
Norme internationale



4516

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

Revêtements métalliques — Essais de microdureté Vickers et Knoop

Metallic and related coatings — Vickers and Knoop microhardness tests

Première édition — 1980-05-15

Corrigée et réimprimée — 1983-03-01

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4516:1980](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3384a08-6a21-42ec-a917-1ab5e5c23fab/iso-4516-1980>

CDU 669.058 : 620.178.152.341.4

Réf. n° : ISO 4516-1980 (F)

Descripteurs : revêtement métallique, essai, essai de dureté, essai de microdureté, dureté Vickers.

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 4516 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques*, et a été soumise aux comités membres en août 1978.

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée : [ISO 4516:1980](#)

Afrique du Sud, Rép. d'	Irlande	https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3384a08-6a21-42ec-a917-1ab5e5027ab/iso-4516-1980
Allemagne, R. F.	Israël	Royaume-Uni
Australie	Italie	Suède
Égypte, Rép. arabe d'	Japon	Suisse
Espagne	Mexique	Tchécoslovaquie
France	Pays-Bas	Turquie
Hongrie	Pologne	URSS
Inde	Roumanie	USA

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

Revêtements métalliques — Essais de microdureté Vickers et Knoop

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

0 Introduction

Les essais de microdureté impliquent un certain nombre de facteurs sur lesquels aucun accord international n'est encore intervenu, et en particulier :

- la vérification des machines d'essai et des blocs de référence normalisés;
- la vitesse d'application du pénétrateur et son importance par rapport à son énergie cinétique.

En dépit de ces nombreux points encore ambigus, les paramètres spécifiés dans la présente Norme internationale sont suffisamment importants pour justifier une normalisation assez ample, d'autant que les procédures décrites sont très utilisées dans la pratique.

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode d'application des essais de microdureté Vickers et Knoop aux revêtements métalliques.

Cette méthode est applicable lorsque l'essai de macrodureté ne convient pas en raison des charges élevées qu'il implique, et donc lorsque l'effort exercé par le pénétrateur doit être inférieur à 10 N, comme c'est le cas pour les dépôts électrolytiques, les dépôts autocatalytiques, les revêtements par métallisation au pistolet et les couches anodiques sur l'aluminium.

Pour obtenir des résultats satisfaisants, il est nécessaire d'avoir une épaisseur de revêtement suffisante et il est généralement avantageux d'effectuer les essais sur des coupes transversales (voir 7.3 et 7.4).

NOTE — Il convient d'attirer l'attention sur le fait qu'une norme générale sur les essais de microdureté Vickers et Knoop est actuellement en préparation à l'ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*. Ce comité technique prépare également des normes pour la vérification des appareils d'essai de la microdureté et pour la vérification des blocs de référence normalisés à utiliser avec ces appareils.

2 Références

ISO 409/1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté — Tableaux des valeurs de dureté Vickers pour utilisation dans les essais effectués sur surfaces planes — Partie 1 : HV5 à HV100*.

ISO 1463, *Revêtements métalliques et couches d'oxyde — Mesurage de l'épaisseur — Méthode par coupe micrographique*.

3 Principe

L'essai consiste à imprimer la marque d'un pénétrateur dans un dépôt métallique et à mesurer au microscope la (ou les) diagonale(s) de l'empreinte laissée sur la surface après enlèvement du pénétrateur.

Un nombre connu comme nombre de dureté Vickers ou Knoop est obtenu à partir de ce mesurage, à l'aide des équations indiquées dans le chapitre 4.

4 Symboles et désignations

Symbole	Unité de mesure	Désignation	
		Vickers	Knoop
<i>F</i>	N (1 N ≈ 0,102 kgf)	Charge d'essai en newtons	Charge d'essai en newtons
<i>D</i>	µm	Moyenne arithmétique des deux diagonales <i>d'</i> et <i>d''</i> mesurées séparément $d = \frac{d' + d''}{2}$	Longueur de la plus grande diagonale
HV	—	Nombre de dureté Vickers $\frac{0,102 \times F}{A_v} = 1,854 \times 10^6 \frac{0,102 \times F}{d^2}$ où <i>A_v</i> est l'aire de l'empreinte, en millimètres carrés*	
HK	—		Nombre de dureté Knoop $\frac{0,102 \times F}{A_k} = 14,229 \times 10^6 \frac{0,102 \times F}{d^2}$ où <i>A_k</i> est l'aire de la surface projetée de l'empreinte, en millimètres carrés*

* Les valeurs de l'aire correspondant à la (aux) diagonale(s) mesurée(s) sont données dans les tables fournies par les fabricants de machines et appareils d'essai.

Les symboles HV et HK sont complétés chacun par un indice numérique indiquant la charge d'essai utilisée exprimée en newtons multipliée par 0,102, c'est-à-dire égale à la charge d'essai exprimée en kilogrammes-force.¹⁾

Exemple :

Si une charge de 0,245 N est appliquée pendant les essais de microdureté Vickers ou Knoop, le symbole sera HV 0,025 ou HK 0,025 (où 0,025 est dérivé, dans les deux cas, de 0,102 × 0,245). Inversement, le symbole HV 0,025 ou HK 0,025 signifie une dureté Vickers ou Knoop, résultant d'une charge d'essai de 0,025 × 9,807 = 0,245 N.

5 Appareillage

5.1 Appareil d'essai

L'appareil d'essai est muni d'un pénétrateur se déplaçant verticalement, qui s'abaisse lentement jusqu'au contact de la surface d'essai où il est maintenu, durant un temps donné, sous une force donnée.

5.2 Pénétrateurs

5.2.1 Forme et dimensions

5.2.1.1 Pénétrateur Vickers

Le pénétrateur est une pointe de diamant taillée en forme de pyramide droite, à base carrée (voir figure 1). L'angle au sommet formé par deux faces opposées doit être de 136 ± 0,5°.

Cet angle doit être vérifié à l'aide d'un goniomètre à deux cercles, de précision appropriée. La relation entre les diagonales, *d'* et *d''*, et la profondeur de l'empreinte, *t*, est d'environ

$$7t = \frac{d' + d''}{2}$$

Les quatre faces doivent avoir une inclinaison égale par rapport à l'axe du pénétrateur (à 0,3° près), et se rejoindre en un point; néanmoins, si deux faces opposées se coupent selon une ligne (défaut de jonction), sa longueur ne doit pas être supérieure à 0,5 µm. La forme générale de la pointe est représentée, fortement agrandie, à la figure 2.

5.2.1.2 Pénétrateur Knoop

Le pénétrateur est composé d'une pyramide droite à base rhomboïdale dont le sommet est en diamant (voir figure 3). L'angle au sommet formé par deux arêtes opposées doit être de 172,5 ± 0,08° dans le sens longitudinal, et de 130 ± 0,08° dans le sens latéral. Ces angles doivent être vérifiés à l'aide d'un goniomètre à deux cercles, de précision appropriée.

Les quatre faces doivent avoir une inclinaison égale par rapport à l'axe du pénétrateur (à 0,2° près), et se rejoindre en un point; néanmoins, si deux faces opposées se coupent selon une ligne (défaut de jonction), sa longueur ne doit pas être supérieure à 1 µm. La forme générale de la pointe est représentée, fortement agrandie, à la figure 4.

5.2.2 Caractéristiques de la surface

Les faces du pénétrateur doivent être lisses et exemptes de fissures ou autres défauts. Le diamant doit être vérifié périodiquement. Les matières étrangères doivent être enlevées. S'il est fis-

1) En juin 1970, le comité technique ISO/TC 17, *Acier*, a décidé que la formule de calcul et le système de désignation de la dureté devraient être tels que la valeur numérique du nombre de dureté ne soit pas affectée par l'introduction SI de la force, le newton en remplacement de l'ancienne unité, le kilogramme-force. Ainsi, le multiplicateur 0,102 doit-il être appliqué aussi bien à la formule de calcul qu'à l'indice utilisé pour la désignation de la dureté.

suré ou écaillé, ou lâche dans son support, le pénétrateur doit être remplacé. Pour le nettoyage, le pénétrateur peut être enfoncé dans un bloc de cuivre ou d'acier mou ou être plongé dans un solvant approprié non susceptible d'attaquer l'appareil. L'examen du diamant peut être effectué à l'aide d'un microscope stéréoscopique avec un grossissement de 100 X. Les craquelures et autres défauts peuvent quelquefois être décelés par examen de la forme et de la symétrie de l'empreinte.

5.3 Blocs de référence normalisés

Pour vérifier l'appareil et les mesures, il est recommandé de procéder à des comparaisons avec des blocs de référence normalisés dont la gamme de dureté est représentative de la totalité des duretés considérées. Chaque bloc de référence doit être en métal de structure granuleuse compacte et avoir une dureté uniforme connue mesurée sous une charge d'essai particulière fixée par les autorités d'étalonnage ou le fabricant de l'instrument de mesurage. La charge d'essai doit correspondre à celle utilisée pour les mesures réelles.

6 Facteurs affectant la précision

6.1 Charge d'essai

La valeur de la microdureté obtenue dépend beaucoup plus de la charge appliquée que la macrodureté (charges supérieures à 10 N). En raison d'un grand nombre de facteurs, parmi lesquels l'anisotropie, il est très important d'indiquer l'endroit de l'éprouvette où le mesurage est effectué. Des valeurs comparables de dureté ne seront obtenues que si les essais sont effectués sous charge identique et pendant la même durée.

Pour obtenir la valeur de microdureté du revêtement la plus exacte possible, il est conseillé d'employer les charges maximales compatibles avec l'épaisseur de celui-ci (voir figure 5, et 7.3.1, 7.4 et 7.3.2). Il n'est possible d'obtenir des résultats comparables que si l'on utilise la même charge d'essai. Pour les revêtements indiqués, on doit utiliser les charges d'essai suivantes :

0,245 N (0,025 kgf)	matériaux de dureté inférieure à 300, métaux précieux et leurs alliages et revêtements minces en général;
0,490 N (0,050 kgf)	couches anodiques dures sur l'aluminium;
0,981 N (0,100 kgf)	matériaux autres que métaux précieux de nombres de dureté supérieurs à 300.

6.2 Vitesse d'application de la charge

Si le pénétrateur est amené au contact de la surface d'essai à trop grande vitesse, la valeur de dureté obtenue sera sous-estimée. La vitesse du pénétrateur doit être telle qu'une réduction de celle-ci ne provoque pas d'augmentation du nombre de dureté. La vitesse correcte se situe entre 15 et 70 $\mu\text{m/s}$. Pour déterminer si la vitesse est correcte, on procède à plusieurs essais à des vitesses graduellement décroissantes. La vitesse en dessous de laquelle ne se produit plus aucune variation du résultat est la vitesse à utiliser avec la charge choisie. Ces essais doivent être effectués avec les mêmes matériaux et charges d'essai que ceux qui seront utilisés pour les essais de dureté.

6.3 Dureté d'application de la charge d'essai

La charge doit normalement être appliquée durant 10 à 15 s. Si la durée diffère de ces valeurs, le temps réel d'application doit accompagner le résultat, comme spécifié en 8.2. Si la durée d'application de la charge d'essai est inférieure à 10 s, la taille de l'empreinte peut être fonction du temps et les valeurs de dureté seront surestimées. Pour certains matériaux ayant tendance au fluage à la température ambiante, la durée d'application de la charge a une importance critique.

6.4 Vibrations

Les vibrations représentent une source d'erreur importante quelle que soit la charge appliquée, mais leur effet est beaucoup plus prononcé avec de petites charges. En général, la valeur de la dureté est sous-estimée en cas de vibrations. Cette source d'erreur peut être décelée par des mesurages comparatifs sur un échantillon de dureté connue, proche de celle de la surface soumise à l'essai (voir 5.3). L'échantillon doit être monté dans un support rigide pour limiter l'effet des vibrations.

6.5 État de surface de l'échantillon

6.5.1 Rugosité

Si la surface d'essai est rugueuse, il peut être impossible de mesurer avec précision la longueur de la diagonale de l'empreinte. C'est l'une des raisons pour lesquelles la microdureté est très souvent déterminée sur une section transversale. L'échantillon peut être poli par des moyens chimiques, électrochimiques ou mécaniques. Le polissage mécanique doit être effectué de manière à réduire au maximum les échauffements locaux ou écrouissage qui modifieraient la dureté.

En raison de la rugosité des revêtements par métallisation au pistolet, le mesurage de la microdureté de ces revêtements doit normalement être effectué sur une section transversale. Dans le cas de surfaces rectifiées, on peut effectuer les mesurages de microdureté sur ces surfaces.

6.5.2 Courbure de la surface

La courbure de la surface introduit une certaine erreur dans la détermination de la microdureté, erreur qui augmente lorsque le rayon diminue. Sur les surfaces convexes, on obtient des valeurs de dureté plus grandes et, sur les surfaces concaves, des valeurs de dureté plus faibles que les duretés réelles.

Si l'essai de dureté Vickers doit être effectué sur un échantillon de surface fortement incurvée, l'influence de la courbure peut être compensée par l'usage de facteurs de correction (voir ISO/R 409). Les valeurs de dureté Knoop peuvent être corrigées à l'aide d'un facteur obtenu par des essais d'échantillons de même rayon et de dureté connue proche de celle de l'objet essayé. Si les pièces sont cylindriques, la diagonale la plus grande doit être alignée sur l'axe du cylindre.

6.6 Orientation

6.6.1 Alignement de la surface d'essai

Si la surface d'essai n'est pas perpendiculaire à l'axe du pénétrateur, la mesure ne sera pas valable. Dans le cas de matériaux isotropes, il y a non-perpendicularité si l'une des branches de la diagonale est notablement plus longue que l'autre.

6.6.2 Inclinaison de la surface

L'échantillon à examiner doit être placé sur la table support ou présenté de manière que la surface d'essai soit perpendiculaire à la direction de la charge d'essai; sinon, l'empreinte sera distordue. Cette position doit être maintenue pendant toute la durée de l'essai.

6.7 Matériaux fragiles

Lorsque le revêtement se fissure au moment où l'on fait l'empreinte, la dureté obtenue n'est pas valable. On surmonte souvent la difficulté en utilisant une charge d'essai plus faible.

6.8 Pouvoir de résolution du microscope

La précision de mesurage, spécifiée en 7.6, est obtenue en utilisant un objectif sec, de grossissement $> 400 X$. En se servant du système d'éclairage, on place l'échantillon perpendiculairement à l'axe optique. La grandeur de l'ouverture doit être réglée au moyen du diaphragme d'illumination, jusqu'à ce que la lumière réfléchie remplisse entre les deux tiers et la totalité de l'ouverture de l'objectif, mais sans la dépasser.

L'utilisation d'un filtre vert permet d'effectuer le mesurage dans la gamme de sensibilité maximale de l'œil.

6.9 Emplacement des empreintes

La dimension et la forme de l'empreinte peuvent être influencées par le voisinage de matériaux différents de celui du dépôt. Si l'empreinte est proche du métal de base et si celui-ci est plus tendre que le revêtement, la dureté obtenue peut être sous-estimée. Ce genre d'erreurs peut être repéré par une forme anormale de l'empreinte (voir 7.3.1, 7.3.3 et 7.4).

7 Mode opératoire

7.1 Généralités

Tous les instruments doivent être utilisés conformément aux instructions du fabricant, compte tenu des facteurs mentionnés dans le chapitre 6. L'essai de microdureté peut être effectué sur une section transversale de dépôt ou sur la surface elle-même, à condition que les caractéristiques du dépôt (rugosité, épaisseur, etc.) permettent une mesure précise de la (des) diagonale(s) de l'empreinte.

7.2 Choix de la charge d'essai

Sauf spécification ou décision technique contraire, utiliser la charge d'essai spécifiée en 6.1. Si, pour certaines raisons, d'autres charges d'essai sont utilisées, les duretés obtenues peuvent différer notablement de celles qui seraient obtenues avec les charges spécifiées. Les résultats peuvent toutefois être valables à des fins de comparaison ou de contrôle.

7.3 Mesurage sur coupe transversale

7.3.1 Épaisseur du dépôt

Pour le pénétrateur Vickers, l'épaisseur doit être suffisamment grande pour donner des empreintes remplissant les conditions

indiquées ci-après, lorsque la surface d'essai est convenablement alignée (voir 6.5.3) et lorsqu'une diagonale est perpendiculaire au bord du revêtement.

a) chaque sommet de l'empreinte doit être situé à une distance de tout bord du dépôt au moins égale à la longueur d'une demi-diagonale.

b) les deux diagonales doivent être de longueur égale, à 5 % près.

c) les quatre arêtes de l'empreinte doivent être de longueur égale, à 5 % près.

Pour le pénétrateur Knoop, l'épaisseur de dépôt doit être d'au moins $40 \mu\text{m}$ pour les revêtements tendres (or, cuivre et argent) et d'au moins $25 \mu\text{m}$ pour les revêtements durs (nickel, cobalt, fer, métaux précieux durs et leurs alliages).

7.3.2 Préparation de l'éprouvette

Découper une partie de l'échantillon et recouvrir le revêtement d'une couche métallique de dureté approximativement équivalente à celle du revêtement, et d'épaisseur au moins égale à $12 \mu\text{m}$.

Procéder au montage, au polissage et au décapage de l'éprouvette conformément à l'ISO 1463. L'écroutissage doit être minimal (voir 6.5.1).

7.3.3 Empreinte

Dans le cas de l'essai Knoop, la diagonale la plus grande doit se trouver au centre du revêtement, parallèlement à son bord. Pour l'essai Vickers, l'une des diagonales doit être approximativement perpendiculaire à l'interface dépôt-métal de base. L'écart entre le centre d'une empreinte et celui d'une autre empreinte doit représenter au moins 2,5 fois la longueur de la diagonale mesurée. Lorsque le matériau essayé est stratifié, une interface joue le rôle de bord pour la détermination de l'écartement des empreintes.

7.4 Mesurage perpendiculairement à la surface

Avant d'effectuer un essai de dureté perpendiculairement à la surface, il convient de mesurer l'épaisseur du revêtement selon la méthode appropriée décrite dans la Norme internationale correspondante.

La charge à appliquer doit être telle que la profondeur de l'empreinte soit inférieure à un dixième de l'épaisseur du revêtement (voir figure 5). Cela signifie que l'épaisseur du revêtement doit être d'au moins 1,4 fois la longueur moyenne des diagonales pour l'essai Vickers, et d'au moins 0,35 fois la longueur de la plus grande diagonale pour l'essai Knoop. Des revêtements plus minces donneront également des résultats satisfaisants si la dureté du métal de base et celle du revêtement sont très proches.

7.5 Température

Les essais doivent être effectués à une température de $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. La température doit être indiquée dans le procès-verbal d'essai (chapitre 9), si elle diffère de cette valeur.

7.6 Optique

L'empreinte de dureté devrait être mesurée dans la zone centrale du champ de l'oculaire, et la surface de l'empreinte ne doit pas dépasser les deux tiers de l'aire totale du champ.

L'empreinte doit être mesurée soit au moyen d'un oculaire micrométrique, soit, de préférence, au moyen d'un oculaire à vis micrométrique. Pour des mesurages différentiels, le curseur de mesure devrait toujours être amené en position de mesure dans le même sens, et la lecture toujours prise sur le même bord.

L'oculaire à vis micrométrique est étalonné par comparaison avec une échelle micrométrique ayant une tolérance $< 0,2 \mu\text{m}$.

Afin d'atteindre une erreur de mesurage de 5 % ou moins, la longueur des diagonales de l'empreinte doit être d'au moins $16 \mu\text{m}$.

7.7 Calculs

Pour calculer la dureté Vickers, d doit être la moyenne arithmétique de la longueur des deux diagonales de l'empreinte mesurées séparément. Si le matériau est amorphe ou de structure granuleuse compacte, la mesure de dureté est considérée comme valable si la différence de longueur entre les deux diagonales est inférieure à 10 % de la plus longue diagonale.

On procédera à au moins cinq mesurages pour chaque éprouvette et on calculera chaque fois la valeur moyenne de la dureté. Les fabricants d'instruments de mesure de la microdureté fournissent des tables de calcul du nombre de dureté.

7.8 Éprouvettes

Des éprouvettes peuvent être utilisées si les pièces réellement fabriquées ont une épaisseur de revêtement trop faible pour être mesurée. Les valeurs obtenues ne reflètent pas la dureté «vraie» des revêtements minces sur les pièces fabriquées, mais elles peuvent être utiles pour effectuer des corrélations avec d'autres propriétés des revêtements, telles que résistance à l'usure. L'essai peut être utile pour vérifier les bains d'électrolyse, notamment pour les dépôts d'or, dont la dureté est fonction de la composition du bain et de toutes les variables du processus de revêtement. Les conditions de revêtement des éprouvettes, telles que l'intensité du courant, température, agitation et composition de la solution, doivent être aussi voisines que possible de celles de fabrication des pièces par le procédé soumis à l'essai.

8 Expression des résultats

8.1 Les résultats d'essai doivent être notés sous forme de la fourchette des nombres de dureté (nombre le plus faible et nombre le plus élevé) obtenus sur au moins cinq empreintes. La moyenne de ces résultats peut également être notée.

8.2 Dans l'expression des résultats, les symboles de microdureté (HV pour l'essai Vickers, HK pour l'essai Knoop) doit être précédé de la fourchette déterminée et doit être suivi d'un indice numérique représentant la charge (exprimée en newtons et multipliée par 0,102) et d'un second indice numérique indiquant la durée d'application de la charge lorsque celle-ci n'est pas comprise dans l'intervalle 10 à 15 s.

Exemples :

Si une microdureté Vickers de 310 à 320 a été déterminée en utilisant une charge d'essai de 0,981 N (0,1 kgf), appliquée durant 10 à 15 s, le résultat doit être indiqué sous la forme 310-320 HV 0,1.

Inversement, le symbole 67-70 HK 0,025/20 signifie que la dureté Knoop indiquée a été mesurée en utilisant une charge d'essai de $0,025 \times 9,81 \text{ N} = 0,245 \text{ N}$ (0,025 kgf) appliquée durant 20 s.

9 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'un essai de microdureté doit contenir

- le numéro et le titre de la présente Norme internationale;
- les valeurs de la microdureté obtenues, en utilisant les symboles et désignations appropriées (voir chapitre 4);
- les conditions de mesurage : sur coupe transversale ou perpendiculairement à la surface;
- tout critère anormal noté au cours des mesurages, tel que température différente de la normale (voir 7.5), durée d'application de la charge plus longue que la normale (voir 6.3), etc.;
- toute condition opératoire considérée comme laissée au choix ou non prévue dans la présente Norme internationale, ou non prévue dans les Normes internationales auxquelles il est fait référence.

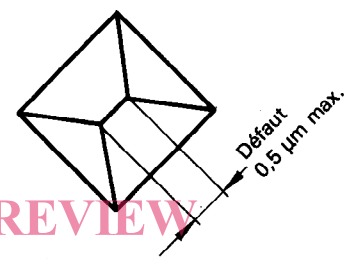
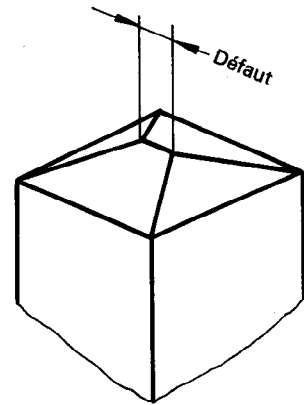
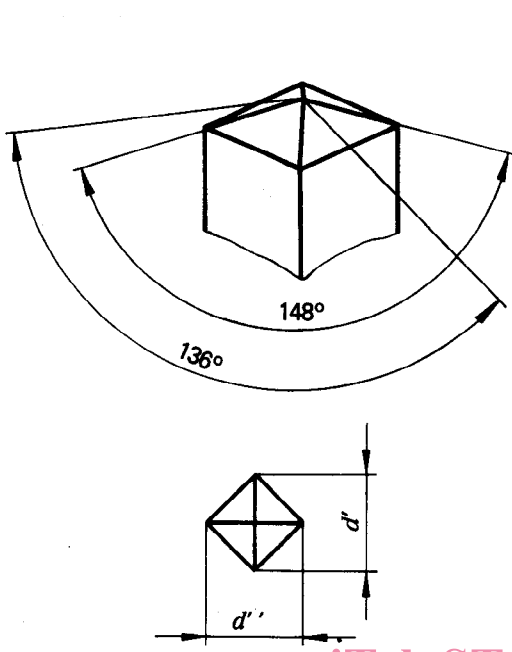


Figure 1 — Pénétrateur Vickers

Figure 2 — Défaut de jonction des arêtes du pénétrateur Vickers

ISO 4516:1980
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3384a08-6a21-42ec-a917-1ab5e5c23fab/iso-4516-1980>

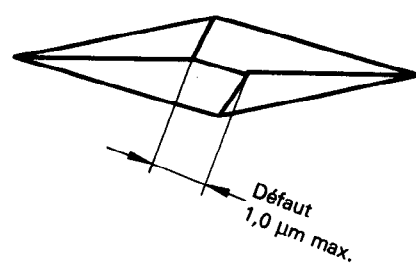
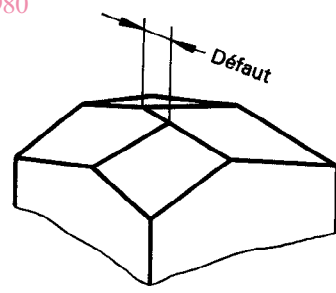
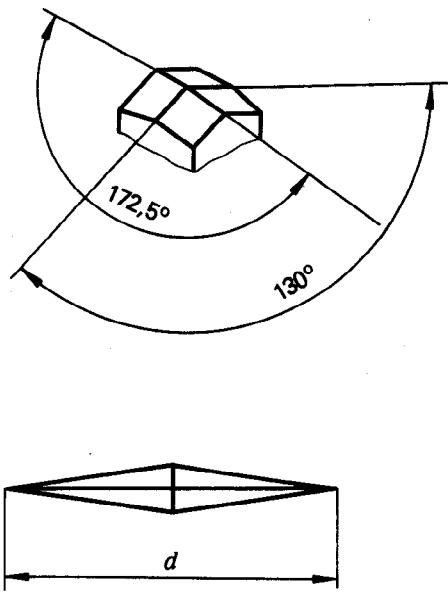


Figure 3 — Pénétrateur Knoop

Figure 4 — Défaut de jonction des arêtes du pénétrateur Knoop

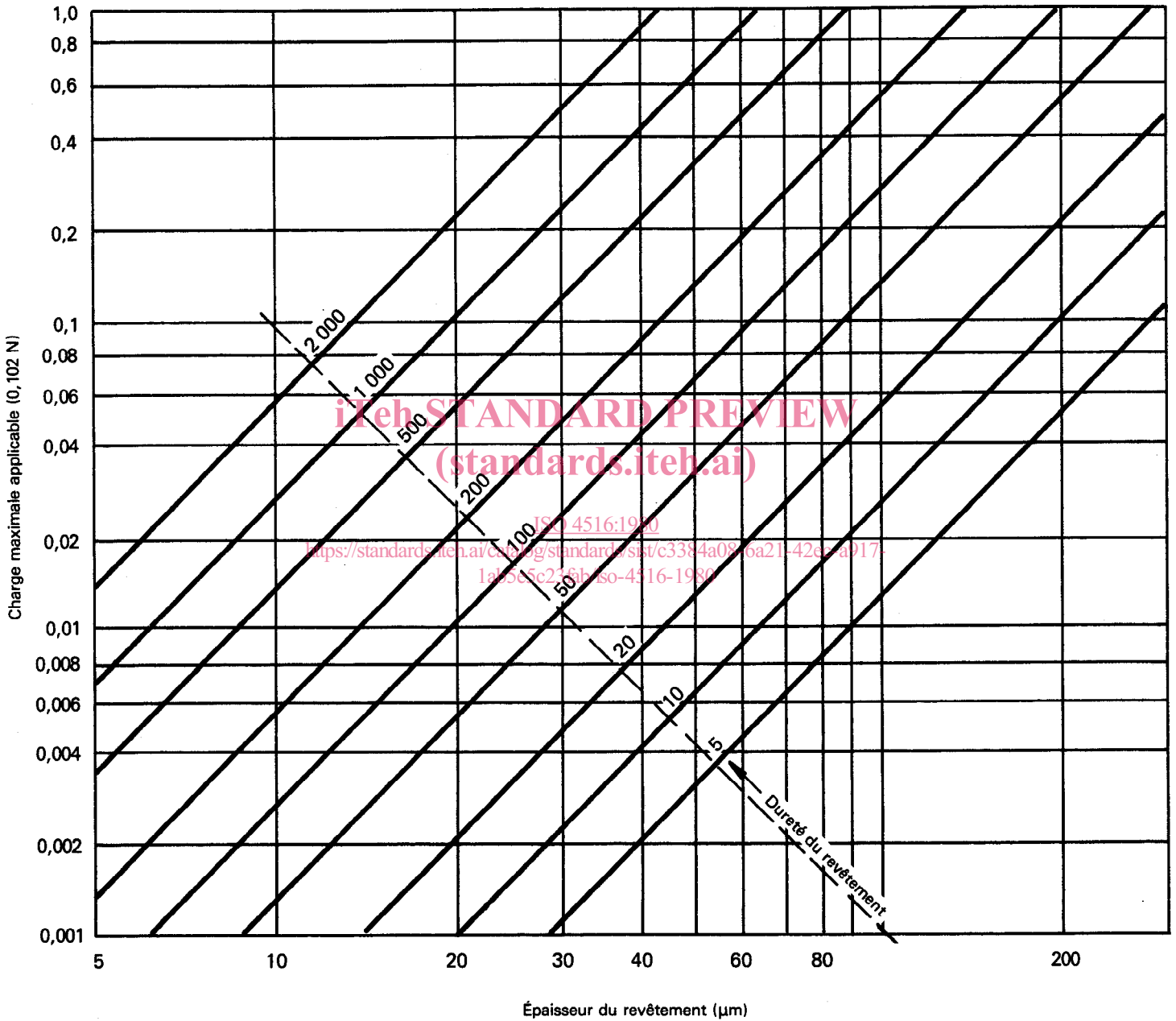


Figure 5 — Relation entre la charge maximale applicable et l'épaisseur du revêtement (pénétrateur Vickers)