NORME INTERNATIONALE

ISO 14577-4

Deuxième édition
2016-11-01

Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux —

Partie 4: Méthode d'essai pour les revêtements métalliques et non métalliques

Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters —

Part 4: Test method for metallic and non-metallic coatings

Numéro de référence
ISO 14577-4:2016(F)

© ISO 2016



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, 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**
Introduction ..... **v**
1 Domaine d'application **1**
2 Références normatives **2**
3 Symboles et désignations **2**
4 Étalonnage et vérification directe des machines d'essai **2**
5 Éprouvettes **3**
5.1 Généralités 3
5.2 Rugosité de surface 3
5.3 Polissage 3
5.4 Propreté de surface 4
6 Mode opératoire **4**
6.1 Conditions d'essai 4
6.2 Mode opératoire de mesure 5
6.2.1 Généralités 5
6.2.2 Expérimentations avec contrôle de force 5
7 Analyse de données et évaluation des résultats pour des pénétrations perpendiculairement à la surface **6**
7.1 Généralités 6
7.2 Module de pénétration du revêtement 7
7.3 Dureté de pénétration du revêtement 10
8 Incertitude des résultats **16**
9 Rapport d'essai **16**
Annexe A (informative) **Point de contact et régime purement élastique** **17**
Bibliographie **19**

© ISO 2016 – Tous droits réservés

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 appelée 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.

Pour une explication de 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/iso/fr/foreword.html.

L'ISO 14577-4 a été élaborée 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 14577-4:2007), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 14577 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux*:

— *Partie 1: Méthode d'essai*

— *Partie 2: Vérification et étalonnage des machines d'essai*

— *Partie 3: Étalonnage des blocs de référence*

— *Partie 4: Méthode d'essai pour les revêtements métalliques et non métalliques*

 © ISO 2016 – Tous droits réservés

Introduction

Les caractéristiques d'élasticité et de plasticité d'un revêtement sont des facteurs critiques déterminant la performance du produit revêtu. En effet, de nombreux revêtements sont développés de manière spécifique pour fournir une résistance à l'usure qui est généralement conférée par leur dureté élevée. La mesure de la dureté du revêtement est souvent utilisée comme une vérification au titre du contrôle de qualité. Le module de Young devient important lorsque le calcul de la contrainte dans un revêtement est requis pour la conception des éléments revêtus. Par exemple, la capacité des éléments revêtus à supporter des forces externes appliquées est une caractéristique importante pour la capacité de tout système revêtu.

Il est relativement simple de déterminer la dureté et le module de pénétration des matériaux massifs au moyen de la pénétration instrumentée. Cependant, lorsque les mesurages sont effectués perpendiculairement à une surface revêtue, les caractéristiques du substrat influencent le résultat, en fonction de la force appliquée et de l'épaisseur du revêtement.

L'objectif de la présente partie de l'ISO 14577 est de fournir des lignes directrices relatives aux conditions pour lesquelles une influence significative du substrat est détectée et, de fournir des méthodes analytiques possibles pour permettre d'extraire les caractéristiques du revêtement du mesurage composite. Dans certains cas, la caractéristique du revêtement peut être déterminée directement à partir des mesurages sur une section transversale.

© ISO 2016 – Tous droits réservés

Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux —

Partie 4: Méthode d'essai pour les revêtements métalliques et non métalliques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 14577 spécifie une méthode d'essai pour les revêtements qui convient particulièrement pour soumettre à essai dans la plage nano-micro, applicable aux revêtements minces. Cependant l'application de la méthode de la présente partie de l'ISO 14577 n'est pas nécessaire si la profondeur de pénétration correspond à une fraction si petite de l'épaisseur du revêtement que, dans tous les cas possibles, une influence du substrat peut être négligée et le revêtement peut être considéré comme un matériau massif. Les limites de tels cas sont données.

La présente méthode d'essai est limitée à l'examen des couches simples lorsque l'empreinte est réalisée perpendiculairement à la surface de l'éprouvette, mais les revêtements avec une gradation ou comportant plusieurs couches peuvent également faire l'objet de mesures dans la section si l'épaisseur des couches individuelles ou des zones où la dureté évolue est supérieure à la résolution spatiale du processus de pénétration.

La méthode d'essai n'est pas limitée à un quelconque type particulier de matériau. Les revêtements métalliques et non métalliques sont inclus dans le domaine d'application de la présente partie de l'ISO 14577, le terme revêtement est utilisé pour désigner toute couche solide de caractéristiques homogènes différentes de celles du substrat à laquelle elle est reliée. La méthode suppose que les propriétés du revêtement sont constantes avec la profondeur de pénétration. Les revêtements composites sont considérés homogènes si la taille de la structure est inférieure à la taille de l'empreinte.

L'application de la présente partie de l'ISO 14577 en ce qui concerne la mesure de la dureté est possible seulement si le pénétrateur est une pyramide ou un cône avec un rayon de courbure de la pointe suffisamment petit pour que la déformation plastique se produise à l'intérieur du revêtement. La dureté des matériaux visco-élastiques ou des matériaux présentant un fluage significatif sera largement influencée par le temps utilisé pour réaliser l'essai.

NOTE 1 L'ISO 14577-1, l'ISO 14577-2 et l'ISO 14577-3 définissent l'utilisation des essais de pénétration instrumentés des matériaux massifs pour toutes les gammes de force et de déplacement.

NOTE 2 L'analyse utilisée ici ne donne aucune tolérance pour des empreintes se tassant ou s'enfonçant. L'utilisation d'un microscope à force atomique (MFA) pour évaluer la forme de l'empreinte permet la détermination d'éventuels tassements ou enfoncements de la surface autour de l'empreinte. Ces effets de surface entraînent une sous-estimation (tassement) ou une surestimation (enfoncement) de l'aire de contact dans l'analyse et de ce fait peuvent influencer les résultats mesurés. Le tassement survient en général pour des matériaux complètement écrouis. Le tassement de matériaux mous et ductiles est plus probable pour des revêtements minces du fait du confinement des contraintes dans la zone de déformation plastique dans le revêtement. Il a été indiqué qu'un matériau avec tassement conduit à une augmentation effective de la zone de contact pour la détermination de la dureté alors que l'effet est moins prononcé pour la détermination du module de pénétration puisque le matériau avec tassement se comporte de manière moins rigide[1][2].

© ISO 2016 – Tous droits réservés

2 Références normatives

Les documents de référence suivants, en tout ou partie, sont indispensables pour l'application du 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 14577-1, *Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 14577-2, *Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux — Partie 2: Vérification et étalonnage des machines d'essai*

Guide ISO/CEI 98-3, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

3 Symboles et désignations

L'ISO 14577-1:2015, Tableau 1, donne une liste de symboles et leurs désignations. Les symboles additionnels et les désignations utilisées dans cette présente Norme internationale, sont inclus dans le Tableau 1.

Tableau 1 — Symboles et désignations

Symbole	Désignation	Unité
a	Rayon de la zone de contact	mm
t_c	Épaisseur du revêtement	mm
E_{ITc}	Module de pénétration du revêtement	GPa
E_{ITc}*	Module de pénétration en déformation plane du revêtement	GPa
H_{ITc}	Dureté de pénétration du revêtement	GPa

4 Étalonnage et vérification directe des machines d'essai

L'instrument doit être étalonné et subir une vérification directe conformément aux modes opératoires définis dans l'ISO 14577-2:2015, Article 4.

La vérification indirecte conformément à la procédure spécifiée dans l'ISO 14577-2:2015, Article 5, au moyen d'un matériau de référence doit être réalisée pour assurer qu'une nouvelle vérification directe n'est pas nécessaire et qu'aucun endommagement ou aucune contamination de la pointe du pénétrateur n'est survenu.

Les expérimentations de pénétration peuvent être réalisées avec une variété de pénétrateurs de différentes formes qu'il convient de choisir pour optimiser les déformations plastiques et élastiques requises pour un système substrat/revêtement donné. Des formes typiques de pénétrateurs sont les pénétrateurs Vickers, Berkovich, conique, sphérique et cube angulaire.

Pour la détermination des caractéristiques de plasticité du revêtement, des pénétrateurs en forme de pointe sont recommandés. Plus le revêtement est mince, plus il convient que le pénétrateur soit pointu. Pour la détermination des caractéristiques d'élasticité du revêtement, des pénétrateurs de géométrie quelconque peuvent être utilisés pour autant que leur fonction d'aire soit connue. Si seulement les caractéristiques d'élasticité du revêtement sont requises, des pénétrations dans le domaine purement élastique sont recommandées (si possible) étant donné que cela évite des problèmes dus à la rupture, aux tassements et à des vitesses élevées de fluage. Une sphère ou pointe de pénétrateur de rayon plus grand permettra des pénétrations purement élastiques sur un intervalle de force plus grand qu'un pénétrateur de rayon plus petit. Toutefois, un rayon trop grand et les effets de surface seront prépondérants pour les incertitudes de mesure (rugosité, couches de surface, etc.). Plus le rayon est petit, plus la force maximale ou le déplacement maximal avant que la déformation plastique commence

© ISO 2016 – Tous droits réservés