
**Revêtements non conducteurs sur
matériaux de base non magnétiques
conducteurs de l'électricité — Mesurage
de l'épaisseur de revêtement — Méthode
par courants de Foucault sensible aux
variations d'amplitude**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Non-conductive coatings on non-magnetic electrically conductive basis
materials — Measurement of coating thickness — Amplitude-sensitive
eddy current method*

ISO 2360:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569f8ab5-09dc-4c73-b987-a654e68c5ea3/iso-2360-2003>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 2360:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569f8ab5-09dc-4c73-b987-a654e68c5ea3/iso-2360-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569f8ab5-09dc-4c73-b987-a654e68c5ea3/iso-2360-2003>

© ISO 2003

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Principe	1
3 Appareillage	1
4 Échantillonnage	1
5 Facteurs influant sur l'incertitude de mesure	2
5.1 Épaisseur du revêtement	2
5.2 Propriétés électriques des matériaux de base	2
5.3 Épaisseur du métal de base	2
5.4 Effets de bord	2
5.5 Courbure de la surface	3
5.6 Rugosité de surface	3
5.7 Effet de décollement	3
5.8 Pression du capteur	3
5.9 Orientation du capteur	3
5.10 Effets de la température	3
5.11 Revêtements intermédiaires	4
6 Mode opératoire	4
6.1 Étalonnage des instruments	4
6.2 Détermination	5
7 Expression des résultats	6
8 Incertitude de mesurage	6
9 Rapport d'essai	6
Annexe A (informative) Production des courants de Foucault dans un conducteur métallique	7
Annexe B (normative) Essai relatif à l'effet de bord	10
Bibliographie	12

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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.

L'ISO 2360 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*, sous-comité SC 2 *Méthodes d'essai*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 2360:1982), qui a fait l'objet d'une révision technique.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569f8ab5-09dc-4c73-b987-a654e68c5ea3/iso-2360-2003>

Revêtements non conducteurs sur matériaux de base non magnétiques conducteurs de l'électricité — Mesurage de l'épaisseur de revêtement — Méthode par courants de Foucault sensible aux variations d'amplitude

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit une méthode de mesure non destructive de l'épaisseur des revêtements non conducteurs sur des matériaux de base (généralement métalliques) non magnétiques, conducteurs de l'électricité, au moyen d'instruments utilisant les courants de Foucault et sensibles aux variations d'amplitude.

NOTE Cette méthode peut également être utilisée pour mesurer des revêtements métalliques non magnétiques sur des matériaux de base non conducteurs.

La méthode est applicable notamment au mesurage de l'épaisseur de la plupart des revêtements d'oxydes produits par anodisation, mais elle ne s'applique pas à toutes les couches de conversion, certaines d'entre elles étant trop minces pour être mesurées par cette méthode (voir Article 6).

Bien qu'en théorie la méthode puisse être utilisée pour les mesurages de l'épaisseur des revêtements sur des matériaux de base magnétiques, son utilisation pour cette application n'est pas recommandée. Dans ce cas, il convient d'utiliser la méthode magnétique spécifiée dans l'ISO 2178.

2 Principe

Un capteur de courants de Foucault (ou un instrument ou capteur intégré) est placé sur la surface du ou des revêtement(s) à mesurer, et l'épaisseur est lue sur l'écran d'affichage de l'instrument.

3 Appareillage

3.1 Capteur, comprenant un générateur de courants de Foucault et un détecteur, relié à un système à même de mesurer et d'afficher les variations d'amplitude, normalement sous la forme d'une lecture directe de l'épaisseur du revêtement. Le système peut également être à même de mesurer les variations de phase.

NOTE 1 Le capteur et le système de mesure et d'affichage peuvent être intégrés dans un seul et même instrument.

NOTE 2 Les facteurs influant sur l'exactitude de mesurage sont discutés dans l'Article 5.

4 Échantillonnage

L'échantillonnage dépend de l'application et du revêtement spécifiques à soumettre à essai. La superficie, l'emplacement et le nombre d'éprouvettes doivent être convenus entre les parties intéressées et être consignés dans le rapport d'essai (voir Article 9).

5 Facteurs influant sur l'incertitude de mesure

5.1 Épaisseur du revêtement

Une incertitude de mesure est inhérente à la méthode. Pour les revêtements minces, cette incertitude de mesure est constante (en valeur absolue), indépendante de l'épaisseur du revêtement et, pour un mesurage unique, au moins égale à 0,5 µm. Pour les revêtements d'épaisseur supérieure à 25 µm, l'incertitude devient fonction de l'épaisseur et en est une fraction approximativement constante de cette épaisseur.

Pour mesurer les épaisseurs de revêtement de 5 µm ou moins, la moyenne de plusieurs mesurages doit être prise.

Il peut être impossible de respecter l'incertitude de mesure spécifiée à l'Article 8 pour les mesures des revêtements d'épaisseur inférieure à 3 µm.

5.2 Propriétés électriques des matériaux de base

Les mesurages à l'aide d'instruments à courants de Foucault peuvent être affectés par la conductivité électrique du métal de base, qui est fonction de la composition et du traitement thermique du matériau. L'influence de la conductivité électrique sur le mesurage varie considérablement avec la conception et le type d'instrument.

5.3 Épaisseur du métal de base

Pour chaque instrument, il existe une épaisseur minimale critique du métal de base au-delà de laquelle les mesurages ne seront plus affectés par un accroissement d'épaisseur. Cette épaisseur étant fonction à la fois de la fréquence des courants de Foucault produits par le système du capteur et des propriétés électriques du matériau de base, il convient de déterminer sa valeur expérimentalement, sauf spécification contraire de la part du fabricant.

ISO 2360:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569f8ab5-09dc-4c73-b987-405466ccca37/iso-2360-2003>

Une explication de la manière dont les courants de Foucault sont produits et du calcul de l'épaisseur minimale requise du matériau de base, d_{\min} , est donnée dans l'Annexe A.

Toutefois, en l'absence de toute autre information, l'épaisseur minimale requise du matériau de base, d_{\min} , peut être calculée à partir de la formule

$$d_{\min} = 2,5 \delta_0$$

où δ_0 est la profondeur normale de pénétration dans le matériau de base (voir A.1).

5.4 Effets de bord

Les instruments à courants de Foucault peuvent être sensibles aux brusques variations de forme de la surface de l'éprouvette. De ce fait, les mesurages effectués trop près d'une arête ou d'un angle ne seront valides que si l'instrument a été spécialement étalonné à cet effet (voir 6.2.4 et Annexe B).

NOTE Comparée à la méthode basée sur les variations de phase de l'ISO 21968, la méthode employant des instruments à courants de Foucault sensibles à l'amplitude peut être affectée de façon plus profonde par les effets de bord.

5.5 Courbure de la surface

Les mesurages sont affectés par la courbure de l'éprouvette. L'influence de la courbure varie considérablement selon la conception et le type d'instrument et du capteur, mais elle est d'autant plus prononcée que le rayon de courbure décroît. Les mesurages effectués sur des éprouvettes courbes peuvent, par conséquent, ne pas être valides sauf si l'instrument a été spécialement étalonné pour la courbure de surface en question ou si l'on utilise un capteur spécial qui compense l'effet de cette courbure.

5.6 Rugosité de surface

Les mesurages sont affectés par le relief superficiel du matériau de base et du revêtement. Les surfaces rugueuses peuvent conduire à des erreurs à la fois systématiques et aléatoires. Les erreurs aléatoires peuvent être réduites en effectuant un grand nombre de mesurages, tous en des endroits différents, puis en calculant la valeur moyenne de cette série de mesurages.

Si le matériau de base est rugueux, il est également nécessaire de vérifier le zéro de l'instrument en divers endroits d'un échantillon type du matériau de base rugueux non revêtu. Si l'on ne dispose pas d'un matériau de base non revêtu de ce type, le revêtement de l'échantillon doit être retiré, du moins sur une partie de la surface, avec une solution chimique qui n'attaque pas le matériau de base.

NOTE Comparée à la méthode basée sur les variations de phase de l'ISO 21968, la méthode employant des instruments à courants de Foucault sensibles à l'amplitude peut être affectée de façon plus profonde par la rugosité superficielle du matériau de base.

5.7 Effet de décollement

Si le capteur n'est pas placé directement sur le revêtement, l'interstice entre le capteur et le revêtement («décollement») affectera le mesurage de l'épaisseur du revêtement. L'épaisseur mesurée sera égale à l'épaisseur du revêtement plus du «décollement».

L'effet de décollement peut être non intentionnel et dû, par exemple, à la présence de particules étrangères entre le capteur et le revêtement.

La propreté de la pointe du capteur doit être vérifiée fréquemment.

5.8 Pression du capteur

La pression d'application du capteur sur l'éprouvette affecte les lectures de l'instrument et doit par conséquent être maintenue constante.

Cet effet de pression est plus perceptible lorsque les revêtements sont mous. La plupart des instruments disponibles dans le commerce sont fournis avec des capteurs à pression constante.

5.9 Orientation du capteur

Sauf indication contraire de la part du fabricant, il convient de placer le capteur perpendiculairement à la surface du revêtement, du fait que toute inclinaison de celui-ci par rapport à la perpendiculaire peut entraîner des erreurs de mesure.

Le risque d'inclinaison involontaire du capteur peut être minimisé à la conception ou en utilisant un support de capteur approprié.

5.10 Effets de la température

Du fait que les changements de température modifient les caractéristiques du capteur, il convient d'utiliser le capteur dans des conditions de température aussi semblables que possible à celles de l'étalonnage, à moins que le capteur ne soit équipé d'une correction de température intégrée.

La conductivité électrique de la plupart des métaux change avec la température. Étant donné que l'épaisseur du revêtement mesurée est affectée par des changements de la conductivité électrique du métal de base, il convient d'éviter les changements de température importants.

5.11 Revêtements intermédiaires

La présence d'un revêtement intermédiaire peut affecter le mesurage de l'épaisseur du revêtement si les caractéristiques électriques de ce revêtement intermédiaire diffèrent de celles des matériaux du revêtement ou du matériau de base. S'il y a différence, les mesurages seront, en outre, affectés si l'épaisseur de revêtement intermédiaire est inférieure à d_{\min} . Si l'épaisseur est supérieure à d_{\min} le revêtement intermédiaire, s'il est non magnétique, peut être traité comme le matériau de base.

Il a été observé que certains instruments dotés de systèmes de capteurs fonctionnant à des fréquences multiples peuvent mesurer à la fois les revêtements supérieurs et les revêtements intermédiaires.

6 Mode opératoire

6.1 Étalonnage des instruments

6.1.1 Généralités

Avant utilisation, chaque instrument doit être étalonné conformément aux instructions du fabricant et en utilisant des étalons appropriés. Une attention particulière doit être accordée aux descriptions mentionnées à l'Article 3 et aux facteurs décrits à l'Article 5.

Afin de minimiser les variations de conductivité dues aux variations de température, au moment de l'étalonnage l'instrument et les étalons doivent être à une température proche de celle des articles à mesurer.

NOTE Il convient de procéder aux vérifications d'étalonnage en tant que de besoin durant les déterminations pour éviter la dérive des instruments.

6.1.2 Étalons

L'étalonnage de l'instrument doit être réalisé à l'aide d'au moins deux étalons d'épaisseur différente et connue. L'un de ces étalons peut parfois être en matériau de base non revêtu.

NOTE 1 Il convient que ces étalons présentent une épaisseur raccordable à une source certifiable.

La conductivité électrique et la perméabilité magnétique des matériaux de revêtement et de base doivent être identiques aux propriétés correspondantes des pièces à mesurer.

NOTE 2 Comme avec le temps et à l'usage, les étalons s'usent et se détériorent; il est recommandé de les réétalonner et/ou de les remplacer périodiquement, à des intervalles déterminés localement ou après consultation du fabricant.

6.1.3 Vérification

Les propriétés électriques du matériau de base des étalons doivent être les mêmes que celles du matériau de base de l'échantillon d'essai.

NOTE Pour s'assurer de leur aptitude à l'emploi, il est recommandé d'effectuer une comparaison des lectures obtenues avec le matériau de base de l'étalon non revêtu et avec celui de l'échantillon d'essai.

Si l'épaisseur du matériau de base dépasse l'épaisseur critique définie en 5.3, le mesurage de l'épaisseur n'est pas affecté par l'épaisseur du matériau de base.

Si l'épaisseur critique n'est pas dépassée, il est recommandé que l'épaisseur du matériau de base soit la même pour l'essai et pour l'étalonnage. Si, pour des raisons pratiques, cela n'est pas possible, il est permis de

recouvrir l'envers de l'étalon ou de l'échantillon d'essai d'une couche suffisante d'un matériau ayant des propriétés électriques semblables, pour rendre les lectures indépendantes de l'épaisseur du matériau de base. Si cette méthode est employée, des essais doivent être réalisés pour confirmer qu'elle est acceptable et pour identifier toute erreur supplémentaire éventuelle.

Lorsque la courbure de la surface revêtue à mesurer est telle qu'elle exclut l'étalonnage sur une surface plane, et à moins qu'on utilise un capteur spécial compensant les effets de cette courbure, l'étalon utilisé pour l'étalonnage doit avoir le même rayon de courbure que l'échantillon à mesurer.

6.2 Détermination

6.2.1 Généralités

Utiliser chaque instrument conformément aux instructions du fabricant, en étant particulièrement attentif aux facteurs mentionnés à l'Article 5.

Vérifier l'étalonnage de l'instrument, à l'aide d'étalons valides, sur le site d'essai, chaque fois que l'instrument est mis en service et à intervalles fréquents en cours d'utilisation (au moins une fois par heure) pour garantir un fonctionnement correct (voir 6.1).

Les précautions indiquées de 6.2.2 à 6.2.6 doivent être observées.

6.2.2 Propreté de la surface

Avant de procéder aux mesurages, éliminer toute matière étrangère telle que salissure, huile, graisse et produits de corrosion de la surface des étalons et des échantillons, mais sans enlever de matériau de revêtement.

6.2.3 Épaisseur du métal de base

ISO 2360:2003

Vérifier que l'épaisseur du matériau de base est supérieure à l'épaisseur critique (voir 5.3). Si tel n'est pas le cas, ou bien utiliser la méthode du dépôt au dos indiquée en 6.1.3, ou bien s'assurer que l'étalonnage a bien été effectué sur un étalon ayant la même épaisseur et les mêmes propriétés électriques que l'échantillon d'essai.

6.2.4 Effets de bord

Ne pas effectuer de mesurages près d'une arête, d'un trou ou à l'intérieur d'un angle fermé, etc. de l'éprouvette, à moins que la validité de l'étalonnage pour de tels mesurages n'ait été démontrée (voir Annexe B).

6.2.5 Courbure

Ne pas effectuer de mesurages sur une surface courbe de l'éprouvette, à moins que la validité de l'étalonnage pour de tels mesurages n'ait été démontrée.

6.2.6 Nombre de lectures

Une série de mesurages sur le même emplacement, si nécessaire en utilisant un support pour le capteur, fournit une information sur la répétabilité (écart-type) de l'instrument et de son capteur au moment donné et pour l'épaisseur mesurée (voir note).

NOTE Un coefficient de variation, V , peut être calculé à partir de cet écart-type. V peut être appliqué à une gamme d'épaisseurs.