
**Revêtements métalliques non
magnétiques sur des matériaux de base
métalliques et non métalliques —
Mesurage de l'épaisseur de
revêtement — Méthode par courants de
Foucault sensible aux variations de
phase**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Non-magnetic metallic coatings on metallic and non-metallic basis
materials — Measurement of coating thickness — Phase-sensitive
eddy-current method*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb083640-9993-4290-a9c6-8ae0fc2d8884/iso-21968-2005>



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 21968:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb083640-9993-4290-a9c6-8ae0fc2d8884/iso-21968-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb083640-9993-4290-a9c6-8ae0fc2d8884/iso-21968-2005>

© ISO 2005

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 Équipement	2
4 Échantillonnage	2
5 Facteurs influant sur l'exactitude de mesure	2
5.1 Épaisseur du revêtement	2
5.2 Propriétés électriques des matériaux de base	2
5.3 Propriétés électriques des matériaux de revêtement	2
5.4 Épaisseur du métal de base	2
5.5 Effets de bord	3
5.6 Courbure de la surface	3
5.7 Rugosité de la surface	3
5.8 Effet d'éloignement	3
5.9 Pression du capteur	4
5.10 Inclinaison du capteur	4
5.11 Effets de la température	4
5.12 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 mesure	6
9 Rapport d'essai	7
Annexe A (informative) Production de courants de Foucault dans un conducteur métallique	8
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 21968 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*, sous-comité SC 2, *Méthodes d'essai*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 21968:2005
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb083640-9993-4290-a9c6-8ae0fc2d8884/iso-21968-2005>

Revêtements métalliques non magnétiques sur des matériaux de base métalliques et non métalliques — Mesurage de l'épaisseur de revêtement — Méthode par courants de Foucault sensible aux variations de phase

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit une méthode utilisant des instruments fonctionnant par courants de Foucault sensible aux variations de phase pour le mesurage non destructif de l'épaisseur des revêtements métalliques non magnétiques sur des matériaux de base métalliques et non métalliques, tels que

- a) le zinc, le cadmium, le cuivre, l'étain ou le chrome sur de l'acier;
- b) le cuivre ou l'argent sur des matériaux composites.

La méthode sensible aux variations de phase peut être appliquée sans erreur d'épaisseur à des surfaces planes plus petites et à des surfaces courbes plus accentuées que la méthode par courants de Foucault sensible aux variations d'amplitude, décrite dans l'ISO 2360[1], et est moins affectée par les propriétés magnétiques du matériau de base. Toutefois, la méthode sensible aux variations de phase est davantage affectée par les propriétés électriques des matériaux de revêtement.

Lors du mesurage des revêtements métalliques sur des matériaux de base métalliques, il convient que le produit de la conductivité et de la perméabilité (σ, μ) de l'un des matériaux représente au moins 1,5 fois le produit de la conductivité et de la perméabilité de l'autre matériau. Les matériaux non ferromagnétiques ont une perméabilité relative de 1.

2 Principe

Un capteur courants de Foucault (ou un instrument à capteur intégré) est placé sur (ou à proximité) de la surface du (des) revêtement(s) à mesurer et l'épaisseur est lue à partir du dispositif de lecture de l'instrument.

Pour chaque instrument, il y a une épaisseur de revêtement maximale mesurable.

Cette plage d'épaisseur étant fonction de la gamme de fréquence de l'instrument, ainsi que des propriétés électriques du revêtement, il convient de déterminer l'épaisseur maximale de façon expérimentale, sauf spécification contraire du fabricant.

Une explication de la production des courants de Foucault et du calcul de l'épaisseur maximale mesurable du revêtement, d_{\max} , est donnée dans l'Annexe A.

Toutefois, en l'absence de toute autre information, l'épaisseur de revêtement maximale mesurable, d_{\max} , peut être estimée à l'aide de l'Équation (1):

$$d_{\max} = 0,8\delta_0 \quad (1)$$

où δ_0 est la profondeur de pénétration conventionnelle du matériau de revêtement [voir Équation (A.1)].

3 Équipement

3.1 Un **capteur**, contenant un générateur de courants de Foucault, et un **détecteur** lié à un système capable de mesurer et d'afficher les changements d'amplitude et de phase, normalement sous la forme d'une lecture directe de l'épaisseur du revêtement.

NOTE 1 Il est possible que le capteur et le système de mesurage/affichage soient intégrés dans un seul instrument.

NOTE 2 Les facteurs influant sur l'exactitude de mesure sont évoqués dans l'Article 5.

4 Échantillonnage

L'échantillonnage dépend de l'application spécifique et du revêtement à soumettre aux essais; la superficie, l'emplacement et le nombre d'échantillons doivent faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées et doivent figurer dans le rapport d'essai (voir Article 9).

5 Facteurs influant sur l'exactitude de mesure

5.1 Épaisseur du revêtement

Il existe une incertitude de mesure propre à la méthode employée. Pour les revêtements minces, cette incertitude de mesure est constante (en valeur absolue) et indépendante de l'épaisseur du revêtement. La valeur absolue de l'incertitude dépend de la fréquence d'excitation des courants de Foucault, ainsi que de la conductivité et de la perméabilité des matériaux d'échantillons utilisés. Pour les épaisseurs se rapprochant de la limite supérieure de l'étendue de mesure du système de capteur, cette incertitude devient fonction de l'épaisseur et en est une fraction approximativement constante.

Il convient, afin de réduire l'incertitude, d'utiliser la moyenne de plusieurs mesurages comme valeur d'épaisseur, en particulier dans la partie basse de l'étendue de mesure du système de capteur utilisé.

5.2 Propriétés électriques des matériaux de base

La conductivité et la perméabilité ont certains effets sur le mesurage, mais ces effets sont limités, comparés à ceux obtenus avec la méthode par variations d'amplitude décrite dans l'ISO 2360^[1].

5.3 Propriétés électriques des matériaux de revêtement

Les mesurages d'épaisseur de revêtement sont affectés par la conductivité électrique du matériau de revêtement qui, elle, peut dépendre de la composition, du procédé de revêtement (additifs, contaminants, etc.) et de tout traitement ultérieur du revêtement, tel que traitement thermique ou usinage mécanique.

5.4 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 pas affectés par un accroissement d'épaisseur.

Cette épaisseur dépend à la fois de la fréquence d'excitation des courants de Foucault et des propriétés électriques et magnétiques du matériau de base. Il convient de déterminer sa valeur expérimentalement, sauf spécification contraire du fabricant.

Une explication de la production des courants de Foucault et du calcul de l'épaisseur minimale du matériau de base, d_{\min} , est donnée dans l'Annexe A.

L'épaisseur minimale requise du matériau de base, d_{\min} , peut toutefois être calculée, en l'absence de toute autre information, à l'aide de l'Équation (2):

$$d_{\min} = 2,5\delta_0 \quad (2)$$

où δ_0 est la profondeur de pénétration conventionnelle du matériau de base métallique [voir Équation (A.1)].

5.5 Effets de bord

Les appareils à courants de Foucault peuvent être sensibles aux brusques variations de forme de la surface de l'échantillon d'essai. 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 pour ces mesurages (voir 6.2.4 et Annexe B).

NOTE Les instruments sensibles aux variations de phase peuvent être notablement moins affectés par les effets de bord que ceux employés pour la méthode par variations d'amplitude de l'ISO 2360.

5.6 Courbure de la surface

Les mesurages sont affectés par la courbure de l'échantillon d'essai. Cette influence varie considérablement en fonction de la conception et du type d'instrument et de capteur, mais elle est toujours d'autant plus prononcée que le rayon de courbure est plus faible. Les mesurages effectués sur des échantillons d'essai courbes ne peuvent par conséquent 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.

L'effet de la courbure de surface peut être réduit en utilisant des microcapteurs pour lesquels la zone radiale d'influence du capteur a été réduite.

NOTE Le mesurage selon la méthode par courants de Foucault sensible aux variations de phase peut être notablement moins affecté par la courbure de surface de l'échantillon d'essai que le mesurage selon la méthode par variation d'amplitude de l'ISO 2360.

5.7 Rugosité de la surface

Les mesurages sont affectés par la géométrie de surface du matériau de base et du revêtement. Les surfaces rugueuses peuvent conduire à des erreurs systématiques autant qu'à des erreurs aléatoires. Les erreurs aléatoires peuvent être réduites en effectuant plusieurs 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 faut également vérifier le zéro de l'appareil 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 type non revêtu, le revêtement de l'échantillon doit être décapé, au moins sur une partie de sa surface, avec une solution chimique qui n'attaque pas le matériau de base.

NOTE Le mesurage selon la méthode par courants de Foucault sensible aux variations de phase peut être notablement moins affecté par la rugosité du matériau de base et du revêtement que le mesurage selon la méthode par courants de Foucault sensible aux variations d'amplitude de l'ISO 2360.

5.8 Effet d'éloignement

Si le capteur n'est pas placé directement sur le revêtement, l'interstice entre le capteur et le revêtement (éloignement) affectera le mesurage de l'épaisseur du revêtement métallique. L'utilisation d'une conception de circuit électronique appropriée et/ou d'un algorithme mathématique approprié de l'instrument permet de compenser cet éloignement pour des interstices allant jusqu'à 1 mm.

Il faut vérifier cette compensation de l'éloignement selon les instructions du fabricant, en utilisant des cales non conductrices, d'épaisseur connue, qui sont insérées entre le capteur et le revêtement.

L'éloignement peut être intentionnel, comme pour mesurer un revêtement métallique à travers de la peinture ou quand il est nécessaire d'effectuer un mesurage sans contact, ou non intentionnel et dû à la présence de particules étrangères entre le capteur et le revêtement.

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

5.9 Pression du capteur

La pression d'application du capteur sur l'échantillon d'essai peut avoir une incidence sur la lecture de l'instrument et doit, par conséquent, être maintenue constante.

NOTE Le mesurage selon la méthode par courants de Foucault sensible aux variations de phase peut être notablement moins affecté par la pression avec laquelle le capteur est placé sur l'échantillon que le mesurage selon la méthode par courants de Foucault sensible aux variations d'amplitude de l'ISO 2360. Les mesurages sans contact sont possibles (voir 5.8).

5.10 Inclinaison du capteur

Sauf indication contraire du fabricant, il est recommandé 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 mesurage.

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

5.11 Effets de la température

Les changements de température affectent les caractéristiques du capteur; il est donc recommandé 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'un correcteur de température intégré.

La conductivité électrique de la plupart des métaux varie en fonction de la température. Étant donné que l'épaisseur de revêtement mesurée est affectée par les changements de conductivité électrique des métaux de base et de revêtement, il est recommandé d'éviter les changements de température importants.

5.12 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 du matériau de revêtement ou de celles du matériau de base. S'il existe une différence, les mesurages seront également affectés si l'épaisseur du revêtement intermédiaire est inférieure à d_{\min} . Si l'épaisseur est supérieure à d_{\min} , le revêtement intermédiaire peut alors 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 au moyen d'étalons appropriés. Une attention particulière doit être accordée aux facteurs mentionnés dans l'Article 5.

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

Il convient également de procéder aux vérifications d'étalonnage autant que cela est nécessaire 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'épaisseurs différentes connues. L'un de ces étalons peut parfois être en matériau de base non revêtu.

Il convient que ces étalons aient une épaisseur attribuable à une source certifiée.

Il convient que la conductivité électrique et la perméabilité magnétique des matériaux de revêtement et de base soient identiques aux propriétés correspondantes des pièces à mesurer.

Avec le temps et à l'usage, les étalons s'usent et se détériorent; il est donc recommandé de les réétalonner et/ou de les remplacer périodiquement, à des intervalles de temps 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.

Pour s'assurer de leur aptitude à l'emploi, il est recommandé de comparer les lectures obtenues avec le matériau de base de l'étalon non revêtu avec celles de l'échantillon d'essai.

Si l'épaisseur du matériau de base dépasse l'épaisseur critique définie en 5.4, la mesure de l'épaisseur n'est pas affectée 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 d'ajouter au dos de l'étalon ou de l'échantillon d'essai une couche suffisante d'un matériau ayant des propriétés électriques semblables au matériau de base. Si cette méthode est employée, il convient d'effectuer des essais 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, l'étalon utilisé pour l'étalonnage doit avoir le même rayon de courbure que l'échantillon à mesurer, à moins d'utiliser un capteur spécial compensant les effets de cette courbure.

6.2 Détermination

6.2.1 Généralités

Utiliser chaque instrument conformément aux instructions du fabricant, en étant particulièrement attentif aux facteurs mentionnés dans 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 suffisants en cours d'utilisation, selon les recommandations du fabricant afin de garantir un fonctionnement correct (voir 6.1).

Les précautions indiquées de 6.2.2 à 6.2.6 doivent être prises.

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.