
Norme internationale



3882

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

Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques — Vue d'ensemble sur les méthodes de mesurage de l'épaisseur

Metallic and other non-organic coatings — Review of methods of measurement of thickness

Deuxième édition — 1986-04-01

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 3882:1986](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f37e36ed-32b9-4d40-a70f-0635ccb86c0e/iso-3882-1986)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f37e36ed-32b9-4d40-a70f-0635ccb86c0e/iso-3882-1986>

CDU 669.058 : 531.717

Réf. n° : ISO 3882-1986 (F)

Descripteurs : revêtement, revêtement métallique, revêtement non métallique, essai, mesurage de dimension, épaisseur.

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 créé à cet effet. 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. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 3882 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 3882:1976), dont le tableau 2 a fait l'objet d'une révision technique.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques — Vue d'ensemble sur les méthodes de mesure de l'épaisseur

0 Introduction

La présente Norme internationale résume les diverses méthodes utilisées pour mesurer l'épaisseur des revêtements; elle décrit leurs principes de travail. Les méthodes de mesure de l'épaisseur peuvent être destructives ou non destructives (voir tableau 1). Les données figurant aux tableaux 2 et 3 aideront à choisir la méthode la mieux adaptée à l'objet considéré.

Les gammes d'épaisseurs couvertes par les différentes méthodes dépendent du matériau de revêtement, du substrat et des instruments utilisés.

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale donne une vue d'ensemble sur les méthodes de mesure de l'épaisseur de revêtements métalliques ou non organiques déposés sur des substrats métalliques ou non métalliques. Elle se limite aux essais qui ont déjà fait ou feront l'objet de Normes internationales; elle ne considère pas certains essais utilisés à des fins spéciales.

2 Références

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

ISO 2064, *Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques — Définitions et principes concernant le mesurage de l'épaisseur.*

ISO 2128, *Anodisation de l'aluminium et de ses alliages — Détermination de l'épaisseur des couches anodiques — Méthode non destructive, par microscope à coupe optique.*

ISO 2177, *Revêtements métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode coulométrique par dissolution anodique.*

ISO 2178, *Revêtements métalliques non magnétiques sur métal de base magnétique — Mesurage de l'épaisseur du revêtement — Méthode magnétique.*

ISO 2360, *Revêtements non conducteurs sur métal de base non magnétique — Mesurage de l'épaisseur — Méthode des courants de Foucault.*

ISO 2361, *Revêtements électrolytiques de nickel sur métal de base magnétique et non magnétique — Mesurage de l'épaisseur — Méthode magnétique.*

ISO 3497, *Revêtements métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthodes par spectrométrie de rayons X.*

ISO 3543, *Revêtements métalliques et non métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode par rétrodiffusion des rayons bêta.*

ISO 3868, *Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode basée sur le principe de Fizeau d'interférométrie à faisceaux multiples.*

ISO 4518, *Revêtements métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode profilométrique.*

3 Définitions

Dans la présente Norme internationale, les définitions de l'ISO 2064 sont applicables.

4 Méthodes non destructives

4.1 Méthodes magnétiques

Les instruments pour ce type de méthodes mesurent soit l'attraction magnétique entre un aimant et le métal de base influencée par la présence du revêtement, soit la réluctance d'un flux magnétique traversant le revêtement et le métal de base.

L'erreur limite de mesure de la méthode est normalement inférieure à 10 % ou 1,5 μm , la plus grande de ces valeurs étant retenue.

En pratique, ces méthodes sont limitées aux revêtements non magnétiques sur métal de base magnétique (voir ISO 2178) et aux dépôts électrolytiques de nickel sur métal de base magnétique ou non magnétique (voir ISO 2361).

4.2 Méthode des courants de Foucault

Cette méthode est fondée sur les différences de conductivité électrique entre le revêtement et le substrat. Elle sert principalement à mesurer l'épaisseur des revêtements non conducteurs déposés sur des métaux non magnétiques et des revêtements

métalliques monocouches déposés sur des non-conducteurs. Pour obtenir des résultats acceptables, il faut opérer avec le plus grand soin pour le mesurage de l'épaisseur des revêtements métalliques sur des métaux.

L'ISO 2360 ne traite que du mesurage de l'épaisseur des revêtements non conducteurs, déposés sur des substrats non magnétiques.

L'erreur limite de mesurage de la méthode est généralement inférieure à 10 % ou 0,5 µm, la plus grande de ces valeurs étant retenue.

4.3 Méthodes par spectrométrie de rayons X

Ces méthodes utilisent la spectrométrie d'émission et d'absorption des rayons X pour déterminer l'épaisseur de revêtements métalliques.

Lorsque les rayons X viennent frapper une zone donnée de la surface revêtue, on mesure l'intensité du rayonnement secondaire émis par le revêtement, ou émis par le substrat et atténué par le revêtement. Une corrélation existe entre l'intensité des rayons X et l'épaisseur du revêtement; elle est établie au moyen d'étalons.

La méthode est généralement applicable à tous les systèmes, mais sa précision diminue dans les cas suivants:

- a) lorsque des éléments du revêtement sont présents dans le substrat et vice versa;
- b) lorsque plus de deux revêtements sont déposés les uns sur les autres;
- c) lorsque la composition chimique du revêtement diffère fortement de celle de l'étalon.

Elle n'est plus applicable à partir d'une épaisseur qui dépend du nombre atomique et de la masse du métal.

Des instruments capables de mesurer des épaisseurs de revêtements avec une erreur limite inférieure à 10 % sont disponibles dans le commerce (voir ISO 3497).

4.4 Méthode par rétrodiffusion des rayons bêta

L'appareil utilise un isotope radioactif émettant des rayons bêta et un détecteur servant à mesurer l'intensité du rayonnement bêta rétrodiffusé par l'éprouvette. L'intensité de ces rayons rétrodiffusés se situe entre deux valeurs: l'intensité des rayons bêta rétrodiffusés par le revêtement et celle des rayons bêta rétrodiffusés par le métal de base; le mesurage n'est possible que si le nombre atomique du métal de revêtement est suffisamment différent de celui du métal de base. L'instrument est étalonné sur des étalons ayant même revêtement et même métal de base que les éprouvettes à mesurer. L'intensité mesurée des rayons bêta rétrodiffusés par l'éprouvette sert à calculer la masse surfacique du revêtement qui, pourvu que ce dernier soit de masse volumique uniforme, est directement proportionnelle à l'épaisseur.

La méthode peut servir à mesurer indifféremment les revêtements minces ou épais, l'épaisseur maximale étant fonction du nombre atomique du revêtement.

L'erreur limite de mesurage de la méthode est généralement inférieure à 10 % sur une large gamme d'épaisseurs (voir ISO 3543).

4.5 Méthode par mesurage au microscope à coupe optique

L'appareillage servait à l'origine à mesurer la rugosité superficielle mais était aussi utilisé pour mesurer l'épaisseur de revêtements transparents et translucides notamment les couches d'oxydation anodique sur l'aluminium. Un faisceau lumineux est projeté sur une surface sous un angle de 45°. Une partie de ce faisceau est réfléchi par la surface du revêtement cependant que l'autre pénètre à travers le revêtement et est réfléchi par l'interface entre le revêtement et le métal de base. La distance qui sépare les deux images observés dans l'oculaire du microscope est proportionnelle à l'épaisseur du revêtement et peut être mesurée à l'aide d'une vis micrométrique comportant un réticule étalonné. La méthode est utilisable si l'interface entre le revêtement et le métal de base réfléchit suffisamment de lumière pour donner une image claire au microscope. Pour les revêtements transparents ou translucides, tels que les couches d'oxydation anodique, cette méthode est non destructive (voir ISO 2128).

Pour mesurer l'épaisseur des revêtements opaques, il faut enlever une petite partie du revêtement et, dans ce cas, la méthode est destructive. Le décrochement entre la surface du revêtement et le métal de base produit une déflexion du rayon lumineux représentant la valeur absolue de l'épaisseur de revêtement.

L'erreur limite de mesurage de la méthode est généralement inférieure à 10 %.

Cette méthode est applicable aux revêtements d'épaisseur inférieure ou égale à 5 µm.

5 Méthodes destructives

5.1 Méthodes par dissolution

5.1.1 Méthode gravimétrique (dissolution et pesée)

La masse du revêtement est déterminée par pesée de l'éprouvette avant et après dissolution du revêtement sans attaque du substrat, ou par pesée du revêtement après dissolution du substrat sans attaque du revêtement. Le revêtement doit être de masse volumique uniforme.

Le quotient de la masse du revêtement par le produit de la masse volumique et de la surface du revêtement donne l'épaisseur moyenne du revêtement.

L'erreur limite de mesurage de la méthode gravimétrique est normalement inférieure à 5 % sur une large gamme d'épaisseurs.

5.1.2 Méthode analytique

La masse du revêtement est déterminée par dissolution du revêtement, avec ou sans dissolution du métal de base, et dosage de la quantité de métal de revêtement par analyse chimique.

Le quotient de la masse du revêtement par le produit de la masse volumique et de la surface du revêtement donne l'épaisseur moyenne du revêtement.

L'erreur limite de mesurage de cette méthode est normalement inférieure à 5 % sur une large gamme d'épaisseurs.

La méthode ne peut pas être fiable si le même métal se trouve à la fois dans le revêtement et dans le métal de base.

5.1.3 Méthode coulométrique

L'épaisseur de revêtement métallique est déterminée par mesurage de la quantité d'électricité nécessaire pour dissoudre le revêtement sur une surface mesurée avec précision, la pièce étant utilisée comme anode dans un électrolyte approprié et dans des conditions convenables.

La variation de potentiel observée au moment où le métal sous-jacent est découvert sert de repère du point final de la dissolution. La méthode est applicable aux revêtements métalliques sur substrats métalliques ou non.

L'erreur limite de mesurage de la méthode est normalement inférieure à 10 % (voir ISO 2177).

5.2 Méthode par coupe micrographique (optique)

L'examen au microscope permet de mesurer l'épaisseur du revêtement par grossissement de sa section transversale.

L'erreur limite de mesurage de la méthode est normalement inférieure à 10 %, avec une erreur minimale de ± 0,8 µm (voir ISO 1463).

5.3 Méthode profilométrique (par palpeur)

On crée un gradin entre la surface du revêtement et celle du métal de base par masquage au cours du dépôt ou en dissolvant une petite surface du revêtement sans attaquer son substrat. Un palpeur est déplacé en travers de ce gradin, dont la hauteur est déterminée par mesurage électronique et enregistré du déplacement du palpeur.

L'erreur limite de mesurage de la méthode est normalement inférieure à 10 % sur une large gamme d'épaisseurs (voir ISO 4518).

5.4 Méthode par mesurage au microscope interférométrique

L'épaisseur du revêtement est mesurée en dirigeant sur un gradin du revêtement un faisceau de lumière monochromatique. Ce gradin est obtenu par masquage d'une surface du métal de base avant dépôt ou par masquage du revêtement avant dissolution de la partie de revêtement non protégée.

Ce gradin à la surface de l'éprouvette provoque un déplacement du système des franges d'interférence. Le déplacement d'un intervalle entier de frange est équivalent au déplacement vertical d'une demi-longueur d'onde de la lumière monochromatique. Le nombre entier ou fractionnaire d'intervalles de franges occupés par le décalage des franges est déterminé à l'aide d'un micromètre à oculaire.

Pour avoir une description de la méthode du faisceau multiple, voir ISO 3868.

L'erreur limite de mesurage de la méthode du faisceau multiple est normalement inférieure à 0,01 µm.

Tableau 1 — Liste des méthodes de mesurage de l'épaisseur d'un revêtement

Méthodes non destructives	Méthodes destructives
Magnétiques (ISO 2178 et ISO 2361)	Méthodes par dissolution :
Courants de Foucault (ISO 2360)	— gravimétrique (dissolution chimique)
Spectrométrie de rayons X (ISO 3497)	— dosage analytique du métal dissous
Rétrodiffusion des rayons bêta (ISO 3543)	— méthode coulométrique (ISO 2177)
Microscope à coupe optique ¹⁾ (ISO 2128)	Coupe micrographique (ISO 1463)
	Méthode profilométrique ²⁾ (ISO 4518)
	Méthode du microscope interférométrique ²⁾ (ISO 3868)

1) Peut être destructive dans certains cas d'application.
 2) Peut également être non destructive.

Tableau 2 – Utilisation des différentes méthodes instrumentales de mesurage des épaisseurs de revêtement
(basé sur les méthodes les plus communément utilisées en 1983)

Revêtement Métal de base	Alu- minium et alliages d'alu- minium	Oxydes anodi- ques	Cad- mium	Chrome	Cuivre	Or	Plomb	Nickel	Nickel auto- cataly- tique	Non- métaux	Palla- dium	Rho- dium	Ar- gent	Étain	Alliage étain- plomb	Émaux vitraux et porcelaine	Zinc
Aluminium et alliages d'aluminium	—	E	BC	BC	BC	B	BC	BCM ¹⁾	BC ²⁾ E ¹⁾²⁾	E	B	B	BC	BC	B ³⁾ C ³⁾	E	BC
Cuivre et alliages de cuivre	—	E	BC	C	C seulement sur laiton et Cu-Be	B	BC	CM ¹⁾	C ²⁾ M ¹⁾	BE	B	B	BC	BC	B ³⁾ C ³⁾	E	C
Magnésium et et alliages de magnésium	—	E	B	B	B	B	B	BM ¹⁾	B	E	B	B	B	B	B ³⁾	—	B
Nickel	—	—	BC	BC	C	B	BC	—	—	BE	B	B	BC	BC	B ³⁾ C ³⁾ M	—	BM
Alliages nickel-cobalt-fer (par exemple Kovar)	—	—	BM	M	M	BM	BCM	CM ¹⁾	C ²⁾ M ¹⁾	BM	BM	BM	BM	BM	B ³⁾ C ³⁾ M	—	BC
Non-métaux	BE	—	BC	BC	BC	B	BC	BCM ¹⁾	BC ²⁾	B	B	B	BC	BC	B ³⁾ C ³⁾	—	BC
Argent	—	—	—	B	B	B	BC	BM ¹⁾	B	BE	—	—	—	—	B ³⁾	E	B
Aciers magnétiques	BM	—	BCM	CM	CM	BM	BCM	CM ¹⁾	C ²⁾ M ¹⁾	BM	BM	BM	BCM	BCM	B ³⁾ C ³⁾ M	M	BCM
Aciers non magnétiques	B	—	BC	C	C	B	BC	CM ¹⁾	B ²⁾ C ²⁾ M ¹⁾	BE	B	B	BC	BC	B ³⁾ C ³⁾	E	BC
Titane	—	—	B	—	B	B	B	BM ¹⁾	B	BE	B	B	B	B	B ³⁾	—	B
Zinc et alliages de zinc	—	—	B	B	C	B	B	M ¹⁾	—	BE	B	B	B	B	B ³⁾	—	—

Légendes

- B = rétrodiffusion des rayons bêta
- C = coulométrie
- E = courants de Foucault
- M = magnétique

- 1) La méthode est sensible aux variations de perméabilité du revêtement.
- 2) La méthode est sensible aux variations de la teneur en phosphore et en boue du revêtement.
- 3) La méthode est sensible à la composition de l'alliage.

NOTE — Le présent tableau indique les méthodes instrumentales les plus communément utilisées pour mesurer les épaisseurs de revêtement. Les instructions du fabricant doivent servir de guide quant aux restrictions d'emploi des méthodes. Dans le cas de la méthode coulométrique, on peut mesurer des combinaisons qui ne sont pas indiquées dans le tableau avec les électrolytes existants ou avec des électrolytes à mettre au point spécialement. D'autres méthodes peuvent également être utilisées; notamment: méthode au microscope, spectrométrie de rayons X, profilométrie, interférométrie, microscope à coupe optique, gravimétrie et dosage analytique. Ces méthodes sont applicables à la plupart des combinaisons de revêtement et de métal de base.

Tableau 3 — Gammes d'épaisseurs représentatives des instruments de mesure des épaisseurs de revêtement

Les gammes d'épaisseurs indiquées sont représentatives

- des modèles normalisés d'instruments disponibles dans le commerce;
- sur des éprouvettes de grandes dimensions, plates ou lisses;
- des dépôts électrolytiques, autocatalytiques, des couches anodisées et des revêtements céramiques communément utilisés;
- de mesures normalement méticuleux.

Les gammes réelles dépendent de facteurs tels que la taille, la forme, le matériau du revêtement et le métal de base de l'éprouvette, ainsi que de la marque et du modèle de l'instrument. Les gammes indiquées peuvent souvent être étendues par modification de l'instrument ou des techniques de mesure. Aucun instrument ne peut couvrir la totalité de la gamme indiquée pour le type d'instrument en question.

Type d'instrument	Gamme d'épaisseurs représentatives pour des mesurages dont l'erreur limite est de 10 % ¹⁾ µm	Norme internationale appropriée
Magnétique pour revêtement non magnétiques sur acier	5 à 7 500	ISO 2178
Magnétique pour revêtements de nickel	1 à 125	ISO 2361
Courants de Foucault	5 à 2 000	ISO 2360
Spectrométrie de rayons X	0,25 à 65	ISO 3497
Rétrodiffusion de rayons bêta	0,1 à 100	ISO 3543
Coupe optique	5 à plusieurs centaines	ISO 2128
Coulométrique	0,25 à 100	ISO 2177
Microscope	8 à plusieurs centaines	ISO 1463
Profilométrie	0,01 à 100	ISO 4518

1) Les valeurs données dans le présent tableau ont été fournies par les fabricants d'instruments en 1982.

NOTE — En général, à une épaisseur d'un dixième de l'épaisseur donnée en bas de gamme, on peut escompter une erreur limite de mesure d'environ 100 %. Ainsi la méthode au microscope a une erreur limite absolue d'environ un dixième de 8 µm, soit 0,8 µm.

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 3882:1986

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f37e36ed-32b9-4d40-a70f-0635ccb86c0e/iso-3882-1986>