NORME INTERNATIONALE

# ISO 4545-1

Deuxième édition
2017-12

# Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop —

## Partie 1: Méthode d'essai

*Metallic materials — Knoop hardness test —*

*Part 1: Test method*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-44ba7c5a1fb2/iso-4545-1-2017

Numéro de référence
ISO 4545-1:2017(F)

© ISO 2017

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-44ba7c5a1fb2/iso-4545-1-2017

**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2017, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

# Sommaire

Page

**Avant-propos** ..... **iv**

**1 Domaine d'application** ..... **1**

**2 Références normatives** ..... **1**

**3 Termes et définitions** ..... **1**

**4 Principe** ..... **1**

**5 Symboles et désignations** ..... **2**
5.1 Symboles et désignations utilisés dans le présent document ..... 2
5.2 Désignation de l'indice de dureté ..... 3

**6 Machine d'essai** ..... **3**
6.1 Machine d'essai ..... 3
6.2 Pénétrateur ..... 3
6.3 Système de mesure de la diagonale ..... 4

**7 Éprouvette** ..... **4**
7.1 Surface d'essai ..... 4
7.2 Préparation ..... 4
7.3 Épaisseur ..... 4
7.4 Support pour les éprouvettes instables ..... 4

**8 Mode opératoire** ..... **5**
8.1 Température d'essai ..... 5
8.2 Force d'essai ..... 5
8.3 Vérification périodique ..... 5
8.4 Support de l'éprouvette ..... 5
8.5 Mise au point sur la surface d'essai ..... 6
8.6 Application de la force d'essai ..... 6
8.7 Prévention de l'effet d'un choc ou d'une vibration ..... 6
8.8 Distance minimale entre empreintes adjacentes ..... 6
8.9 Mesurage de la longueur de la diagonale ..... 7
8.10 Calcul de la valeur de la dureté ..... 7

**9 Incertitude des résultats** ..... **7**

**10 Rapport d'essai** ..... **8**

**Annexe A** (normative) **Mode opératoire de vérification périodique par l'utilisateur de la machine d'essai, du système de mesure de la diagonale et du pénétrateur** ..... **9**

**Annexe B** (informative) **Incertitude des valeurs de dureté mesurées** ..... **11**

**Annexe C** (informative) **Traçabilité du mesurage de la dureté Knoop** ..... **18**

**Annexe D** (informative) **Groupe de travail CCM sur la dureté** ..... **22**

**Annexe E** (informative) **Réglage des systèmes d'éclairage de Köhler** ..... **23**

**Bibliographie** ..... **24**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-44ba7e5a1fb2/iso-4545-1-2017

# 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 en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-44ba7c5a1fb2/iso-4545-1-2017

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 3, *Essais de dureté*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 4545-1:2005), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principaux changements par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

— suppression de la totalité des références aux diagonales d'empreinte < 0,020 mm;

— définition des exigences de résolution relatives au système de mesure;

— abaissement de la limite inférieure de la force d'essai pour l'essai de dureté Knoop à 0,009 807 N ;

— attribution d'un caractère normatif aux exigences relatives aux vérifications périodiques (hebdomadaires ou quotidiennes) de la machine d'essai, révision de la valeur de biais maximale admissible et révision des exigences concernant l'erreur maximale admissible applicable aux mesures de l'empreinte de référence;

— ajout de recommandations concernant l'inspection et la surveillance du pénétrateur (provenant de l'ISO 4545-2);

— révision des exigences concernant la vitesse d'approche du pénétrateur avant son entrée en contact avec la surface de l'échantillon;

— révision des exigences temporelles concernant l'application de la force d'essai et le temps de maintien de la force d'essai maximale pour indiquer les valeurs de temps cible;

 © ISO 2017 – Tous droits réservés

— ajout de la Figure 3 pour illustrer les exigences relatives à la distance minimale entre les empreintes; les distances ont été indiquées par rapport au centre des empreintes plutôt qu'à leurs limites, sans toutefois modifier les exigences;

— ajout d'exigences concernant le rapport d'essai (indication de la date d'essai) et les éventuelles méthodes de conversion de dureté utilisées;

— ajout des Annexes C, D et E concernant la traçabilité des mesurages de dureté Knoop, le Groupe de travail du CCM sur la dureté et le réglage des systèmes d'éclairage de Köhler, respectivement.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 4545 est disponible sur le site Internet de l'ISO.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-44ba7c5a1fb2/iso-4545-1-2017

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-44ba7c5a1fb2/iso-4545-1-2017

# Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop —

## Partie 1:
## Méthode d'essai

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie la méthode d'essai de dureté Knoop pour les matériaux métalliques, pour des forces d'essai comprises entre 0,009 807 N et 19,613 N.

Le présent document spécifie l'essai de dureté Knoop pour les longueurs de diagonale d'empreinte ≥ 0,020 mm. L'utilisation de cette méthode pour déterminer la dureté Knoop d'empreintes plus petites ne fait pas partie du domaine d'application du présent document, car les résultats ainsi obtenus présenteraient des incertitudes élevées en raison des limitations du mesurage optique et des imperfections concernant la géométrie de la pointe. L'ISO 14577-1 permet de déterminer la dureté des empreintes plus petites.

Une méthode de vérification périodique est spécifiée pour la vérification de routine, par l'utilisateur, de la machine d'essai utilisée.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Des considérations particulières pour les essais Knoop des revêtements métalliques sont disponibles dans l'ISO 4516.

## 2 Références normatives

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-
[illegible]

Les documents suivants, sont référencés de telle façon dans le texte que leur contenu en partie ou en totalité constitue des exigences pour le présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 4545-2, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop: — Partie 2: Vérification et étalonnage des machines d'essai*

ISO 4545-3, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop: — Partie 3: Étalonnage des blocs de référence*

## 3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse http://www.electropedia.org/

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse http://www.iso.org/obp

## 4 Principe

Un pénétrateur en diamant ayant la forme d'une pyramide à base rhombique, d'angles au sommet entre faces opposées, $\alpha$ et $\beta$, respectivement égaux à 172,5° et 130°, est imprimé à la surface d'une éprouvette puis la grande diagonale, $d$, de l'empreinte laissée sur la surface après suppression de la force d'essai, $F$, est mesurée (voir Figures 1 et 2).

© ISO 2017 – Tous droits réservés 

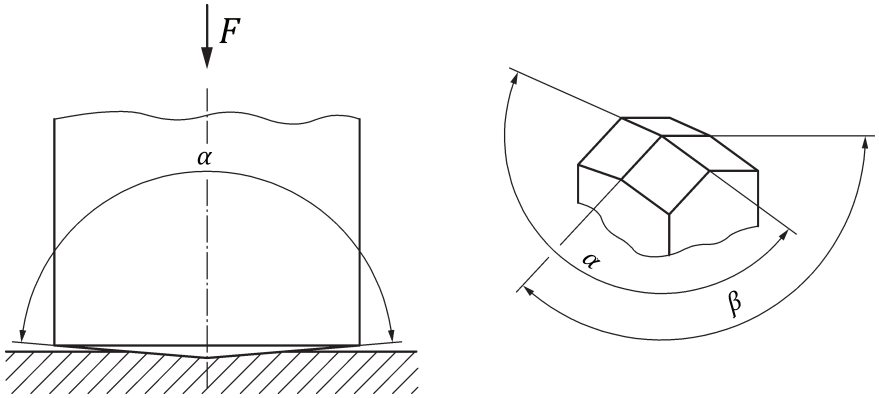



**Figure 1 — Principe de l'essai et géométrie du pénétrateur**

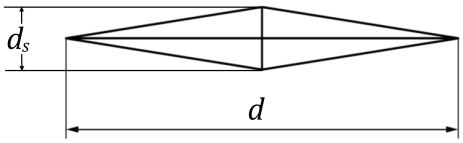



**Figure 2 — Empreinte Knoop**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

La dureté Knoop est proportionnelle au quotient de la force d'essai par l'aire projetée de l'empreinte qui est supposée être une pyramide à base rhombique, et ayant au sommet les mêmes angles que le pénétrateur.

NOTE Le cas échéant, le présent document d'essai adopte les paramètres de l'essai de dureté définis par le groupe de travail sur la dureté (CCM-WGH) dans le cadre du mandat du travail du Comité International des Poids et Mesures (CIPM) et du Comité Consultatif pour la Masse et Quantités apparentées (CCM) (voir Annexe D).

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/4545-1-2017
4168/ISO-4545-1-2017

## 5 Symboles et désignations

### 5.1 Symboles et désignations utilisés dans le présent document

Voir Tableau 1 et Figures 1 et 2.

**Tableau 1 — Symboles et désignation**

| Symbole | Désignation |
|---|---|
| $F$ | Force d'essai, en newtons (N) |
| $d$ | Longueur de la grande diagonale, en millimètres |
| $d_S$ | Longueur de la petite diagonale, en millimètres |
| $\alpha$ | Angle entre les faces opposées de la grande diagonale au sommet du pénétrateur à pyramide en diamant (nominalement 172,5°) (voir Figure 1) |
| $\beta$ | Angle entre les faces opposées de la petite diagonale au sommet de la pyramide en diamant (nominalement 130°) (voir Figure 1) |
| NOTE L'accélération standard due à la pesanteur, $g_n$ = 9,806 65 m/s$^2$, est le facteur de conversion de kgf en N.<br>Pour réduire l'incertitude, la dureté Knoop peut être calculée en utilisant les angles réels $\alpha$ et $\beta$ du pénétrateur. | |

 © ISO 2017 – Tous droits réservés

**Tableau 1** *(suite)*

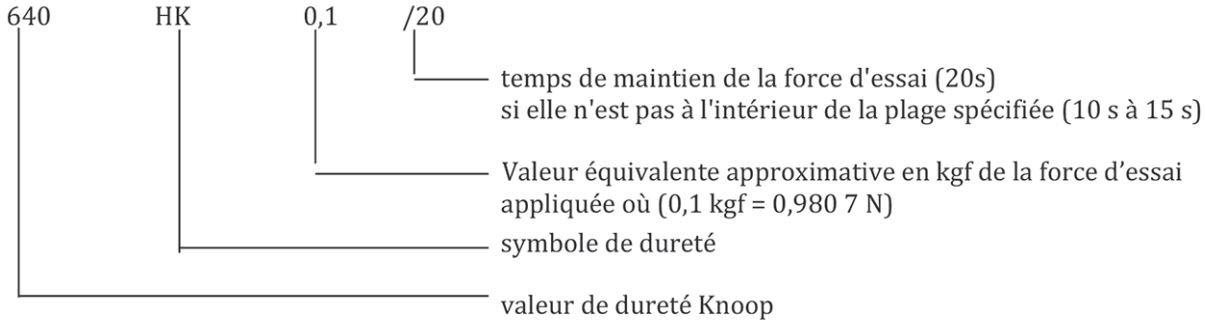
| Symbole | Désignation |
|---|---|
| $V$ | Grossissement du système de mesure |
| $c$ | Constante du pénétrateur, reliant l'aire projetée de l'empreinte au carré de la longueur de la grande diagonale<br>Constante du pénétrateur, $c = \dfrac{\tan\dfrac{\beta}{2}}{2\tan\dfrac{\alpha}{2}}$, pour les angles nominaux $\alpha$ et $\beta$, $c$ est environ 0,070 28 |
| HK | Dureté Knoop $= \dfrac{\text{Force d'essai (kgf)}}{\text{Aire projetée de l'empreinte (mm}^2\text{)}}$<br>$= \dfrac{1}{g_n} \times \dfrac{\text{Force d'essai (N)}}{\text{Aire projetée de l'empreinte (mm}^2\text{)}}$<br>$= \dfrac{1}{g_n} \times \dfrac{F}{cd^2}$<br>Pour la constante nominale du pénétrateur $c \approx 0{,}070\ 28$,<br>Dureté Knoop $\approx 1{,}451 \times \dfrac{F}{d^2}$ |
| NOTE L'accélération standard due à la pesanteur, $g_n$ = 9,806 65 m/s², est le facteur de conversion de kgf en N.<br>Pour réduire l'incertitude, la dureté Knoop peut être calculée en utilisant les angles réels $\alpha$ et $\beta$ du pénétrateur. | |

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

## 5.2 Désignation de l'indice de dureté

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a5-be9d-44ba7c5a1fb2/iso-4545-1-2017

La dureté Knoop, HK, est désignée comme indiqué dans l'exemple suivant.




# 6 Machine d'essai

## 6.1 Machine d'essai

La machine d'essai doit être capable d'appliquer une ou plusieurs forces prédéfinies comprises dans la plage des forces d'essai conformément à l'ISO 4545-2.

## 6.2 Pénétrateur

Le pénétrateur doit être constitué d'un diamant en forme de pyramide à base rhombique, comme spécifié dans l'ISO 4545-2.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

### 6.3 Système de mesure de la diagonale

Le système de mesure de la diagonale doit satisfaire aux spécifications de l'ISO 4545-2.

Il convient de disposer de grossissements tels que la diagonale puisse être agrandie entre 25 % et 75 % du maximum possible du champ de vision. De nombreuses lentilles d'objectifs sont non linéaires vers le bord du champ de vision.

NOTE Un système de mesure de la diagonale utilisant une caméra pour le mesurage peut utiliser 100 % du champ de vision de la caméra à condition qu'il soit conçu pour tenir compte des limites du système optique.

La résolution requise du système de mesure de la diagonale dépend de la taille de la plus petite empreinte à mesurer et doit être conforme au Tableau 2. Pour déterminer la résolution du système de mesure, il convient de tenir compte de la résolution du système optique du microscope, de la résolution numérique de l'échelle de mesure et du pas de chaque mouvement du plateau, le cas échéant.

**Tableau 2 — Résolution du système de mesure**

| Longueur de la diagonale<br>$d$<br>mm | Résolution du système de mesure |
|---|---|
| $0{,}020 \leq d < 0{,}080$ | 0,000 4 mm |
| $0{,}080 \leq d$ | 0,5 % de $d$ |

## 7 Éprouvette

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

### 7.1 Surface d'essai

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/1d1b1b1e-2205-1c2b-4463-bc8b-44b7c5c1b2/iso-4545-1-2017

L'essai doit être effectué sur une surface polie, lisse et plane, exempte de calamine et de matières étrangères et, en particulier, complètement exempte de lubrifiants, sauf spécification contraire des normes de produits. Le fini de surface doit permettre une détermination précise de la longueur de la diagonale de l'empreinte.

### 7.2 Préparation

La préparation doit être effectuée de manière à empêcher tout endommagement de la surface ou toute altération de la dureté de surface causés par un échauffement ou un écrouissage excessifs.

En raison de la faible profondeur des empreintes de dureté Knoop, il est essentiel que des précautions particulières soient prises lors de la préparation. Il est recommandé d'utiliser un procédé de polissage/électropolissage adapté au matériau à mesurer.

### 7.3 Épaisseur

L'épaisseur de l'éprouvette ou de la couche soumise à essai doit être d'au moins le tiers de la longueur de la diagonale de l'empreinte. Après l'essai, aucune déformation ne doit être visible sur la face opposée de l'éprouvette.

NOTE La profondeur de l'empreinte est d'environ 1/30 de la longueur de la diagonale (0,033 $d$).

### 7.4 Support pour les éprouvettes instables

Pour les éprouvettes de section transversale réduite ou de forme irrégulière, il convient d'utiliser un support dédié ou de les monter comme pour une microsection métallographique dans un matériau approprié de façon qu'elles soient maintenues correctement et qu'elles ne bougent pas quand la force est appliquée.

 © ISO 2017 – Tous droits réservés

# 8 Mode opératoire

## 8.1 Température d'essai

En règle générale, l'essai est effectué à température ambiante entre 10 °C et 35 °C. Si l'essai est réalisé à une température en dehors de cet intervalle, cela doit être consigné dans le rapport d'essai. Les essais effectués sous conditions contrôlées doivent être faits à une température de (23 ± 5) °C.

## 8.2 Force d'essai

Des forces d'essai typiques sont indiquées dans le Tableau 3. D'autres forces d'essai peuvent être utilisées. Les forces d'essai doivent être choisies afin d'obtenir des empreintes avec une diagonale longue supérieure à 0,020 mm.

**Tableau 3 — Forces d'essai typiques**

| Échelle de dureté | Valeur de la force d'essai, *F* | |
|---|---|---|
| | N | équivalent approximatif en kgf [a] |
| HK 0,001 | 0,009 807 | 0,001 |
| HK 0,002 | 0,019 61 | 0,002 |
| HK 0,005 | 0,049 03 | 0,005 |
| HK 0,01 | 0,098 07 | 0,010 |
| HK 0,02 | 0,196 1 | 0,020 |
| HK 0,025 | 0,245 2 | 0,025 |
| HK 0,05 | 0,490 3 | 0,050 |
| HK 0,1 | 0,980 7 | 0,100 |
| HK 0,2 | 1,961 | 0,200 |
| HK 0,3 | 2,942 | 0,300 |
| HK 0,5 | 4,903 | 0,500 |
| HK 1 | 9,807 | 1,000 |
| HK 2 | 19,613 | 2,000 |

[a] Ne correspond pas à une unité du Système International.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-44ba7c5a1fb2/iso-4545-1-2017

## 8.3 Vérification périodique

La vérification périodique définie à l'Annexe A doit être effectuée au plus tard une semaine avant l'utilisation pour chaque force d'essai utilisée, mais il est recommandé de l'effectuer le jour même de l'utilisation. Il est recommandé de procéder à une vérification périodique à chaque modification de la force d'essai. La vérification périodique doit être effectuée à chaque changement du pénétrateur.

## 8.4 Support de l'éprouvette

L'éprouvette doit être placée sur un support rigide. Les surfaces d'appui doivent être propres et exemptes de matières étrangères (calamine, huile, saleté, etc.). Il est important que l'éprouvette soit maintenue fermement sur le support de façon qu'aucun déplacement susceptible de modifier les résultats de l'essai ne puisse se produire pendant l'essai.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

## 8.5 Mise au point sur la surface d'essai

Mettre au point le microscope du système de mesure de la diagonale de façon à pouvoir observer la surface de l'éprouvette et l'emplacement d'essai souhaité.

NOTE Certaines machines d'essai ne requièrent pas la mise au point du microscope sur la surface de l'échantillon.

## 8.6 Application de la force d'essai

Le pénétrateur doit être amené au contact de la surface d'essai et la force d'essai doit être appliquée dans une direction perpendiculaire à la surface, sans choc ni vibration ou surcharge, jusqu'à ce que la force appliquée atteigne la valeur spécifiée. La durée entre l'application initiale de la force et le moment où la force totale d'essai est atteinte doit être de $7^{+1}_{-5}$ s.

NOTE 1 Les exigences concernant les temps de maintien sont données avec des limites asymétriques. Par exemple, $7^{+1}_{-5}$ s indique que 7 s est le temps de maintien nominal, avec une plage acceptable supérieure ou égale à 2 s (calculée comme 7 s - 5 s) et inférieure ou égale à 8 s (calculée comme 7 s + 1 s).

La vitesse de contact du pénétrateur avec l'éprouvette doit être ≤ 0,070 mm/s.

Le temps de maintien de la force d'essai doit être de $14^{+1}_{-4}$ s sauf pour les essais sur des matériaux dont les propriétés dépendantes du temps rendent cette plage inadéquate. Pour ces essais, le temps de maintien de la force doit être spécifié dans le cadre de la désignation de la dureté (voir 5.2).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

NOTE 2 Il a été montré que certains matériaux sont sensibles à la vitesse de mise sous tension, ce qui modifie la valeur de la limite d'élasticité. L'effet correspondant sur la fin de la formation d'une empreinte peut modifier la valeur de la dureté.

ISO 4545-1:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd0a8295-1cf1-44a3-be9d-44ba7c5a1fb2/iso-4545-1-2017

## 8.7 Prévention de l'effet d'un choc ou d'une vibration

Tout au long de l'essai, la machine d'essai doit être protégée contre les chocs ou les vibrations[6].

## 8.8 Distance minimale entre empreintes adjacentes

La distance minimale entre deux empreintes adjacentes et la distance minimale entre une empreinte et un bord de l'éprouvette sont indiquées à la Figure 3.

La distance minimale entre le bord de l'éprouvette et le centre d'une empreinte placée parallèlement au bord de l'éprouvette doit être au moins égale à 3,5 fois la longueur de la petite diagonale de l'empreinte. La distance minimale entre le bord de l'éprouvette et le centre d'une empreinte placée perpendiculairement au bord de l'éprouvette doit être au moins égale à la longueur de la grande diagonale de l'empreinte.

La distance minimale entre les centres de deux empreintes adjacentes, placées côte à côte, doit être au moins égale à 3,5 fois la longueur de la petite diagonale. Pour les empreintes placées extrémité contre extrémité, la distance minimale entre les centres de deux empreintes adjacentes doit être au moins égale à deux fois la longueur de la grande diagonale. Si deux empreintes diffèrent par leurs dimensions, l'espacement minimal doit être basé sur la diagonale de l'empreinte la plus grande.

 © ISO 2017 – Tous droits réservés