPa. Au-delà, la fragilité intervient et la correspondance devient de plus en plus aléatoire au fur et à mesure que la dureté augmente. Au-dessus de 2000 MPa elle n'a plus de sens. Par ailleurs, cette correspondance ne signifie rien dans le cas des fontes ou des métaux légers.

La correspondance des différents types de mesure avec la dureté Brinell est elle-même approximative, car elle dépend du type de pénétrateur, de la charge appliquée et de la structure du métal contrôlé. Jusqu'à 514 Brinell, elle est approchée à ± 15 Brinell.

(*) $1 \text{ MPa} \sim 0,1 \text{ kgf/mm}^2$.

3. MESURE DE DURETE BRINELL

Les mesures Brinell sont soumises à deux règles :

- le rapport du diamètre d'empreinte d au diamètre de bille D doit être tel que :

$$0,24 < \frac{d}{D} < 0,60$$

ceci correspond aux limites extrêmes de netteté d'empreinte à ne pas dépasser,

- par suite des lois d'écrouissage des métaux, le rapport entre la charge P et le carré du diamètre de bille D doit être tel que :

$$\frac{P}{D^2} = k \text{ (constante)}$$

car la dureté Brinell varie en même temps que ce rapport. Dans le cas des métaux ferreux, cette constante k est égale à 30. Dans le cas des métaux de dureté plus faible que celle des métaux ferreux, cette constante k est obligatoirement plus petite ; elle est égale à 10, à 5 ou à 2,5.

Pour faciliter le contrôle et augmenter la précision de mesure, il est recommandé d'utiliser le rapport $\frac{P}{D^2}$

correspondant au matériau à contrôler et d'utiliser la bille de diamètre D la plus grande possible compatible avec les dimensions de la pièce.

4. MESURE DE DURETE ROCKWELL

Les mesures Rockwell n'étant pas soumises aux mêmes règles que les mesures Brinell, les résultats des différents types de mesures ont été mis en corrélation et des tableaux de correspondance ont été établis.

5. MESURE DE DURETE VICKERS

Les mesures Vickers sont indépendantes de l'écrouissage sous charge si la charge appliquée est supérieure ou égale à 5 kgf. De plus, la dispersion des mesures Vickers sous faible charge, 1 kgf par exemple, devient très grande sur métaux présentant des ségrégations ou des hétérogénéités de structures micrographiques. Ceci a motivé les normes ISO et AFNOR imposant une charge supérieure ou égale à 5 kgf.

En cas de filiation par microdureté Vickers, les mesures sont faites perpendiculairement au bord et sont espacées de $2,5 d$ (d = diagonale) mini de centre à centre des empreintes. Une disposition en zig-zag peut être éventuellement nécessaire.

6.CONDITIONS D'ESSAI

L'appareil de dureté doit être à l'abri de tout choc ou vibrations pendant toute la durée de l'essai.

L'essai doit être effectué sur une surface lisse et plane, exempte d'oxyde ou matières étrangères. La préparation de la surface doit être réalisée par un usinage tel que tournage fin ou rectification par exemple. Les précautions apportées à cet usinage doivent permettre d'éviter toute altération du métal (échauffement ou écrouissage, etc.).

La pièce à tester doit reposer sur un support rigide, propre. Le portage sur le support doit être régulier et uniforme.

7.CHOIX DU SYSTEME DE MESURE

On s'efforcera de choisir le système de mesure de dureté le mieux approprié, en tenant compte des indications suivantes.

7.1.EPAISSEUR DE LA PIECE

Quel que soit le type de mesure utilisé, l'éprouvette ou la pièce contrôlée doit avoir une épaisseur minimale pour que la mesure soit valable ; il en est de même s'il s'agit d'une couche superficielle de dureté plus élevée que le cœur de la pièce, sous réserve que cette couche superficielle soit suffisamment soutenue par la sous-couche.

Cette épaisseur minimale contrôlable dépend du type de mesure, de la charge appliquée, de la fragilité du matériau et de la forme du pénétrateur. Les graphiques du paragraphe épaisseur minimale contrôlable, donnent cette épaisseur minimale dans les cas des différentes mesures Brinell, Rockwell et Vickers, d'après les caractéristiques et les exemples d'applications des paragraphes Caractéristiques des essais de dureté et Application des différentes méthodes.

7.2.PRECISION DE LA MESURE

Les mesures Rockwell sont bien adaptées à des contrôles de série par la rapidité de la mesure. Cependant, elles présentent un risque d'erreur plus grand car elles exigent plus de précautions. Le déplacement lu sur l'appareil cumule les flexions et déformations de la pièce et de son support sous charge à la profondeur de l'empreinte ; de plus, la planéité de la surface et sa perpendicularité avec l'axe du pénétrateur ont une grande influence.

7.3.CHARGE D'ESSAI

D'une manière générale, l'utilisation d'une charge plus élevée permet d'augmenter la précision de la mesure et d'atténuer l'influence des hétérogénéités du matériau.

Cas particuliers :

1 Dans les matériaux sensibles à l'écrouissage, sous de fortes charges (HB 10/3000, par exemple), les bords de l'empreinte peuvent être arrondis et mal délimités. La mesure sous plus faibles charges peut alors être préférable.

2 Les mesures de duretés superficielles sous des charges différentes (par exemple, HV 5 et HV 30) permettent de mettre en évidence de façon non destructive des défauts de structures superficielles tels que décarburation, austénite résiduelle,... Elles peuvent permettre de vérifier qu'il n'y a pas eu enfoncement de la sous-couche sous la charge la plus élevée.

8.EXPRESSION SUR DOCUMENTS

L'application de la présente norme est indiquée sur les documents par le symbole du nombre de dureté (voir paragraphes Caractéristiques des essais de dureté et Application des différentes méthodes) suivi des valeurs limites exigées.

Exemples :

Dureté Brinell, HB 10/3000 : 207-255,

Dureté Rockwell, HRC ≥ 60 ,

Dureté Vickers, HV 20 ≥ 700 .

Les valeurs fixées doivent être choisies parmi celles des tableaux du paragraphe Conversion des échelles de dureté, et l'emplacement de la mesure doit être indiqué au plan.

9.CARACTERISTIQUES DES ESSAIS DE DURETE

TYPE DE MESURE		SYMBOLE DU NOMBRE DE DURETE	PENETRATEUR	CHARGE APPLIQUEE (P en kgf)	TEMPS DE MAINTIEN DE LA CHARGE (en s)	DEFINITION DE LA DURETE	PENETRATION (e en mm)
Brinell (2)	P = 30 D ²	HB 10/3000	Bille acier D = 10 mm	3000	10 à 15 (1)	$\frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ d = diamètre d'empreinte D = diamètre de la bille	$\frac{P}{\pi D \times HB}$
		HB 5/750	Bille acier D = 5 mm	750			
		HB 2,5/187,5	Bille acier D = 2,5 mm	187,5			
Brinell (2)	P = 10 D ²	HB 10/1000	Bille acier D = 10 mm	1000	10 à 15 30 sur alliages légers (1)	$\frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ d = diamètre d'empreinte D = diamètre de la bille	$\frac{P}{\pi D \times HB}$
		HB 5/250	Bille acier D = 5 mm	250			
		HB 2,5/62,5	Bille acier D = 2,5 mm	62,5			
Brinell (2)	P = 5 D ²	HB 2,5/31,25	Bille acier D = 2,5 mm	31,25	10 à 15	$\frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ d = diamètre d'empreinte D = diamètre de la bille	$\frac{P}{\pi D \times HB}$
	P = 2,5 D ²	HB 2,5/15,625	Bille acier D = 2,5 mm	15,625	10 à 15 (1) ≥ 30 sur métaux mous		
Rockwell		HRB	Bille acier D = 1,58 mm	100	Jusqu'à l'arrêt de l'aiguille du comparateur	$130 - \frac{e}{0,002}$	0,26 - 0,002 HRB
		HRF	Bille acier D = 1,58 mm	60			0,26 - 0,002 HRF
		HRC	Diamant cône à 120° tangent à une sphère de rayon 0,2 mm	150		$100 - \frac{e}{0,002}$	0,2 - 0,002 HRC
		HRA		60			0,2 - 0,002 HRA
		HR 15 N		15		$100 - \frac{e}{0,001}$	0,1 - 0,001 HR 15 N
		HR 30 N		30			0,1 - 0,001 HR 30 N
Vickers		HV 50 par exemple	Diamant pyramidal à base carrée angle de 2 faces opposées 136°	10 - 20 - 50 de préférence ou 2,5 ≤ P ≤ 100	10 à 15 (1)	$\frac{1854}{d^2} P$ d = diagonale d'empreinte	$\frac{1}{7} \sqrt{\frac{1854 P}{HV}}$ soit $\frac{d}{7}$

(1) Le temps peut descendre à 1 seconde si la précision obtenue est suffisante.

(2) Au-delà de HB 429, seul l'emploi d'une bille en carbure de tungstène donne un résultat valable.

DURETE DES METAUX	B50 0310	7/22
--------------------------	-----------------	------

10.APPLICATION DES DIFFERENTES METHODES

TYPE DE MESURE SYMBOLE	LIMITES DE DURETE CONTROLEES	EPAISSEURS MINIMALES CONTROLABLES (en mm) (1)	DISTANCE MINIMALE ENTRE		EXEMPLES D'APPLICATION
			Centre empreinte et bord de pièce	Centres de 2 empreintes	
HB 10/3000	650 à 95,5 (2)	$8 e \text{ soit } \frac{8P}{\pi D \times HB}$	2,5 d	4 d	ACIERS, BRONZES DURS - barres, pièces forgées... FONTES - boîtier de différentiel, carter ...
HB 5/750	514 à 95,5 (2) Brinell				ACIERS (zone contrôlée de faibles dimensions) - fils, culbuteurs, chape fusée ... FONTES - paliers d'arbres à cames, poulies ...
HB 2,5/187,5					ACIERS (zone contrôlée de faibles dimensions) BOULONNERIE
HB 10/1000	143 à 40,2 Brinell				ALLIAGES LEGERS - piston, carter, culasse ... FRITTES (pièces massives) - pignon de distribution ...
HB 5/250					FRITTES (pièces de faibles dimensions) - rotor de pompe à huile - excentrique de réglage de train AV ...
HB 2,5/62,5	202 à 105 Brinell				FRITTES (pièces de faibles dimensions) - pistons d'amortisseurs.
HB 2,5/31,25	105 à 60 Brinell				
HB 2,5/15,625	80 à 13 Brinell				FRITTES - bagues autolubrifiantes.
HRB	102 à 56,2 exceptionnellement 109 à 56,2	8 e	3 mm sauf spécification contraire		ACIERS - feuillards, tubes ... FONTES - segments, sièges de soupape ... ALLIAGES CUIVREUX - fourchette, anneau et cône de synchro ...
HRF	100 à 70				FRITTES ACIERS (pièces minces)
HRC	70 à 19				ACIERS (à dureté élevée) - pièces traitées dures (galets et bagues de roulement...) - pièces cémentées épaisseur $\geq 0,6$ mm - pièces traitées par induction épaisseur ≥ 1 mm FONTES (trempées à la coulée) - arbres à cames.
HRA	86 à 61				ACIERS - carbonitrures ou cémentés épaisseur $< 0,6$ mm - pignons de boîte de vitesses.
HR 15 N	93,8 à 69,7				ACIERS - tôles durcies superficiellement (épaisseur durcie $< 0,5$ mm). - boîtier de rotule de suspension.
HR 30 N	86,3 à 41,9				ACIERS - tôles durcies superficiellement (épaisseur durcie $< 0,5$ mm) sauf acier doux trempé à l'huile.
Vickers	2576 à 10	1,5 d	2,5 d		TOUS METAUX présentant une dureté suffisamment homogène pour réaliser une mesure reproductible. Exemple de contre indication : - fontes grises ...

(1) Voir graphique correspondant au type de mesure au § épaisseur minimale contrôlable.

(2) Au-delà de HB 429, seul l'emploi d'une bille en carbure de tungstène donne un résultat valable.