NORME INTERNATIONALE

ISO 14571

Première édition
2020-11

Revêtements métalliques sur matériaux non-métalliques — Mesurage de l'épaisseur des revêtements — Méthode utilisant la micro-résistivité

Metallic coatings on non-metallic basis materials — Measurement of coating thickness — Micro-resistivity method

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72607908-c48e-489f-8a66-33478e8a8ec4/iso-14571-2020

Numéro de référence
ISO 14571:2020(F)

© ISO 2020

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72607908-c48e-489f-8a66-33478e8a8ec4/iso-14571-2020

DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

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

1 Domaine d'application **1**

2 Références normatives **1**

3 Termes et définitions **1**

4 Principe de mesure **1**

5 Facteurs affectant l'incertitude de mesure **4**
- 5.1 Plage de mesure 4
- 5.2 Résistivité du revêtement 4
- 5.3 Largeur de l'échantillon 5
- 5.4 Courbure 5
- 5.5 Rugosité de surface 5
- 5.6 Température 5
- 5.7 Pression de contact du palpeur 5

6 Étalonnage des instruments **6**
- 6.1 Généralités 6
- 6.2 Étalons 6
- 6.3 Vérification 6

7 Mode opératoire **6**
- 7.1 Généralités 6
- 7.2 Largeur de l'échantillon 6
- 7.3 Courbure 6
- 7.4 Nombre de mesurages 7
- 7.5 Propreté de la surface 7

8 Exigences relatives à la précision **7**

9 Rapport d'essai **7**

Annexe A (informative) **Méthode de détermination de la largeur de trajet critique du courant** **8**

Bibliographie **10**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72607908-c48e-489f-8a66-33478e8a8ec4/iso-14571-2020

© ISO 2020 – 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 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 www.iso.org/avant-propos.

ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72607908-c48e-489f-8a66-33478e8c8ec4/iso-14571-2020

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 262, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques, incluant ceux pour la protection contre la corrosion et les essais de corrosion des métaux et alliages*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

© ISO 2020 – Tous droits réservés

Revêtements métalliques sur matériaux non-métalliques — Mesurage de l'épaisseur des revêtements — Méthode utilisant la micro-résistivité

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode de mesurages non destructifs de l'épaisseur des revêtements conducteurs sur des matériaux de base non conducteurs. Cette méthode repose sur le principe du mesurage de la résistivité d'une plaque et elle est applicable à tous les revêtements conducteurs et couches de métaux et de matériaux semi-conducteurs. En général, le palpeur doit être ajusté à la conductivité et à l'épaisseur de l'application correspondante. Toutefois, le présent document est centré sur les revêtements métalliques appliqués sur des matériaux de base non conducteurs (par exemple, cuivre sur substrats en plastique, cartes de circuits imprimés).

Cette méthode est aussi applicable aux mesurages d'épaisseur des revêtements conducteurs sur des matériaux de base conducteurs, si la résistivité du revêtement et celle du matériau de base sont nettement différentes. Cependant, ce cas n'est pas traité dans le présent document.

2 Références normatives

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72607908-c48e-489f-8a66-33478e8a8ec4/iso-14571-2020

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:

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

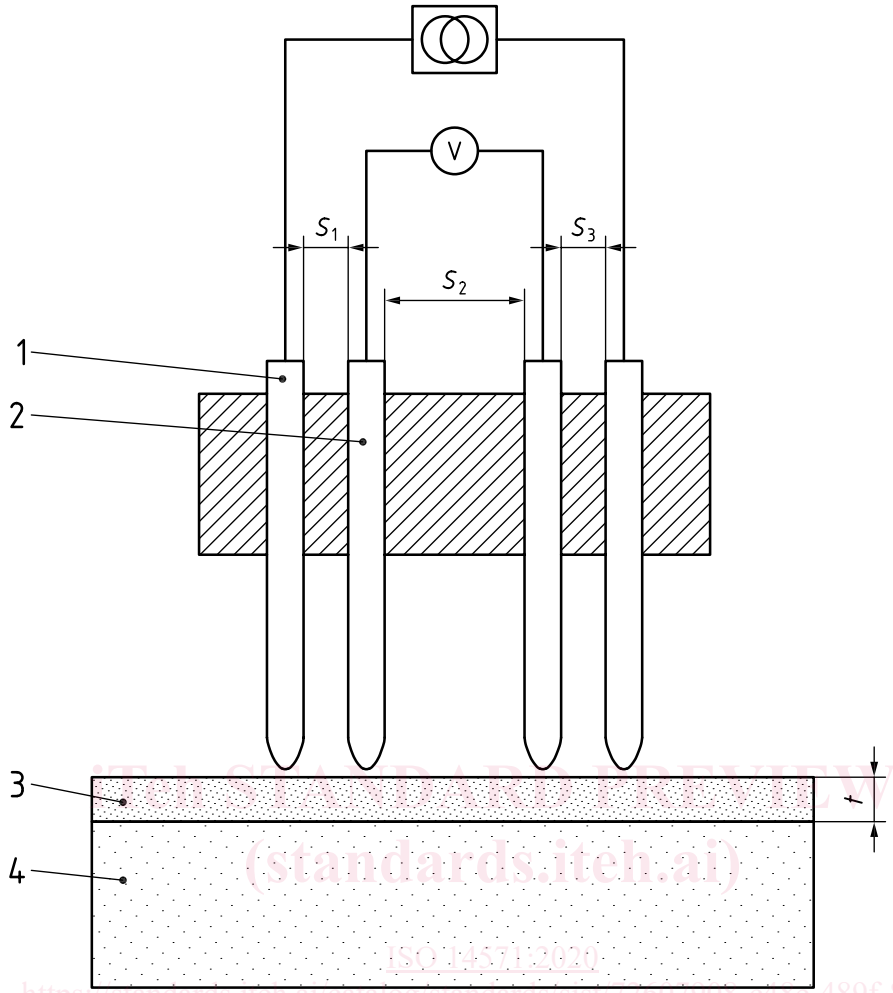
— IEC Electropedia: disponible à l'adresse https://www.electropedia.org/

4 Principe de mesure

La méthode de résistivité de la plaque utilise un « palpeur à 4 points » tel qu'illustré à la Figure 1. Une rangée de quatre pointes en métal chargées par ressort est placée en contact avec la surface du revêtement conducteur. Les distances entre les pointes extérieures et intérieures, S_1 et S_3, sont égales. Généralement, on fait passer un courant constant dans les deux contacts extérieurs (numérotés 1). Le courant introduit pénètre dans le matériau conducteur du revêtement avec une résistivité ρ. La chute de tension qui en résulte est mesurée entre les deux contacts intérieurs (numérotés 2).

En général, le courant introduit n'est pas uniformément réparti sur la section du revêtement et il n'est pas parallèle au revêtement (voir la Figure 2). La densité de courant diminue lorsque la distance augmente sur la ligne directe entre les contacts extérieurs numérotés 1 (avec la profondeur et la largeur). Si le courant est efficacement limité par l'épaisseur du revêtement, la chute de tension entre les contacts intérieurs numérotés 2 est une mesure de l'épaisseur.

© ISO 2020 – Tous droits réservés



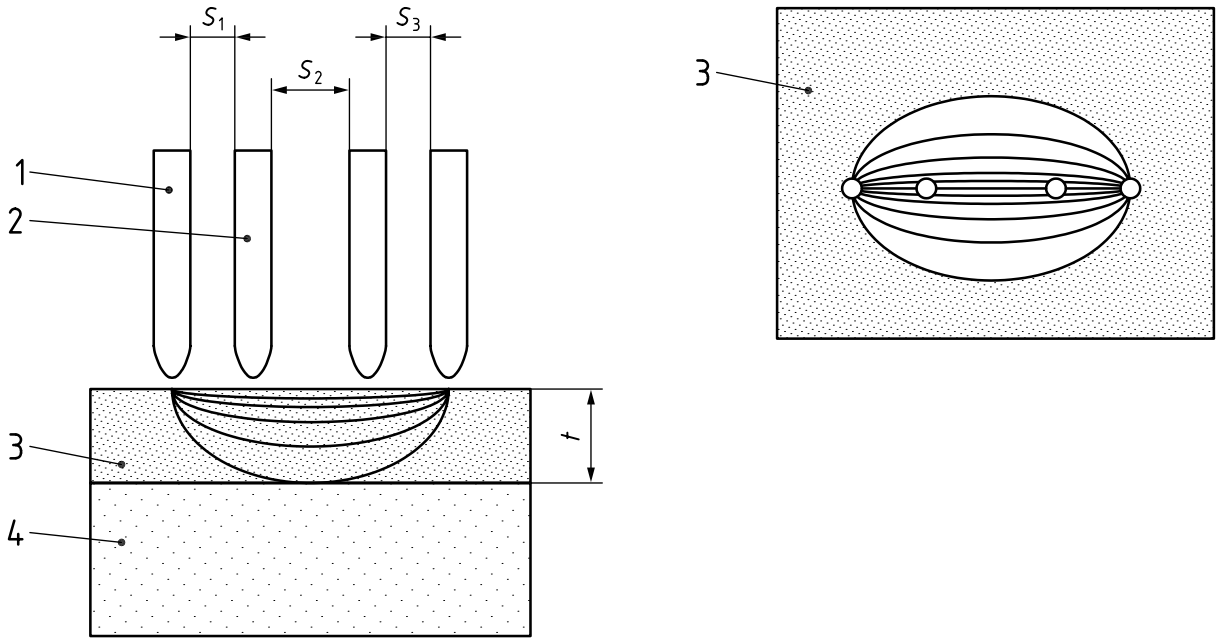
iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72607908-c48e-489f-8a66-33478e8a8ec4/iso-14571-2020

Légende

1 contacts extérieurs du palpeur
2 contacts intérieurs du palpeur
3 revêtement conducteur
4 matériau de base non conducteur
t épaisseur du revêtement

Figure 1 — Représentation schématique de la méthode de résistivité de la plaque

© ISO 2020 – Tous droits réservés



Légende

1 contacts extérieurs du palpeur

2 contacts intérieurs du palpeur

3 revêtement conducteur

4 matériau de base non conducteur

t épaisseur du revêtement

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2607908-c48e-4891-8a66-33478e8a8ec4/iso-14571-2020

Figure 2 — Représentation schématique du courant non uniformément réparti dans le revêtement

La chute de tension mesurée dépend de la résistivité du revêtement métallique, de la géométrie du palpeur (distance des quatre contacts du palpeur S_1, S_2, S_3), du courant appliqué et de l'épaisseur du revêtement. Si la résistivité du revêtement peut être supposée homogène et si l'épaisseur est suffisamment réduite, la chute de tension mesurée est déterminée uniquement par l'épaisseur, qui n'est pas connue, et par le courant appliqué. En général, il n'existe pas d'équation simple et pratique pour calculer l'épaisseur en fonction de la résistivité du matériau, de la géométrie du palpeur et de la tension et du courant mesurés. Il existe toutefois des approximations bien connues qui peuvent être utilisées dans la pratique dans certains cas. En particulier, lorsque les distances entre les pointes sont égales ($S_1 = S_2 = S_3 = S$) et pour un rapport épaisseur/espacement des palpeurs $t/S < 0{,}5$, l'épaisseur du revêtement, t, en micromètres, peut être calculée à l'aide de la Formule (1), lorsque $t/S < 0{,}5$:

$$t = \rho \frac{I}{V} \frac{\ln(2)}{\pi} \tag{1}$$

où

ρ est la résistivité du revêtement, en μΩ·m;

V est la différence de potentiel entre les pointes intérieures du palpeur, en volts;

I est le courant qui circule dans les pointes extérieures du palpeur, en ampères;

S est l'espacement égal entre les pointes du palpeur ($S = S_1 = S_2 = S_3$).

© ISO 2020 – Tous droits réservés

Le courant I est généralement maintenu constant. Par conséquent, l'épaisseur du revêtement est inversement proportionnelle à la tension mesurée:

$$t = \frac{C}{V} \tag{2}$$

où C est une constante, égale à 0,221 ρI.

La Formule (2) est utilisée pour de nombreuses applications dans le cas mentionné ci-dessus. En général, des fonctions de correction adaptées à la Formule (2) sont nécessaires si la condition préalable t/S < 0,5 ou espacement égal entre les pointes du palpeur n'est pas remplie.

Comme le courant introduit diminue lorsque la profondeur de pénétration augmente, un revêtement suffisamment épais ne limite pas le courant et l'épaisseur du revêtement semble être infinie selon cette méthode. Plus l'espacement des palpeurs est large, plus le courant pénètre profondément dans le matériau conducteur. Par conséquent, la plage de mesure est déterminée par l'espacement des palpeurs pour un matériau de revêtement donné. La géométrie du palpeur (espacement des pointes) doit être ajustée par rapport à la conductivité et à la plage d'épaisseur attendue pour l'application concernée. D'autre part, la sensibilité de cette méthode diminue lorsque l'épaisseur augmente.

L'application de la Formule (2) est aussi limitée par les revêtements très minces, car on suppose que la résistivité est constante et qu'elle n'est pas fonction de l'épaisseur. Toutefois, pour les revêtements très minces, la résistivité commence à augmenter et, en dessous d'une épaisseur critique, cette augmentation de la résistivité est très prononcée. Les valeurs types de cette épaisseur critique sont situées dans la plage d'environ 10 nm à 300 nm pour les métaux. Pour les mesurages dans cette plage et en dessous de cette épaisseur critique, un étalonnage spécial ou des fonctions de correction supplémentaires sont nécessaires.

iTeh Standards
(standards.iteh.ai)
Document Preview
ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2667ffc1-48e-4891-aa06-
954/sevaset/iso-14571-2020

Comme le courant introduit diminue lorsque la distance entre les contacts du palpeur augmente, le débit de courant n'est pas affecté par une largeur d'échantillon supérieure à cette largeur critique. Par conséquent, la largeur de l'échantillon doit être supérieure à la largeur critique. Autrement, l'épaisseur mesurée devient fonction de la largeur de l'échantillon et celle-ci doit également être prise en compte. L'espacement des palpeurs détermine aussi la valeur de la largeur critique pour un matériau de revêtement donné.

5 Facteurs affectant l'incertitude de mesure

5.1 Plage de mesure

La plage d'épaisseur mesurable est déterminée par la géométrie du palpeur (distance entre les pointes) et la conductivité du revêtement. La géométrie du palpeur doit être ajustée selon la plage d'épaisseur concernée.

Généralement, le fabricant fournit l'incertitude du palpeur correspondante pour la plage d'épaisseur recommandée.

5.2 Résistivité du revêtement

Les mesurages seront affectés par la résistivité du revêtement si celle-ci diffère de celle de l'étalon ou des étalons utilisés pour étalonner l'instrument. Une différence de résistivité de 5 % va conduire à une erreur de 5 % sauf si cette différence est prise en compte dans le mode opératoire d'étalonnage.

D'autre part, la résistivité dans le revêtement est censée être homogène pour cette méthode. Le mesurage sera affecté par une variation de la résistivité du revêtement. Cette variation peut être due à une variation de la composition du revêtement, à des défauts du revêtement (par exemple, fissures, porosités, vides, inclusions), à la préparation de la surface ou à une contamination.

 © ISO 2020 – Tous droits réservés

5.3 Largeur de l'échantillon

En dessous de la largeur critique déterminée par la conception du palpeur (espacement des pointes) et, dans une moindre mesure, par le degré de conductivité électrique du revêtement métallique, le mesurage de l'épaisseur du revêtement devient dépendant de la largeur du trajet du courant électrique (par exemple, largeur de la couche conductrice des cartes de circuits imprimés). L'instrument doit donc être étalonné à l'aide d'étalons de la largeur à mesurer ou des fonctions de correction appropriées doivent être utilisées.

NOTE 1 Un positionnement exact du palpeur au centre de l'échantillon (par exemple couche conductrice) et parallèlement à sa direction est nécessaire pour éviter les erreurs de mesure. Généralement, des systèmes de positionnement des palpeurs spéciaux ou des guides de palpeur sont fournis par les fabricants.

NOTE 2 Si la largeur du trajet critique n'est pas connue ou si, pour une raison quelconque, elle ne peut pas être atteinte, elle peut être obtenue en utilisant des étalons qui ont la même épaisseur (réalisés à partir de la même pièce de matériau uniforme), mais des largeurs connues différentes (voir l'Annexe A).

5.4 Courbure

Des rayons de courbure aigus ou réduits affecteront nettement le mesurage de l'épaisseur. Cet effet est réduit si le palpeur est placé sur la surface de sorte que son axe soit parallèle à celui de la surface courbée. Autrement, des étalons de même courbure peuvent être utilisés. L'influence décroît lorsque les rayons de courbure augmentent.

5.5 Rugosité de surface

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Les mesurages sont affectés par la topographie de la surface du revêtement métallique. Les surfaces rugueuses peuvent causer des erreurs de mesure de l'épaisseur. Dans ce cas, il est vivement recommandé de réaliser un nombre suffisant de mesures à différents emplacements sur l'échantillon et d'utiliser la moyenne ainsi que l'écart-type comme valeur représentative de l'épaisseur du revêtement.

ISO 14571:2020
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72607908-c48e-489f-8a66-33478e8a8ec4/iso-14571-2020

5.6 Température

Une variation de la température entre l'étalonnage et le mesurage cause des erreurs de mesure de l'épaisseur, car la résistivité du revêtement varie avec la température. Cette influence de la température est importante, en particulier si le coefficient thermique de résistivité du matériau de revêtement est élevé (par exemple Cu: α = 0,003 9 K^{-1}). Par conséquent, il convient de mesurer la température de l'échantillon et de corriger l'épaisseur en fonction de cette température. Certains fabricants fournissent des instruments avec un capteur de température et une correction automatique de la température prévue à cet effet.

5.7 Pression de contact du palpeur

La pression avec laquelle les contacts du palpeur sont appliqués sur l'éprouvette peut affecter les valeurs affichées par l'instrument. Il convient donc que la pression appliquée soit constante et aussi faible que possible pour réduire au maximum l'endommagement de l'échantillon, mais aussi qu'elle reste stable pour assurer une bonne répétabilité (contact fiable avec le revêtement). Pour cela, dans la pratique, on utilise un palpeur à pression constante dont les pointes sont supportées par des ressorts adaptés. La forme des pointes peut être taillée ou arrondie en fonction du matériau de revêtement, afin d'obtenir un contact fiable.

Il convient d'appliquer le courant dans les deux pointes extérieures uniquement si le contact des pointes est établi, afin d'éviter tout endommagement éventuel de la surface.

© ISO 2020 – Tous droits réservés

6 Étalonnage des instruments

6.1 Généralités

Avant utilisation, chaque instrument doit être étalonné conformément aux instructions du fabricant, en utilisant des étalons adaptés. Une attention particulière doit être accordée aux facteurs énumérés à l'Article 5 et aux modes opératoires décrits dans l'Article 7.

6.2 Étalons

Utiliser des étalons ayant une épaisseur de revêtement connue, une résistivité de revêtement uniforme et homogène et une largeur suffisante (largeur critique susmentionnée).

Au moins deux étalons ayant des épaisseurs différentes, mais connues réparties de manière appropriée sur la plage d'épaisseur concernée doivent être utilisés pour l'étalonnage de l'instrument. Deux étalons sont le minimum requis pour pouvoir utiliser une fonction d'étalonnage linéaire entre l'épaisseur et la valeur inverse de la chute de tension mesurée [voir la Formule (2)]. Toutefois, l'utilisation de plus de deux étalons est généralement recommandée pour réduire l'incertitude de la fonction d'étalonnage de l'instrument.

La température doit être prise en compte.

Pour un étalonnage avec des étalons en dessous de la largeur critique, se reporter à la NOTE 2 en 5.3 et à l'Annexe A.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

6.3 Vérification

Les propriétés électriques du matériau de revêtement mesurées doivent être similaires à celles du revêtement des étalons. Si l'épaisseur mesurée par cette méthode est différente de celle mesurée par une autre méthode indépendante, les propriétés électriques peuvent différer.

https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72607908-c48e-489f-8a66-
ISO 14571:2020

Pour vérifier si la largeur du conducteur mesurée est supérieure ou inférieure à la largeur critique, on effectue des mesurages sur des largeurs de conducteur progressivement plus étroites, obtenues en éliminant systématiquement le matériau du conducteur (voir aussi l'Annexe A).

7 Mode opératoire

7.1 Généralités

Utiliser chaque instrument conformément aux instructions du fabricant, en accordant une attention particulière aux facteurs énumérés à l'Article 5.

Pour assurer une bonne performance de l'instrument, vérifier l'étalonnage de l'instrument sur le site d'essai à chaque fois qu'il est mis en service et à des intervalles suffisants en cours d'utilisation (il convient de prendre en compte les recommandations correspondantes du fabricant).

Respecter les précautions indiquées de 7.2 à 7.5.

7.2 Largeur de l'échantillon

Si la largeur de l'échantillon (par exemple, couche conductrice) est inférieure à la largeur critique, s'assurer que l'instrument a été étalonné à l'aide d'étalons de largeur similaire à celle du matériau à mesurer ou utiliser des fonctions de correction appropriées pour tenir compte de la largeur du trajet.

7.3 Courbure

Si des surfaces courbées doivent être mesurées, s'assurer que la courbure de la surface n'a aucune incidence sur le mesurage ou utiliser des étalons de courbure similaire.

 © ISO 2020 – Tous droits réservés