
Norme internationale



2039/2

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

**Plastiques — Détermination de la dureté — Méthode par
pénétration à la bille —
Partie 2 : Dureté Rockwell**

Plastics — Determination of hardness by the ball indentation method — Part 2 : Rockwell hardness

Première édition — 1981-10-01

CDU 678.5/.8 : 620.178.152.42

Réf. n° : ISO 2039/2-1981 (F)

Descripteurs : matière plastique, essai, essai de dureté, dureté Rockwell.

Prix basé sur 5 pages

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 2039/2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, et a été soumise aux comités membres en juin 1978.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Finlande	Pologne
Allemagne, R.F.	Hongrie	Roumanie
Australie	Inde	Royaume-Uni
Autriche	Iran	Suède
Belgique	Israël	Suisse
Bulgarie	Italie	Tchécoslovaquie
Canada	Japon	Turquie
Corée, Rép. de	Mexique	URSS
Égypte, Rép. arabe d'	Nouvelle-Zélande	USA
Espagne	Pays-Bas	

Le comité membre du pays suivant l'a désapprouvée pour des raisons techniques :

France

Plastiques — Détermination de la dureté — Méthode par pénétration à la bille — Partie 2 : Dureté Rockwell

1 Objet et domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 2039 spécifie une méthode de détermination de la dureté par pénétration des plastiques, au moyen de l'appareil de dureté Rockwell utilisant les échelles de dureté Rockwell M, L et R.

1.2 La dureté Rockwell est directement liée à la résistance à la pénétration d'un plastique, la valeur la plus élevée correspondant au matériau le plus dur. En raison du faible recouvrement des échelles de dureté Rockwell, deux valeurs lues sur des échelles différentes peuvent être obtenues pour une même matière, ces deux valeurs pouvant être techniquement correctes.

1.3 Pour les matières présentant des phénomènes de fluage ou de relaxation, les durées d'application de la charge et de la précharge ont une influence considérable sur le résultat des mesurages.

1.4 Une variante de la méthode, avec un appareillage permettant d'utiliser l'échelle de dureté Rockwell- α , est spécifiée en annexe, celle-ci indiquant comment cette échelle peut être reliée à la dureté à la bille mesurée suivant l'ISO 2039/1.

2 Références

ISO 48, *Élastomères vulcanisés — Détermination de la dureté (dureté comprise entre 30 et 85 DIDC)*.

ISO 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*.

ISO 868, *Plastiques — Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore)*.

ISO 2039/1, *Plastique et ébonite — Détermination de la dureté — Méthode par pénétration à la bille — Partie 1*.¹⁾

3 Principe

3.1 Cette méthode de détermination de la dureté consiste à appliquer successivement sur une bille d'acier reposant sur la matière à essayer une précharge constante, puis une charge plus élevée, puis à nouveau la même précharge, toutes aux limi-

tes spécifiées des temps de charge. La mesure est basée sur la profondeur totale de pénétration, diminuée de la relaxation élastique après un temps fixé, après suppression de la charge, et de la pénétration due à l'application de la précharge. La dureté Rockwell est une fonction de l'accroissement net de la profondeur d'empreinte lorsque la charge appliquée sur le pénétrateur passe de la précharge fixée à la charge, puis revient à la même précharge.

3.2 Chaque division de l'échelle Rockwell représente un déplacement vertical de 0,002 mm du pénétrateur. Dans la pratique, la dureté Rockwell découle de la relation suivante :

$$HR = 130 - e$$

où

HR est la dureté Rockwell;

e est la profondeur d'empreinte, après suppression de la charge, en unités de 0,002 mm.

NOTE — Cette relation n'est valable que pour les échelles E, M, L et R.

4 Appareillage

4.1 L'appareillage est constitué par l'appareil normal de dureté Rockwell qui comprend essentiellement :

- une **plate-forme** réglable comprenant un plateau d'au moins 50 mm de diamètre, destiné à supporter l'éprouvette;
- un **pénétrateur** avec ses accessoires;
- un **dispositif** permettant d'appliquer sans choc la charge appropriée sur le pénétrateur.

4.2 Le pénétrateur comprend une bille d'acier poli, d'une dureté Vickers au moins égale à 7 MN/m², tournant librement dans son logement. La bille ne doit pas se déformer pendant l'essai et ne doit présenter aucun dommage après l'essai. Le diamètre du pénétrateur dépend de l'échelle Rockwell utilisée (voir 4.5).

1) Actuellement au stade de projet. (Révision de l'ISO 2039-1973.)

4.3 Le pénétrateur est équipé d'un comparateur ou de tout autre appareil adapté pour le mesurage de la profondeur de pénétration du pénétrateur à 0,001 mm près. Il est souhaitable, mais non essentiel, que le comparateur soit gradué en dureté Rockwell (une division de l'échelle Rockwell = 0,002 mm). Lorsque l'appareil est directement gradué en dureté Rockwell, il est d'usage que le comparateur comporte une échelle noire et une échelle rouge, cette dernière introduisant automatiquement la constante 130, en fonction des duretés Rockwell des échelles M, L et R (voir 3.3). D'autres moyens de mesurage de la pénétration et d'affichage des données peuvent être utilisés, à condition que leur justesse soit au moins égale à celle du comparateur.

4.4 Les charges à utiliser pour les échelles M, L et R sont indiquées en 4.5. Dans tous les cas, la précharge est de 98,07 N. Pour les appareils Rockwell, il est d'usage d'appliquer la précharge sur l'éprouvette au moyen d'une vis à rotule qui permet d'élever la plate-forme supportant l'éprouvette jusqu'à ce que cette dernière soit au contact du pénétrateur. Dans ce cas, le comparateur comporte un repère pour indiquer le moment où la précharge est entièrement appliquée; on devra se reporter à la notice du constructeur avant la mise en service de l'appareil. Le réglage de la vitesse de mise en charge est très important. Régler l'amortisseur de l'appareil Rockwell de façon que la manette de commande achève son déplacement en 4 à 5 s sans éprouvette sur le support ou sans charge appliquée par le pénétrateur sur l'enclume. La charge appliquée pour cet étalonnage doit être de 980,7 N.

4.5 La précharge, la charge d'essai et le diamètre du pénétrateur pour chaque échelle Rockwell doivent être les suivants :

Échelle de dureté Rockwell	Précharge	Charge d'essai	Diamètre du pénétrateur
	N	N	mm
R	98,07	588,4	12,7 ± 0,015
L	98,07	588,4	6,35 ± 0,015
M	98,07	980,7	6,35 ± 0,015
E	98,07	980,7	3,175 ± 0,015

La précharge et la charge d'essai doivent avoir une justesse de 2 %.

NOTE — Dans le cas de la présente Norme internationale, l'échelle E n'est utilisée que pour le calibrage de l'appareil.

4.6 L'appareil devra être monté sur un support rigide et horizontal, exempt de vibrations. Si le support de l'appareil est soumis à des vibrations inévitables (par exemple lorsqu'il se trouve au voisinage d'autres machines d'essai), l'appareil Rockwell peut être monté sur une plaque de métal avec un intermédiaire de caoutchouc alvéolaire d'au moins 25 mm d'épaisseur, ou sur tout autre dispositif capable d'absorber efficacement les vibrations.

4.7 L'appareil doit être calibré périodiquement en utilisant un bloc d'essai en métal (fonte d'acier, aluminium ou alliage de magnésium, alliage antifriction) de dureté Rockwell connue et en utilisant l'échelle E. De cette façon, les erreurs dues à un mauvais fonctionnement du dispositif d'application de la charge

ou à une déformation du bâti seront mises en évidence; ces erreurs devront être corrigées avant usage. Des contrôles doivent être effectués fréquemment, en utilisant des blocs étalonnés, lorsque l'appareil est réglé suivant les échelles R, L ou M.

5 Éprouvette

5.1 L'éprouvette normalisée doit être constituée par une feuille plane d'au moins 6 mm d'épaisseur. Elle doit présenter une surface compatible avec les spécifications de 7.4. L'éprouvette ne doit pas nécessairement être carrée. Après essai, il ne doit y avoir aucune trace d'empreinte du pénétrateur sur la face supportée.

5.2 Lorsque l'échantillon ne permet pas de réaliser une éprouvette de l'épaisseur minimale indiquée en 5.1, l'éprouvette doit alors être constituée par un empilage de plusieurs éléments plus minces, mais de même épaisseur et de même matière, à condition que les faces des éléments individuels soient totalement en contact et ne soient pas séparées par de quelconques imperfections de surface (telles que, par exemple, bavures, traits de scie).

5.3 Toutes les pénétrations ne doivent être faites que sur une face de l'éprouvette.

5.4 Une seule éprouvette est suffisante pour la détermination de la dureté Rockwell. Au moins cinq mesurages doivent être effectués sur chaque éprouvette pour les matières isotropes.

5.5 Si la matière soumise à l'essai est anisotrope, la direction de la pénétration doit être spécifiée en fonction des axes d'anisotropie. Si des résultats sont exigés dans plusieurs directions, les éprouvettes doivent être préparées de manière à effectuer au moins cinq essais de dureté Rockwell dans chaque direction.

6 Conditionnement

Les éprouvettes doivent être conditionnées avant essai dans l'atmosphère spécifiée dans la Norme internationale relative à la matière soumise à l'essai ou dans l'une des atmosphères spécifiées dans l'ISO 291.

7 Mode opératoire

7.1 Sauf indication contraire, les essais doivent être effectués dans la même atmosphère normale que celle ayant servi au conditionnement des éprouvettes.

7.2 Vérifier que la précharge, la charge d'essai et le diamètre du pénétrateur correspondent bien à l'échelle de dureté Rockwell utilisée (voir 4.5). Éliminer la première lecture après modification du réglage de la bille, le pénétrateur ne pouvant être correctement mis en place manuellement dans son logement. Toute la pression de la charge d'essai est indispensable pour placer l'épaulement du pénétrateur dans son logement.

7.3 Placer l'éprouvette sur la plate-forme. Vérifier que la surface de l'éprouvette et celle du pénétrateur sont exemptes de poussières, saletés, graisses ou débris de matière, et que la surface de l'éprouvette est normale à la direction d'application de la charge appliquée.

Appliquer la précharge et mettre le comparateur à zéro. Dans les 10 s qui suivent l'application de la précharge, appliquer la charge d'essai (voir 4.4). Supprimer la charge d'essai 15 ± 1 s après le début d'application de cette charge. Au cours de cette opération, éviter de secouer le dispositif d'application de la charge de l'appareil. Noter la valeur indiquée par la division du comparateur la plus proche de la position de l'aiguille, 15 s après le début de la suppression de la charge d'essai.

NOTE — Si l'appareil est directement gradué en dureté Rockwell, il est recommandé de procéder de la façon suivante : Compter le nombre de fois que l'aiguille du comparateur passe devant le zéro de l'échelle rouge, après application de la charge d'essai. Soustraire ce nombre du nombre de fois que l'aiguille du comparateur passe devant le zéro après suppression de la charge d'essai. Si cette différence est nulle, noter la dureté, laquelle correspond à la valeur lue plus 100. Si la différence est 1, noter la lecture faite sur l'échelle sans modification. Si la différence est 2, relever la lecture faite sur l'échelle et la diminuer de 100. En cas de doute, consulter la notice du constructeur de l'appareil.

7.4 Effectuer cinq mesurages sur la même face de l'éprouvette. Aucun mesurage ne doit être fait à moins de 10 mm des bords de l'éprouvette, et deux mesurages quelconques ne doivent pas être faits à moins de 10 mm l'un de l'autre.

7.5 En principe, les duretés Rockwell doivent être comprises entre 50 et 115; les valeurs se trouvant en dehors de cet intervalle ne sont pas précises et la détermination doit être répétée en utilisant l'échelle voisine la plus sévère.

NOTE — Si une échelle moins sévère que l'échelle R est requise, la détermination de la dureté Rockwell n'est pas appropriée et la matière devra être essayée suivant l'ISO 868 (dureté Shore).

8 Expression des résultats

8.1 Exprimer la dureté Rockwell par un nombre précédé de la lettre de l'échelle.

8.2 Si l'appareil de dureté Rockwell est directement gradué en unités Rockwell, noter la dureté après chaque essai (voir la note en 7.3).

8.3 Si nécessaire, calculer la dureté Rockwell (voir 3.2).

8.4 S'il est demandé, calculer de la façon suivante l'écart-type estimé :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n \bar{x}^2}{n - 1}}$$

où

σ est l'écart-type (estimé);

x est la valeur individuelle de dureté Rockwell;

\bar{x} est la moyenne arithmétique des résultats;

n est le nombre de résultats.

9 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes :

- a) référence de la présente Norme internationale;
- b) identification complète de la matière essayée;
- c) description, dimensions, et mode de préparation des éprouvettes;
- d) mode de conditionnement des éprouvettes et conditions dans lesquelles l'essai a été effectué;
- e) nombre d'essais;
- f) échelle de dureté Rockwell utilisée (M, L ou R);
- g) duretés Rockwell, valeurs individuelles et leur moyenne arithmétique;
- h) écart-type des résultats, si celui-ci est demandé.

Annexe

Détermination de la dureté Rockwell- α

A.0 Introduction

L'essai de dureté Rockwell, décrit dans la présente Norme internationale, détermine la dureté des plastiques en fonction de la profondeur d'empreinte provoquée par un pénétrateur, déduction faite de la relaxation élastique de l'éprouvette. Comme telle, la dureté Rockwell mesurée sur les échelles L, M et R ne peut être en relation avec la dureté par pénétration à la bille suivant l'ISO 2039/1, puisque cette dureté est mesurée à partir de la profondeur d'empreinte provoquée par le pénétrateur sous charge (c'est-à-dire sans déduction de la relaxation élastique du matériau). Néanmoins, l'appareil Rockwell peut être utilisé pour la détermination de la dureté à partir de la profondeur d'empreinte sous charge, et cette méthode a été normalisée sous le nom d'«essai de dureté Rockwell- α »^[1]. La seule échelle Rockwell appropriée pour la détermination de la dureté Rockwell- α des plastiques est l'échelle R, ce qui suppose l'emploi d'un pénétrateur de 12,7 mm de diamètre et d'une charge d'essai de 588,4 N.

A.1 Mode opératoire

A.1.1 Utiliser le pénétrateur de 12,7 mm de diamètre et la charge d'essai de 588,4 N.

A.1.2 Déterminer la constante d'élasticité de l'appareil de la façon suivante : Placer un bloc de cuivre doux (d'au moins 6 mm d'épaisseur) sur le porte-éprouvette et appliquer la précharge. Mettre l'aiguille du comparateur à zéro et appliquer la charge d'essai. Maintenir la charge jusqu'à ce que l'aiguille du comparateur reste stationnaire. Noter la valeur indiquée par le comparateur, enlever la charge d'essai et remettre l'aiguille du compteur à zéro. Répéter cette série d'opérations jusqu'à ce que la valeur indiquée par le comparateur demeure constante après chaque application de la charge d'essai. Cette valeur représente le point à partir duquel il ne se produit plus de pénétration dans le bloc de cuivre, et par conséquent la déviation de l'aiguille du comparateur due au ressort de l'appareil. Noter cette valeur constante et la convertir en unités de 0,002 mm (d_s).

A.1.3 Remplacer le bloc de cuivre par l'éprouvette et procéder comme indiqué en 7.3 excepté qu'après application de la précharge, l'aiguille du comparateur sera mise à zéro en moins de 10 s et la charge d'essai appliquée immédiatement. Durant 15 s d'application de cette charge, noter la profondeur de pénétration en unités de 0,002 mm (d_h = profondeur de pénétration à 15 s).

A.2 Expression des résultats

Calculer la dureté Rockwell- α suivant l'équation

$$R \alpha = 150 - (d_h - d_s)$$

où

$R \alpha$ est la dureté Rockwell;

d_s et d_h sont tels que définis en A.1.2 et A.1.3.

A.3 Relation entre la dureté Rockwell- α et la dureté par pénétration à la bille suivant l'ISO 2039/1

Fett^[2] a établi une relation mathématique entre la dureté Rockwell- α et la dureté par pénétration à la bille suivant l'ISO 2039/1 et a démontré qu'en pratique, cette relation convient aussi bien pour les plastiques thermodurcissables que pour les thermoplastiques, pour l'intervalle de dureté Rockwell- α compris entre - 20 et 100. Cette relation est donnée avec une justesse suffisante par l'équation

$$R \alpha = 150 - 122,5 \left[\left(\frac{60}{0,086 H_k} \right)^{0,813} - \left(\frac{10}{0,086 H_k} \right)^{0,813} \right] \quad \dots (1)$$

où

$R \alpha$ est la dureté Rockwell- α ;

H_k est la dureté suivant l'ISO 2039/1, exprimée en kilogrammes-force par centimètre carré.

L'ISO 2039/1 indique que les duretés doivent être désormais exprimées en décanewtons par millimètre carré. L'équation (1) devient, en unités SI,

$$R \alpha = 150 - 122,5 \left[\left(\frac{60}{8,7719 H} \right)^{0,813} - \left(\frac{10}{8,7719 H} \right)^{0,813} \right] \quad \dots (2)$$

où H est la dureté suivant l'ISO 2039/1, exprimée en décanewtons par millimètre carré.

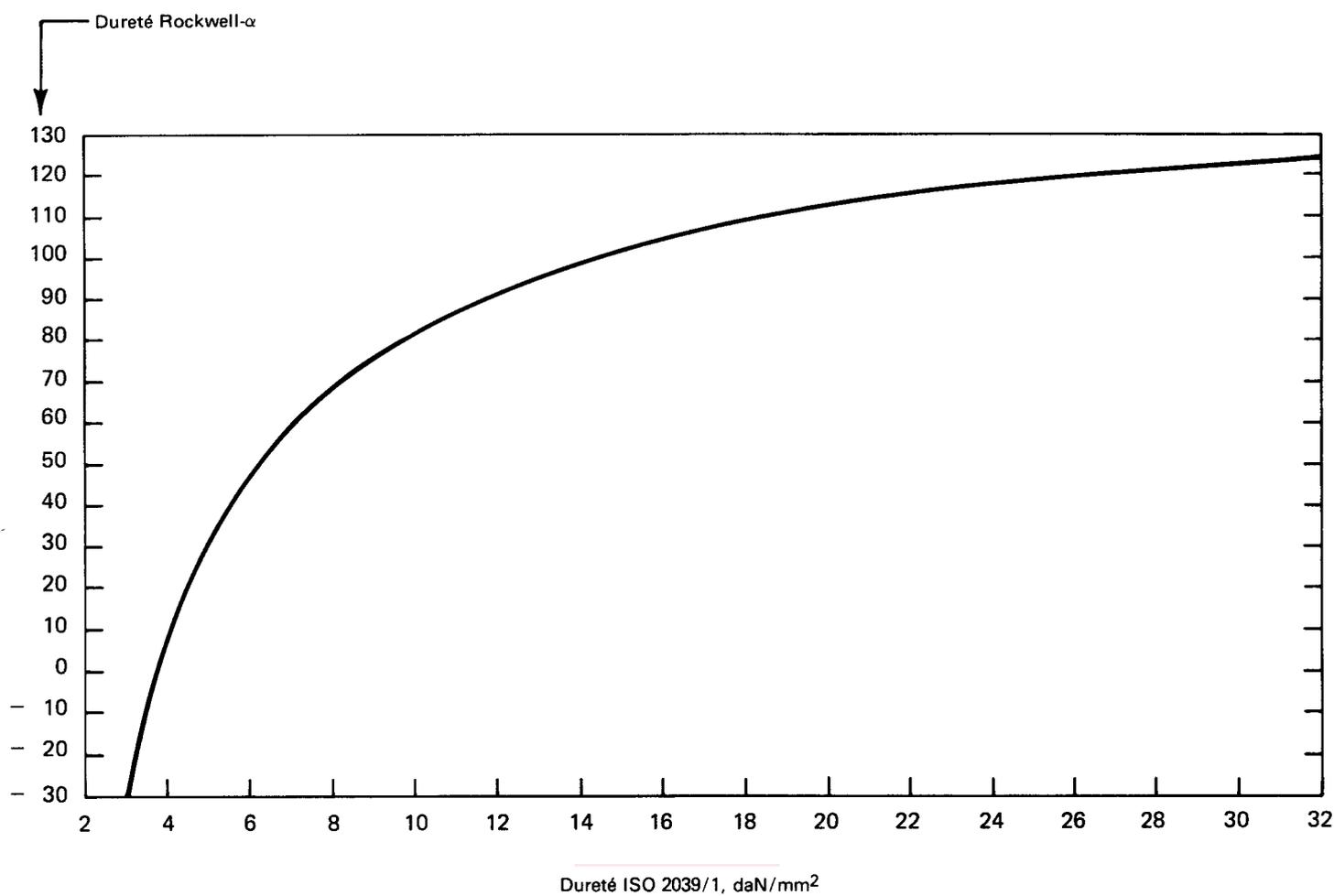
L'équation (2) peut être simplifiée, ce qui donne

$$R \alpha = 150 - \left(\frac{448,6}{H^{0,813}} \right)$$

où

$$H = \left(\frac{448,6}{150 - R \alpha} \right)^{1,23}$$

Un graphique représentant la dureté $R \alpha$ en fonction de H , pour un intervalle dureté $R \alpha$ compris entre - 30 et 130 est donné ci-après, en vue de faciliter la conversion.



Bibliographie

- [1] ASTM D 785-65, *Standard test method for Rockwell hardness of plastics and electrical insulating materials*.
- [2] FETT, THEO, Relation entre dureté Rockwell- α , dureté ASTM D 785 et dureté à la bille DIN 53456, *Materialprüfung*, Vol. 14, n° 5, pp. 151-153.