ICS: 87.040

norme belge enregistrée

NBN EN ISO 2808

2e éd., juin 2007

Indice de classement: T 22

Peintures et vernis - Détermination de l'épaisseur du feuil (ISO 2808:2007)

Verven en vernissen - Bepaling van de laagdikte (ISO 2808:2007)

Paints and varnishes - Determination of film thickness (ISO 2808:2007)

Autorisation de publication: 30 mai 2007

Remplace NBN EN ISO 2808 (1999).

La présente norme européenne EN ISO 2808:2007 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).

Bureau de Normalisation - Avenue de la Brabançonne 29 - 1000 Bruxelles - Belgique
Tél: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be
Banque 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOT BEB1 TVA: BE 0880.857.592

© NBN 2007

Prix: groupe 26

ICS: 87.040

Geregistreerde Belgische norm

NBN EN ISO 2808

2e uitg., juni 2007

Normklasse: T 22

Verven en vernissen - Bepaling van de laagdikte (ISO 2808:2007)

Peintures et vernis - Détermination de l'épaisseur du feuil (ISO 2808:2007)

Paints and varnishes - Determination of film thickness (ISO 2808:2007)

Toelating tot publicatie: 30 mei 2007

Vervangt NBN EN ISO 2808 (1999).

Deze Europese norm EN ISO 2808:2007 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).

Bureau voor Normalisatie Brabançonnelaan 29 B-1000 Brussel België
Tel: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be
Bank 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOT BEB1 BTW: BE 0880.857.592

© NBN 2007

Prijsgroep: 26

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

EN ISO 2808

Février 2007

ICS 87.040

Remplace EN ISO 2808:1999

Version Française

Peintures et vernis - Détermination de l'épaisseur du feuil (ISO 2808:2007)

Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Schichtdicke (ISO 2808:2007)

Paints and varnishes - Determination of film thickness (ISO 2808:2007)

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 16 décembre 2006.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion du CEN ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion du CEN, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Centre de Gestion: rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2007 CEN Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux membres nationaux du CEN.

Réf. n° EN ISO 2808:2007 F

Avant-propos

Le présent document (EN ISO 2808:2007) a été élaboré par le Comité Technique ISO/TC 35 "Peintures et vernis" en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 139 "Peintures et vernis" dont le secrétariat est tenu par le DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en août 2007, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en août 2007.

Le présent document remplace l'EN ISO 2808:1999.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette norme européenne en application: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

Notice d'entérinement

Le texte de l'ISO 2808:2007 a été approuvé par le CEN comme EN ISO 2808:2007 sans aucune modification.

NORME INTERNATIONALE

ISO 2808

Quatrième édition
2007-02-01

Peintures et vernis — Détermination de l'épaisseur du feuil

Paints and varnishes — Determination of film thickness

Numéro de référence
ISO 2808:2007(F)

© ISO 2007

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.

© ISO 2007

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 v

Introduction vi

1 Domaine d'application 1

2 Références normatives 1

3 Termes et définitions 1

4 Détermination de l'épaisseur de film humide 3
4.1 Généralités 3
4.2 Détermination mécanique 3
4.2.1 Principe 3
4.2.2 Champ d'application 3
4.2.3 Généralités 3
4.2.4 Méthode 1A — Jauge à peigne 4
4.2.5 Méthode 1B — Jauge à roue 5
4.2.6 Méthode 1C — Comparateur 6
4.3 Détermination gravimétrique 7
4.3.1 Principe 7
4.3.2 Domaine d'application 7
4.3.3 Généralités 7
4.3.4 Méthode 2 — Différence gravimétrique 8
4.4 Détermination photo-thermique 8
4.4.1 Principe 8
4.4.2 Domaine d'application 9
4.4.3 Généralités 9
4.4.4 Méthode 3 — Détermination au moyen des propriétés thermiques 9

5 Détermination de l'épaisseur de feuil sec 9
5.1 Généralités 9
5.2 Détermination mécanique 10
5.2.1 Principe 10
5.2.2 Domaine d'application 10
5.2.3 Généralités 10
5.2.4 Méthode 4A — Par différence d'épaisseur 11
5.2.5 Méthode 4B — Par mesurage de profondeur 13
5.2.6 Méthode 4C — Par profilomètre de surface 15
5.3 Détermination gravimétrique 16
5.3.1 Principe 16
5.3.2 Domaine d'application 17
5.3.3 Généralités 17
5.3.4 Méthode 5 — Par différence gravimétrique 17
5.4 Détermination optique 17
5.4.1 Principe 17
5.4.2 Domaine d'application 19
5.4.3 Généralités 19
5.4.4 Méthode 6A — Coupe transversale / Section transversale 19
5.4.5 Méthode 6B — Entaille en coin 20
5.5 Détermination magnétique 21
5.5.1 Généralités 21
5.5.2 Principe 21
5.5.3 Domaine d'application 21
5.5.4 Généralités 21

© ISO 2007 – Tous droits réservés

5.5.5 Méthode 7A — Éloignement d'un aimant permanent ... 21
5.5.6 Méthode 7B — Effet Hall ... 22
5.5.7 Méthode 7C — Induction magnétique ... 23
5.5.8 Méthode 7D — Courant de Foucault ... 24
5.6 Détermination radiologique ... 25
5.6.1 Principe ... 25
5.6.2 Domaine d'application ... 25
5.6.3 Généralités ... 25
5.6.4 Méthode 8 — Rétrodiffusion des rayons bêta ... 26
5.7 Détermination photo-thermique ... 26
5.7.1 Principe ... 26
5.7.2 Domaine d'application ... 27
5.7.3 Généralités ... 27
5.7.4 Méthode 9 — Détermination au moyen des propriétés thermiques ... 28
5.8 Détermination acoustique ... 28
5.8.1 Principe ... 28
5.8.2 Domaine d'application ... 28
5.8.3 Généralités ... 28
5.8.4 Méthode 10 — Réflexion ultrasonique ... 29

6 Détermination de l'épaisseur de couche de revêtement en poudre non réticulée ... 30
6.1 Généralités ... 30
6.2 Détermination gravimétrique ... 30
6.2.1 Principe ... 30
6.2.2 Domaine d'application ... 30
6.2.3 Généralités ... 30
6.2.4 Méthode 11 — Différence gravimétrique ... 30
6.3 Détermination magnétique ... 31
6.3.1 Principe ... 31
6.3.2 Domaine d'application ... 31
6.3.3 Généralités ... 31
6.3.4 Méthode 12A — Induction magnétique ... 31
6.3.5 Méthode 12B — Courants de Foucault ... 32
6.4 Détermination photo-thermique ... 32
6.4.1 Principe ... 32
6.4.2 Champ d'application ... 32
6.4.3 Généralités ... 32
6.4.4 Méthode 13 — Détermination au moyen des propriétés thermiques ... 33

7 Mesurage de l'épaisseur de feuil sur surfaces rugueuses ... 33
7.1 Généralités ... 33
7.2 Appareillage et matériel ... 34
7.3 Mode opératoire ... 34
7.3.1 Vérification ... 34
7.3.2 Mesurage ... 34
7.3.3 Nombre de lectures ... 34

8 Rapport d'essai ... 35

Annexe A (informative) **Vue d'ensemble des méthodes** ... 36

Bibliographie ... 39

 © ISO 2007 – 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 (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 2808 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 35, *Peintures et vernis*, sous-comité SC 9, *Méthodes générales d'essais des peintures et vernis*.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 2808:1997), dont elle constitue une révision technique. Les modifications principales sont les suivantes:

a) La structure de la norme a été modifiée et comporte quatre parties principales:

   1) Détermination de l'épaisseur de feuil humide;

   2) Détermination de l'épaisseur de feuil sec;

   3) Détermination de l'épaisseur de feuil de peinture poudre non réticulé;

   4) Mesurage de l'épaisseur de feuil sur surfaces rugueuses.

b) Les principes photo-thermique, radiologique et acoustique ont été ajoutés.

c) La méthode par séparation de faisceau a été supprimée puisque ce type d'instruments n'est plus fabriqué.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

Introduction

Le mesurage de l'épaisseur du feuil comporte les étapes suivantes:

a) étalonnage de l'instrument de mesure, généralement effectué par le fabricant ou par un laboratoire qualifié;

b) vérification de l'instrument (contrôle de précision effectué par l'utilisateur à intervalles réguliers, typiquement avant chaque série de mesurages);

c) réglage, alignement des lectures d'épaisseur de la jauge sur celles d'un témoin connu. Dans le cas d'une jauge d'épaisseur de feuil sec, cela signifierait un réglage à zéro sur la surface non peinte ou un réglage à l'épaisseur de feuil connue dans le cas de cales d'épaisseur ou d'un échantillon revêtu d'une épaisseur de feuil connue;

d) mesurage.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

Peintures et vernis — Détermination de l'épaisseur du feuil

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit un certain nombre de méthodes applicables au mesurage de l'épaisseur des revêtements appliqués sur un subjectile. Les méthodes de détermination de l'épaisseur de feuil humide, de feuil sec et des feuils de peinture poudre non réticulés y sont décrites. Lorsqu'il existe des normes d'essai applicables aux différentes méthodes, il est fait référence à celles-ci. À défaut, la méthode est décrite en détail.

Une vue d'ensemble des différentes méthodes figure en Annexe A, ou le domaine d'application (caractérisation), les normes existantes et la fidélité sont indiquées pour chaque méthode.

La présente Norme internationale définit également les termes en relation avec la détermination de l'épaisseur de feuil.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants 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 463, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Instruments de mesurage dimensionnel: Comparateurs mécaniques à cadran — Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques*

ISO 3611, *Micromètres d'extérieur*

ISO 4618:2006, *Peintures et vernis — Termes et définitions*

ISO 8503-1, *Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés — Caractéristiques de rugosité des subjectiles d'acier décapés — Part 1: Spécifications et définitions relatives aux échantillons de comparaison viso-tactile ISO pour caractériser les surfaces préparées par projection d'abrasif*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 4618 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1
subjectile
surface sur laquelle est appliqué ou doit être appliqué un matériau de revêtement

[ISO 4618:2006]

© ISO 2007 – Tous droits réservés

3.2
revêtement
dépôt continu d'un matériau de revêtement effectué au cours d'une seule opération ou de plusieurs opérations d'application sur un subjectile

[ISO 4618:2006]

3.3
épaisseur de feuil
distance entre la surface du feuil et la surface du subjectile

3.4
épaisseur de film humide
épaisseur d'un matériau de revêtement humide fraîchement appliqué, mesurée immédiatement après application

3.5
épaisseur de feuil sec[1)]
épaisseur de matériau de revêtement restant sur la surface lorsque le produit a durci

3.6
épaisseur de couche de poudre non réticulée
épaisseur d'un matériau de revêtement en poudre, fraîchement appliqué, mesurée immédiatement après application et avant séchage au four

3.7
surface significative[1)]
partie d'un article recouvert ou à recouvrir par le revêtement et pour lequel le revêtement joue un rôle essentiel du point de vue de l'aptitude au service et/ou de l'aspect

3.8
surface de référence[1)]
partie de la surface significative sur laquelle un nombre convenu de mesures individuelles est effectué (contrôle en certains points, représentatifs de l'épaisseur de feuil de la couche correspondante)

3.9
surface de mesure[1)]
surface sur laquelle un seul mesurage est effectué

3.10
épaisseur locale minimale de feuil[1)]
valeur la plus faible de l'épaisseur locale de feuil relevée sur la surface significative d'un article donné

3.11
épaisseur locale maximale de feuil[1)]
valeur la plus élevée de l'épaisseur locale de feuil relevée sur la surface significative d'un article donné

3.12
épaisseur moyenne de feuil[1)]
moyenne arithmétique de toutes les épaisseurs de feuil sec sur la surface de contrôle, ou résultat d'une détermination gravimétrique de l'épaisseur

3.13
étalonnage
procédé contrôlé et documenté consistant à mesurer des étalons certifiés et à vérifier que les résultats sont dans le domaine de précision de la jauge

---

1) Le mesurage de cette propriété n'est requis que pour une évaluation approfondie des mesurages d'épaisseur de feuil; voir Article 8 k) et l).

© ISO 2007 – Tous droits réservés

NOTE Les étalonnages sont en général effectués par le fabricant de la jauge ou par un laboratoire qualifié dans un environnement contrôlé en suivant une procédure documentée. Les étalons utilisés lors de l'étalonnage sont tels que le cumul des incertitudes des mesures effectuées est inférieur à la tolérance de précision spécifiée de la jauge.

3.14
vérification
contrôle d'exactitude effectué par l'utilisateur à l'aide d'étalons de référence connus

3.15
étalon de référence
cale d'épaisseur connue avec laquelle l'utilisateur peut vérifier l'exactitude de la jauge

NOTE Les étalons de référence peuvent être des étalons ou des cales d'épaisseur peints. Si cela a été convenu entre les parties, une pièce témoin peut être utilisée comme étalon d'épaisseur pour un travail donné.

3.16
ajustement
action qui consiste à faire coïncider les lectures d'épaisseur de la jauge avec celles d'un témoin connu

NOTE La plupart des jauges électroniques peuvent être ajustées sur une pièce ou une cale peinte, lorsque l'épaisseur de la couche de peinture ou de la cale est connue.

3.17
exactitude
concordance entre une valeur mesurée et la valeur réelle de l'étalon d'épaisseur

4 Détermination de l'épaisseur de film humide

4.1 Généralités

L'Annexe A donne une vue d'ensemble des méthodes utilisées pour la détermination de l'épaisseur de film humide (voir Tableau A.1).

4.2 Détermination mécanique

4.2.1 Principe

Dans toutes les méthodes mécaniques, la surface du subjectile est touchée au travers du revêtement par une partie de l'instrument de mesure et la surface du revêtement est touchée simultanément (voir Figure 1) ou ultérieurement (voir Figures 2 et 3). L'épaisseur de feuil humide correspond à la différence de hauteur entre ces deux points de contacts; elle peut être lue directement.

4.2.2 Champ d'application

Le principe mécanique convient à toutes les combinaisons de feuil/subjectile. Il convient que le subjectile soit plat dans la zone où le mesurage est effectué. Une courbure de surface en un seul plan est admise (par exemple lorsqu'il s'agit de la surface interne ou de la surface externe des tuyauteries).

4.2.3 Généralités

La classification de la méthode comme méthode destructive ou non destructive est fonction:

a) des propriétés rhéologiques du matériau de revêtement;

b) du mouillage entre les surfaces d'essai de l'instrument de mesure et du matériau de revêtement;

c) de l'application finale pour laquelle le matériau de revêtement sera utilisé.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

Puisqu'il est impossible d'exclure la possibilité que des particules de pigment restent entre la jauge et le subjectile, toutes les méthodes mécaniques comportent une erreur systématique: l'épaisseur de film affichée est inférieure à l'épaisseur réelle de film humide d'une valeur correspondant au moins à l'épaisseur moyenne des particules de pigment.

Le mouillage de la jauge à roue est une autre erreur systématique qui ne concerne que la méthode 1B (voir 4.2.5). Cela peut entraîner des lectures surévaluées et est fonction:

— de la tension superficielle et des propriétés rhéologiques du matériau de revêtement;

— du matériau de la jauge à roue;

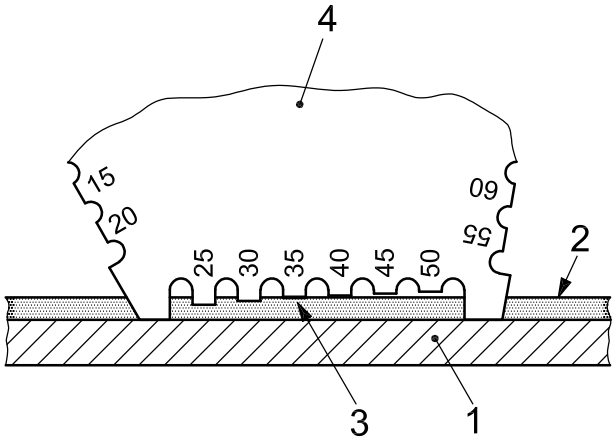
— de la vitesse de rotation de la roue.

4.2.4 Méthode 1A — Jauge à peigne

4.2.4.1 Description de l'instrument

4.2.4.1.1 Une jauge à peigne consiste en un peigne plat réalisé dans un matériau résistant à la corrosion et dont le bord comporte des dents. Les dents de référence de chaque côté du peigne définissent la ligne de base à partir de laquelle les dents intérieures sont disposées en une série de distances progressives. La valeur assignée à ces distances est indiquée au niveau de chaque dent (voir la Figure 1).

La plage maximale de mesure des jauges à peigne disponibles dans le commerce est de 2 000 µm et le plus petit incrément est de 5 µm.



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 contact mouillant
4 jauge à peigne

Figure 1 — Exemple de jauge à peigne

4.2.4.2 Mode opératoire

Vérifier que les dents sont propres, qu'elles ne sont ni usées ni abîmées. Placer la jauge à peigne sur une surface d'éprouvette plate de sorte que les dents soient perpendiculaires au plan de la surface. Attendre suffisamment de temps pour que le revêtement mouille les dents avant de retirer la jauge.

Dans le cas d'éprouvettes courbées en un seul plan, la jauge à peigne doit être positionnée parallèlement à l'axe de la courbure.

 © ISO 2007 – Tous droits réservés

Le résultat du mesurage de l'épaisseur dépend du moment auquel est réalisé le mesurage. Il convient donc de mesurer l'épaisseur dès que possible après l'application.

Noter la distance la plus élevée de dent mouillée par le matériau de revêtement et considérer cette valeur comme étant l'épaisseur de film humide.

4.2.5 Méthode 1B — Jauge à roue

4.2.5.1 Description de l'instrument

4.2.5.1.1 Une jauge à roue consiste en une roue réalisée en acier trempé et résistant à la corrosion, comportant trois couronnes en saillie.

Deux couronnes sont rectifiées au même diamètre et sont concentriques à l'axe de la roue. La troisième couronne a un diamètre plus petit et est rectifiée de manière excentrique. L'une des couronnes extérieures comporte une échelle de graduation sur laquelle il est possible de lire les saillies respectives des couronnes concentriques par rapport à la couronne excentrique (voir la Figure 2).

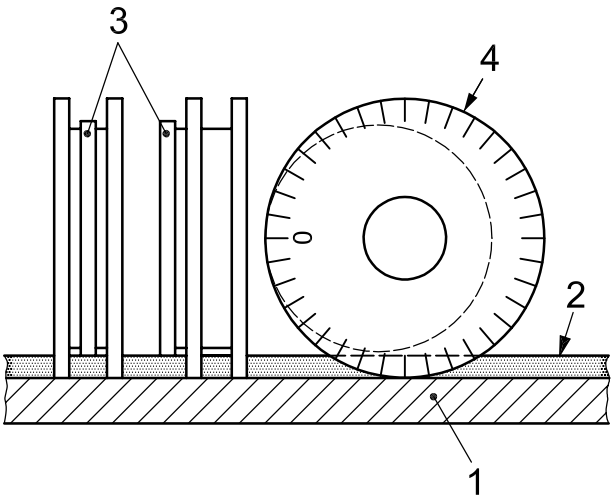
Deux versions sont disponibles:

— la version 1 possède une couronne excentrique placée entre les couronnes concentriques;

— la version 2 possède une couronne excentrique qui n'est pas placée entre les couronnes concentriques, mais adjacente à l'une d'entre elles.

NOTE Contrairement à la version 1, la conception de la version 2 de la roue permet une lecture sans parallaxe de l'épaisseur de feuil humide.

La plage maximale de mesure des jauges à roue disponibles dans le commerce est de 1 500 µm et le plus petit incrément est de 2 µm.



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 couronne excentrique
4 jauge à roue

Figure 2 — Exemple de jauge à roue

© ISO 2007 – Tous droits réservés

4.2.5.2 Mode opératoire

Saisir la jauge à roue entre le pouce et l'index, par son axe de rotation, et presser les couronnes concentriques sur la surface au point correspondant à la lecture la plus élevée de l'échelle de graduation.

Dans le cas d'éprouvettes courbées en un seul plan, l'axe de courbure et l'axe de rotation de la jauge à roue doivent être parallèles.

Faire rouler la jauge dans un sens, la retirer de la surface et noter la valeur la plus élevée de l'échelle de graduation à laquelle la couronne excentrique est encore mouillée par le matériau de revêtement. Nettoyer la jauge et recommencer l'opération dans l'autre sens.

Calculer l'épaisseur de feuil humide en effectuant la moyenne arithmétique de ces lectures.

Le résultat du mesurage de l'épaisseur dépend du moment auquel est effectué le mesurage. Il convient donc de mesurer l'épaisseur dès que possible après l'application.

Pour réduire au minimum les répercussions de la tension superficielle sur le résultat, observer comment la peinture mouille le bord excentrique et relever la lecture de l'échelle de graduation au premier point de contact. Cela n'est possible qu'avec la jauge à roue en version 2.

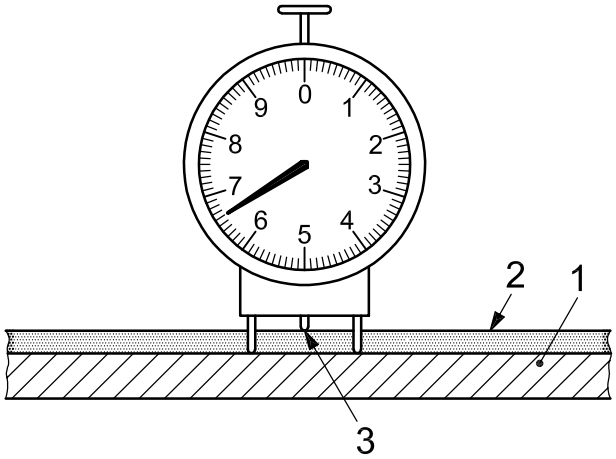
4.2.6 Méthode 1C — Comparateur

4.2.6.1 Instruments et étalons de référence

4.2.6.1.1 Comparateur

Comparateur conforme aux exigences de l'ISO 463 ou comparateur électronique, capable de mesurer avec une précision minimale de 5 µm ou de 1 µm. Le comparateur peut comporter des graduations ou un affichage numérique (voir la Figure 3).

Sur la face inférieure du comparateur se trouvent deux pieds de contact de même longueur situés à égale distance du palpeur mobile et alignés avec celui-ci. Une vis de réglage est utilisée pour déplacer avec précaution le palpeur sur son guidage.



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 palpeur

Figure 3 — Exemple de jauge de profil de surface

© ISO 2007 – Tous droits réservés

4.2.6.1.2 Étalons de référence pour l'étalonnage

Une plaque-étalon plate est nécessaire pour étalonner le zéro du comparateur. La plaque d'étalonnage est réalisée en verre plat, avec une tolérance de planéité ne dépassant pas 1 µm (voir aussi l'ISO 1101 [1]).

4.2.6.2 Mode opératoire

Étalonner le comparateur en vérifiant le zéro sur la plaque d'étalonnage, avec l'extrémité du palpeur réglée de sorte qu'elle soit juste en contact avec la plaque.

Dévisser le palpeur pour le remonter de la position d'étalonnage. Positionner les pieds de contact du comparateur sur l'éprouvette de sorte qu'ils soient perpendiculaires au plan de la surface et visser le palpeur avec précaution jusqu'à ce que l'extrémité du palpeur vienne en contact avec le matériau de revêtement.

Le résultat du mesurage de l'épaisseur dépend du moment auquel est réalisé le mesurage. Il convient donc de mesurer l'épaisseur dès que possible après l'application.

Lire directement l'épaisseur de film humide sur le comparateur.

4.3 Détermination gravimétrique

4.3.1 Principe

Un revêtement est appliqué et son épaisseur est déterminée en divisant la masse du revêtement par sa densité et par la surface peinte.

L'épaisseur de film humide, t_w, en micromètres, est calculée à l'aide de l'équation:

$$t_w = \frac{m - m_0}{A \cdot \rho} \tag{1}$$

où

m_0 est la masse de l'éprouvette non revêtue, en grammes;

m est la masse de l'éprouvette revêtue, en grammes;

A est la surface revêtue, en mètres carrés;

ρ est la masse volumique du matériau de revêtement à l'état liquide appliqué, en grammes par millilitre.

NOTE La masse volumique du matériau de revêtement à l'état liquide appliqué peut être déterminée conformément à l'ISO 2811-1, l'ISO 2811-2, l'ISO 2811-3 ou à l'ISO 2811-4.

4.3.2 Domaine d'application

Le principe gravimétrique est généralement applicable à la condition que la quantité de substances hautement volatiles dans le matériau de revêtement à l'état liquide soit faible.

4.3.3 Généralités

Les essais qui utilisent le principe gravimétrique permettent d'obtenir la valeur moyenne de l'épaisseur de film humide sur l'intégralité de la surface peinte. Lors d'une application par pulvérisation en particulier, la face arrière de l'éprouvette doit être masquée pour éviter des erreurs de mesure dues au recouvrement partiel de cette face (pulvérisation collatérale). Tout masque appliqué sur la face arrière de l'éprouvette doit être éliminé avant le pesage de l'éprouvette peinte.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

4.3.4 Méthode 2 — Différence gravimétrique

4.3.4.1 Appareillage

Des balances, pouvant peser jusqu'à 500 g, à 1 mg près, sont nécessaires.

4.3.4.2 Mode opératoire

Peser les éprouvettes non revêtues et revêtues l'une après l'autre et calculer l'épaisseur de film humide à l'aide de l'Équation (1).

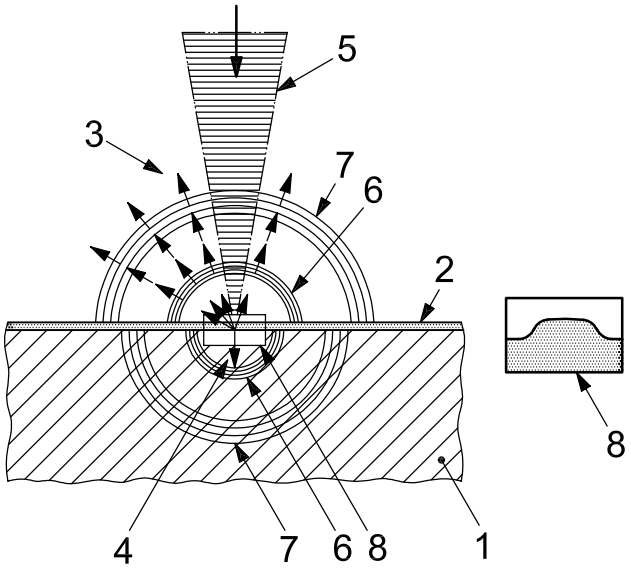
4.4 Détermination photo-thermique

4.4.1 Principe

L'épaisseur du film est déterminée à partir du décalage temporel entre une onde thermique incidente dans le matériau de revêtement et la propagation de chaleur qui s'ensuit, par exemple une onde réfléchie (voir la Figure 4).

Indépendamment du type d'excitation ou de la méthode de détection utilisés, toutes les méthodes d'essais photo-thermiques ont en commun l'introduction ciblée d'énergie sur l'éprouvette, soit à intervalles périodiques soit en impulsions, sous la forme de chaleur, et la détection ultérieure de l'augmentation de température locale ainsi générée.

L'épaisseur du film est déduite du signal détecté sur la base de l'étalonnage, comme spécifié en 4.4.4.2, les paramètres d'excitation étant fixes (énergie d'excitation, durée d'impulsion, fréquence d'excitation, etc.).



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 rayonnement thermique
4 absorption du rayonnement réémis par le revêtement (dépend de l'épaisseur et du matériau du revêtement)
5 irradiation thermique
6 ondes thermiques
7 ondes ultrasonores
8 déformation de la surface

Figure 4 — Interaction rayonnement/éprouvette servant de base aux essais photo-thermiques avec déformation de surface

© ISO 2007 – Tous droits réservés

4.4.2 Domaine d'application

Le procédé photo-thermique est parfaitement adapté à toutes les combinaisons film/subjectile à condition que chaque film soit suffisamment identifiable en matière de conductivité thermique et de propriétés de réflexion.

L'épaisseur minimale de subjectile requise est fonction du système de mesure utilisé (voir 4.4.4.1.1) et des combinaisons respectives film/subjectile.

4.4.3 Généralités

La classification d'une méthode comme méthode destructive ou non destructive dépend de la fonction du revêtement. L'onde rayonnée pourrait avoir un impact sur le matériau de revêtement sous l'action locale de la chaleur (voir le point 8 de la Figure 4).

4.4.4 Méthode 3 — Détermination au moyen des propriétés thermiques

4.4.4.1 Appareillage et étalons de référence

4.4.4.1.1 Système de mesure

Il existe différentes méthodes pour envoyer les ondes thermiques dans le matériau de revêtement et détecter les effets thermiques induits dans la zone échauffée de l'éprouvette (voir l'EN 15042-2 [18]). Les sources de rayonnement optique, par exemple les sources laser, les diodes électroluminescentes, les sources de lumière incandescente, sont les systèmes les plus utilisés pour l'excitation des revêtements.

Les méthodes de détection suivantes sont utilisées:

— détection du rayonnement thermique réémis (radiométrie photo-thermique);

— détection de modification de l'indice de réfraction (dans l'air chauffé au-dessus de la surface de mesure);

— détection pyroélectrique (mesurage du flux de chaleur).

4.4.4.1.2 Étalons de référence

Des échantillons de référence de propriétés d'absorption différentes et d'épaisseurs de feuil déterminées sont requis pour les besoins de l'étalonnage (voir l'EN 15042-2 [18]).

4.4.4.2 Étalonnage

Étalonner le système de mesure avec les échantillons de référence (4.4.4.1.2) pour chaque combinaison film/subjectile (en particulier pour chaque matériau de film).

4.4.4.3 Mode opératoire

Mettre en œuvre l'appareil et mesurer l'épaisseur de film conformément aux instructions du fabricant.

5 Détermination de l'épaisseur de feuil sec

5.1 Généralités

L'Annexe A donne une vue d'ensemble des méthodes utilisées pour la détermination de l'épaisseur de feuil sec.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

5.2 Détermination mécanique

5.2.1 Principe

Un micromètre ou un comparateur (méthode 4A; voir 5.2.4) est utilisé pour mesurer l'épaisseur du feuil correspondant à la différence entre l'épaisseur totale (subjectile + feuil) et l'épaisseur du subjectile.

Il y a deux manières différentes de déterminer l'épaisseur de feuil:

a) Les mesurages sont effectués avant et après élimination du revêtement (destructif)

   L'épaisseur totale du feuil est d'abord mesurée au niveau de la surface de mesure définie, puis, une fois que ce même feuil a été éliminé au niveau de la surface de mesure, l'épaisseur du subjectile est mesurée.

b) Les mesurages sont effectués avant et après revêtement (non destructif)

   L'épaisseur du subjectile est d'abord mesurée, puis l'épaisseur totale, après revêtement, est mesurée au niveau de la même surface de mesure.

L'épaisseur de feuil est calculée par différence entre les deux lectures.

La jauge de profondeur (méthode 4B; voir 5.2.5) et le profilomètre (méthode 4C; voir 5.2.6) permettent de déterminer directement l'épaisseur de feuil qui correspond à la distance entre la surface du feuil et la surface du subjectile exposé.

NOTE Seule la variante «Élimination du revêtement» est possible avec la jauge de profondeur et le profilomètre (méthodes 4B et 4C).

5.2.2 Domaine d'application

Le procédé mécanique est parfaitement adapté à toutes les combinaisons de feuil/subjectile. Lorsque le jaugeage mécanique est utilisé, le subjectile et le revêtement doivent être assez durs pour éviter que la lecture ne soit faussée par une indentation créée par l'extrémité du palpeur.

Le micromètre ou la jauge de profil de surface (méthode 4A) convient également pour mesurer l'épaisseur de feuil des éprouvettes cylindriques de section circulaire (câbles, tuyauteries par exemple).

La méthode utilisant le profilomètre (méthode 4C) est admise comme méthode d'arbitrage en cas de contestation.

5.2.3 Généralités

Dans la variante «après revêtement», un gabarit dans lequel des trous sont percés est utilisé pour s'assurer que la détermination de l'épaisseur du subjectile et de l'épaisseur totale est effectuée exactement au même endroit.

NOTE 1 La variante «après revêtement» est privilégiée avec les subjectiles plastiques, puisque dans la plupart des cas le subjectile ne peut être exposé sans qu'il y ait endommagement.

Dans la variante «élimination du revêtement», les surfaces où la mesure doit être effectuée doivent être entourées d'un cercle et identifiées. Le revêtement doit être totalement éliminé, avec précaution, au niveau de la surface de mesure, sans dégrader mécaniquement ou chimiquement le subjectile. Le subjectile peut être partiellement masqué avec du ruban adhésif avant d'être revêtu pour obtenir des marches bien définies.

Dans le cas de la jauge de profondeur et du profilomètre (méthodes 4B et 4C), le revêtement qui n'est pas éliminé dans la zone de mesure doit rester en bon état.

Dans le cas du profilomètre (méthode 4C) la marche entre le subjectile et la surface du feuil doit être suffisamment bien définie pour établir une connexion locale entre les points de référence.

 © ISO 2007 – Tous droits réservés

Avec les subjectiles durs (le verre, par exemple), le revêtement peut être éliminé mécaniquement, mais avec les subjectiles mous (l'acier, par exemple), le revêtement doit être éliminé chimiquement avec un solvant ou un décapant de peinture.

NOTE 2 Dans le cas des matériaux mous, le feuil peut être foré d'un trou de 10 mm de diamètre et la portion de revêtement entourée d'un cercle peut être éliminée avec un solvant ou un décapant de peinture.

Toutes les surfaces (revêtement, subjectile, face arrière de l'éprouvette) qui sont touchées ou mesurées doivent être propres et exemptes de résidus de feuil.

5.2.4 Méthode 4A — Par différence d'épaisseur

5.2.4.1 Appareillage (en variante)

5.2.4.1.1 Micromètre

Le micromètre doit pouvoir mesurer à 5 µm près. Il doit être muni d'un cliquet pour limiter la force exercée par la touche mobile sur la surface d'essai.

Version 1 — Table de mesure

Une tête de vis micrométrique, avec une face de mesure plane est fixée sur un support stable (table de mesure) de sorte que sa hauteur puisse être réglée. La face de mesure doit être maintenue parallèle au plateau de la table de mesure.

Version 2 — Palmer micrométrique

Le terme usuel pour ce type d'instrument est «micromètre d'extérieur» (voir l'ISO 3611). Le micromètre doit être conforme aux exigences de l'ISO 3611 (voir la Figure 5). Les deux faces de mesure doivent être planes et parallèles.

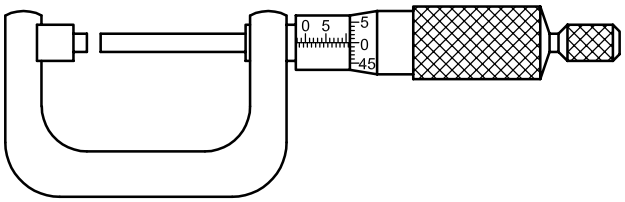


Figure 5 — Micromètre d'extérieur

5.2.4.1.2 Comparateur

Comparateur mécanique conforme aux exigences de l'ISO 463 ou jauge électronique de profil de surface pouvant respectivement mesurer avec une précision minimale de 5 µm ou de 1 µm. Le comparateur doit être muni d'un dispositif de levage pour le palpeur mobile. La forme du palpeur doit être choisie en fonction de la dureté du matériau à soumettre à essai (sphérique pour les matériaux durs, plate pour les matériaux mous).

Version 1 — Comparateur avec table de mesure

Le comparateur est fixé sur une table de mesure comme illustré la Figure 6. Si un palpeur plan est utilisé, la surface de mesurage doit être parallèle au plateau de la table de mesure.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

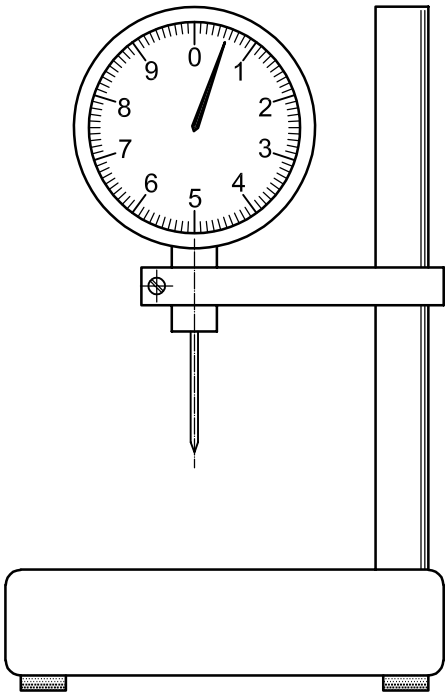
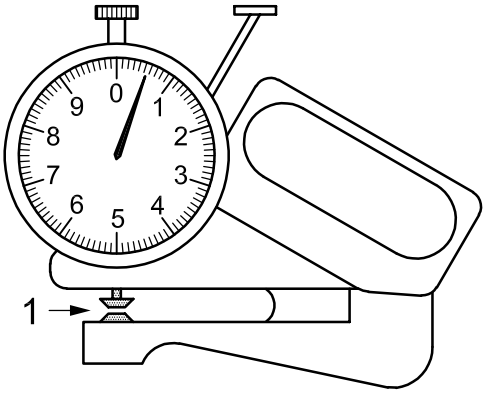


Figure 6 — Comparateur avec table de mesure

Version 2 — Jauge d'épaisseur

Le comparateur est muni d'une poignée. La configuration du dispositif de levage du palpeur mobile doit être telle que la jauge d'épaisseur puisse être manœuvrée avec une seule main. Le palpeur interchangeable situé sur l'enclume doit être fixé à l'opposé du palpeur mobile. La forme du palpeur de l'appareil doit être choisie en fonction de la dureté du matériau à soumettre à essai (sphérique pour les matériaux durs, plate pour les matériaux mous).

Si les deux palpeurs sont de forme plate (comme c'est le cas avec la jauge d'épaisseur de feuil de la Figure 7), les faces de mesure de la jauge doivent être parallèles entre elles.



Légende

1 ouverture de la jauge

Figure 7 — Jauge d'épaisseur de feuil

© ISO 2007 – Tous droits réservés

5.2.4.2 Mode opératoire

Préparer l'éprouvette comme spécifié en 5.2.3 pour les variantes «élimination du revêtement» et «après revêtement» (voir 5.2.1).

Manœuvrer les instruments de sorte que le côté revêtu ou à revêtir de l'éprouvette se trouve respectivement en face de la touche mobile (micromètre, voir 5.2.4.1.1) ou du palpeur (comparateur, voir 5.2.4.1.2) dans les variantes «élimination du revêtement» ou «après revêtement».

Avec la table de mesure (5.2.4.1.1 et 5.2.4.1.2, version 1 dans chaque cas), appliquer l'éprouvette sur le plateau de la table.

Avec le type à poignée (5.2.4.1.1 et 5.2.4.1.2, version 2 dans chaque cas), appliquer l'éprouvette contre le palpeur fixe.

NOTE La poignée des instruments spécifiés en 5.2.4.1.1 et 5.2.4.1.2, version 2 dans chaque cas, peut être fixée sur un support pour faciliter l'opération.

Répéter la procédure pour le deuxième mesurage après avoir éliminé le feuil («élimination du revêtement») ou avoir appliqué le feuil («après revêtement»).

Effectuer chaque mesure de sorte que:

— dans le cas du micromètre spécifié en 5.2.4.1.1, la touche mobile est amenée contre la surface à soumettre à essai jusqu'au déclenchement du cliquet;

— dans le cas du comparateur spécifié en 5.2.4.1.2, la surface est touchée délicatement par le palpeur à ressort du comparateur.

Calculer l'épaisseur de feuil par différence entre l'épaisseur totale et l'épaisseur du subjectile.

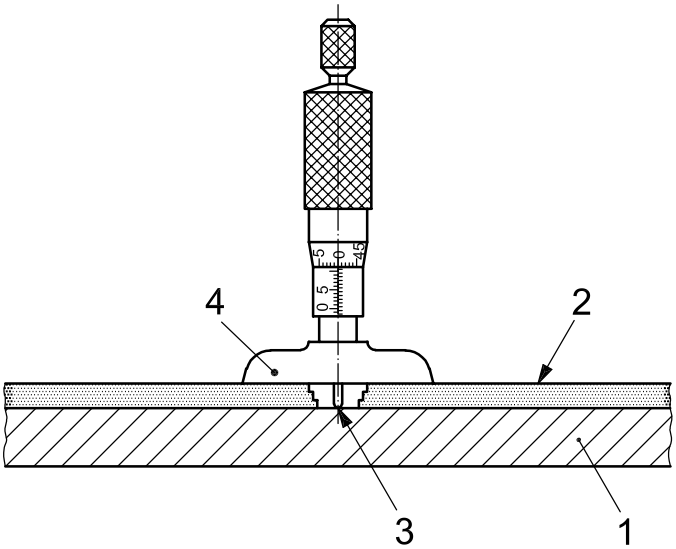
5.2.5 Méthode 4B — Par mesurage de profondeur

5.2.5.1 Instrument et étalons de référence

5.2.5.1.1 Version 1 — Micromètre de profondeur

Les micromètres de ce type sont généralement capables de mesurer à 5 µm près, ou mieux (voir la Figure 8). Le micromètre doit être muni d'un cliquet pour limiter la force exercée par le palpeur sur le subjectile. Le micromètre est fixé sur un pont de mesure qui permet un contact à plat entre le micromètre et la surface du feuil et sert de plan de référence.

© ISO 2007 – Tous droits réservés



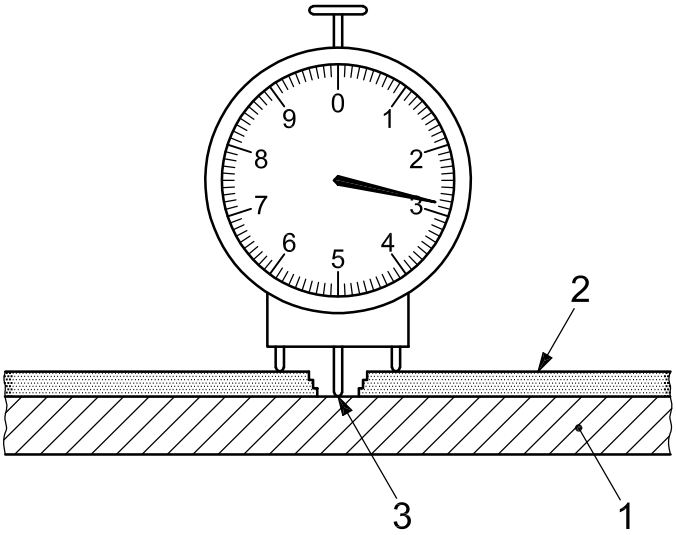
Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 palpeur
4 pont de mesure

Figure 8 — Micromètre de profondeur

5.2.5.1.2 Version 2 — Jauge de profondeur

Comparateur mécanique conforme aux exigences de l'ISO 463 ou comparateur électronique pouvant respectivement mesurer à 5 µm ou 1 µm près, ou mieux. Le comparateur est fixé sur un pont de mesure qui permet un contact à plat entre la jauge et la surface du feuil et sert de plan de référence. Deux picots de contact d'égale longueur fixés sur la face inférieure du comparateur, à égale distance du palpeur mobile et alignés avec celui-ci, peuvent aussi être utilisés à la place du pont de mesure plat.



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 palpeur

Figure 9 — Jauge de profondeur

© ISO 2007 – Tous droits réservés

5.2.5.1.3 Étalons de référence pour l'étalonnage

Plaque-étalon plate pour étalonner le zéro de l'instrument. La plaque d'étalonnage est de préférence réalisée en verre plat, avec une tolérance de planéité ne dépassant pas 1 µm (voir aussi l'ISO 1101 [1]).

5.2.5.2 Mode opératoire

Éliminer le revêtement sur la surface de mesure. Étalonner le zéro de l'instrument avec la plaque-étalon (5.2.5.1.3), et ensuite:

a) dans le cas du micromètre de profondeur, placer le pont de mesure du micromètre sur la surface du feuil de sorte que la touche mobile se trouve au-dessus de la surface exposée et visser le tambour micrométrique jusqu'à ce que le palpeur entre en contact avec le subjectile et que le cliquet se déclenche,

b) dans le cas de la jauge de profondeur, placer le palpeur du comparateur sur le subjectile exposé et le pont de mesure (ou les picots de contact) sur le revêtement (si le comparateur est du type à picots de contact, il convient de veiller à ce que ces derniers soient perpendiculaires à la surface de l'éprouvette).

La valeur de l'épaisseur de feuil peut être lue directement sur l'instrument (si nécessaire après correction de la dérive du zéro).

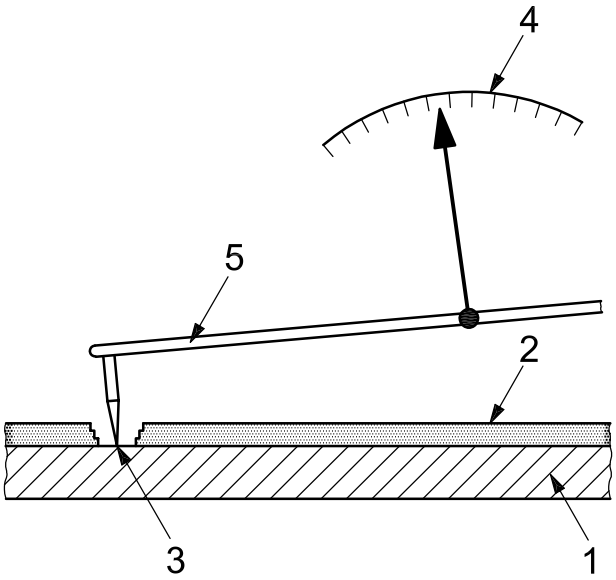
5.2.6 Méthode 4C — Par profilomètre de surface

5.2.6.1 Description de l'instrument

Le profilomètre de surface comprend un stylet mobile avec un dispositif d'amplification et d'enregistrement. Pour les besoins de mesurage de l'épaisseur de feuil, l'instrument est utilisé pour enregistrer le profil d'une marche entre le subjectile et le revêtement, marche formée par l'élimination d'une partie du revêtement (voir la Figure 10). Les rugosimètres ou jauges de profil munis d'un stylet mobile dont le rayon de courbure de la pointe peut être adapté au mieux à la rugosité du subjectile et à la surface de feuil sont appropriés.

NOTE L'examen peut aussi être effectué de manière optique ou acoustique (c'est-à-dire sans contact avec l'éprouvette).

© ISO 2007 – Tous droits réservés



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 pointe du stylet
4 graduation
5 levier

Figure 10 — Profilomètre de surface

5.2.6.2 Mode opératoire

Préparer l'éprouvette comme spécifié en 5.2.3. Balayer et enregistrer le profil de surface sur la zone de mesure avec un moniteur et un traceur appropriés.

Les facteurs suivants peuvent affecter la lecture:

— surface mal nettoyée;

— vibrations au niveau de la jauge;

— pointe de stylet inappropriée.

Tracer une ligne de référence passant par la moyenne des hauteurs de la surface du feuil (ligne supérieure) et par la trace enregistrée pour la surface du subjectile (ligne inférieure). Mesurer l'épaisseur de feuil, qui correspond à la distance entre les lignes de référence, au point milieu de la marche.

5.3 Détermination gravimétrique

5.3.1 Principe

L'épaisseur de feuil sec, t_d, en micromètres, est calculée par différence entre la masse de l'éprouvette revêtue et celle de l'éprouvette non peinte à l'aide de l'équation suivante:

$$t_d = \frac{m - m_0}{A \cdot \rho_0} \qquad (2)$$

 © ISO 2007 – Tous droits réservés

où

m_0 est la masse de l'éprouvette non revêtue, en grammes;

m est la masse de l'éprouvette revêtue, en grammes;

A est la surface peinte, en mètres carrés;

ρ_0 est la masse volumique du matériau de revêtement sec appliqué, en grammes par millilitre.

NOTE La masse volumique de feuil sec du matériau de revêtement peut être déterminée conformément à l'ISO 3233.

5.3.2 Domaine d'application

La méthode gravimétrique est d'application générale.

5.3.3 Généralités

La méthode gravimétrique permet d'obtenir la valeur moyenne de l'épaisseur de feuil sec sur l'intégralité de la surface peinte. Lors d'une application par pulvérisation en particulier, la face arrière de l'éprouvette doit être masquée pour éviter des erreurs de mesure en cas de recouvrement partiel de cette face (pulvérisation collatérale).

5.3.4 Méthode 5 — Par différence gravimétrique

5.3.4.1 Appareillage

Les balances doivent pouvoir peser jusqu'à 500 g avec une précision minimale de 1 mg.

5.3.4.2 Mode opératoire

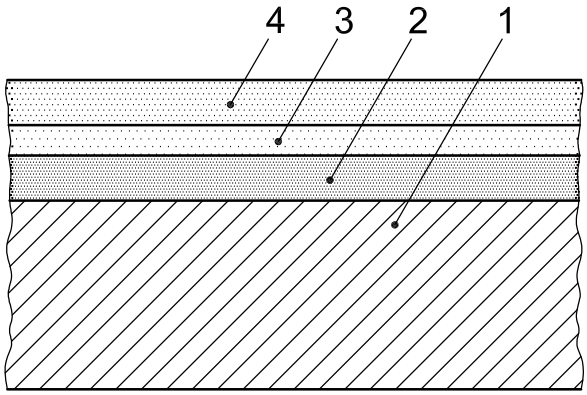
Peser l'éprouvette propre non revêtue, la revêtir, la sécher puis la repeser. Calculer l'épaisseur de feuil sec à l'aide de l'Équation (2).

5.4 Détermination optique

5.4.1 Principe

Avec la méthode de coupe transversale (méthode 6A, voir 5.4.4), l'éprouvette est découpée par meulage suivant un plan perpendiculaire au feuil de sorte que l'épaisseur de feuil peut être mesurée directement au microscope (voir la Figure 11).

© ISO 2007 – Tous droits réservés



Légende

1 subjectile
2 revêtement 1
3 revêtement 2
4 revêtement 3

Figure 11 — Coupe transversale

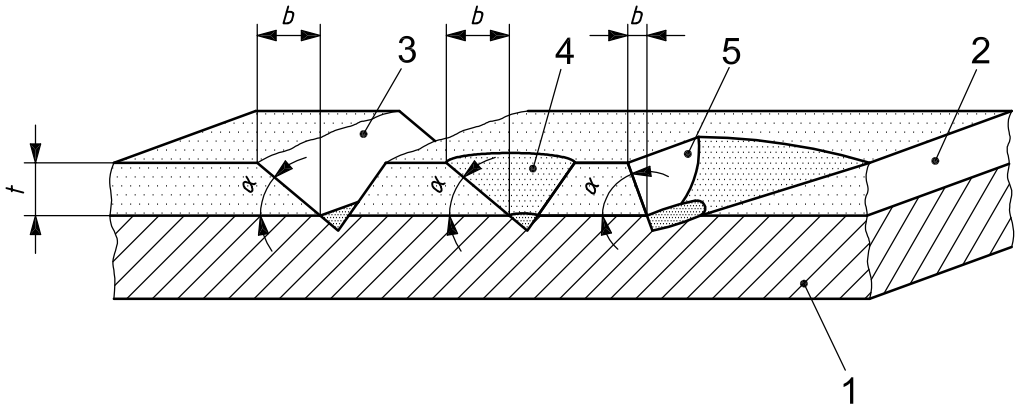
Avec la méthode à entaille en coin (méthode 6B, voir 5.4.5), une entaille est effectuée dans le revêtement à l'aide d'une lame positionnée selon un angle spécifié par rapport à la surface (voir la Figure 12). L'épaisseur de feuil, t, est calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$t = b \cdot \tan\alpha \tag{3}$$

où

b est la demi-largeur projetée de l'entaille (du bord jusqu'au subjectile), déterminée au microscope;

α est l'angle de l'entaille.



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 entaille en coin
4 foret spécial peinture
5 entaille en pente

Figure 12 — Entaille en coin, foret spécial peinture et entaille en pente

© ISO 2007 – Tous droits réservés

L'entaille du feuil peut être effectuée à l'aide d'un stylet de coupe (entaille en coin, Figure 12, n° 3), d'un foret spécial peinture (trou conique, Figure 12, n° 4) ou d'un outil à fraiser (entaille en pente, Figure 12, n° 5).

5.4.2 Domaine d'application

Le principe optique est parfaitement adapté à toutes les combinaisons de feuil/subjectile. Chacune des couches d'un système multicouches peut aussi être mesurée si le contraste entre elles est suffisant.

Les propriétés du subjectile doivent permettre de le fendre, de l'aléser ou de le couper si la méthode à entaille en coin ou en coupe transversale est utilisée.

La méthode en coupe transversale (méthode 6A, voir 5.4.4) est admise comme méthode d'arbitrage en cas de contestation.

5.4.3 Généralités

Avec la méthode de l'entaille en coin, l'éprouvette doit être plate (voir cependant la Note en 5.4.5.2).

Si le matériau du feuil est élastique, la déformation de l'entaille en coin/de la coupe transversale peut être telle que les résultats de l'examen s'avèrent incorrects. Il est possible de réduire cette déformation en refroidissant l'éprouvette avant incision.

En cas de feuil friable et/ou insuffisamment adhérent, le décollement du feuil peut rendre difficile la détermination de l'interface réelle entre le feuil et le subjectile. Il est donc possible que les résultats comportent des erreurs.

5.4.4 Méthode 6A — Coupe transversale / Section transversale

5.4.4.1 Variante 1 — Par rectifieuse

5.4.4.1.1 Appareillage et produits

5.4.4.1.1.1 Rectifieuse et polisseuse

Les appareils utilisés pour les préparations métallographiques sont appropriés.

5.4.4.1.1.2 Produit d'enrobage

Utiliser une résine durcissable à froid qui n'a pas d'effet néfaste sur le feuil de peinture et permet un enrobage exempt de cavités.

5.4.4.1.1.3 Produits utilisés pour le meulage et le polissage

Utiliser du papier abrasif, résistant à l'eau, grosseur de grain 280, 400 et 600 par exemple, ou une pâte diamantée ou une autre pâte similaire avec une grosseur de grain appropriée.

5.4.4.1.1.4 Microscope de mesure

Un microscope comportant un système d'éclairage permettant d'obtenir le meilleur contraste possible est nécessaire. Le grossissement doit être choisi de sorte que le champ de vision corresponde à 1,5 à 3 fois l'épaisseur de feuil. L'oculaire ou le dispositif de mesure optoélectronique doit permettre d'effectuer des mesurages avec une précision minimale de 1 µm.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

5.4.4.1.2 Mode opératoire

Enrober l'éprouvette ou un échantillon représentatif de l'éprouvette avec de la résine (5.4.4.1.1.2). Réaliser le polissage humide de l'éprouvette ou de l'échantillon à l'aide de la meule et de la polisseuse (5.4.4.1.1.1) suivant un plan perpendiculaire à la surface du feuil. Répéter cette opération avec un papier à grain toujours plus fin. Mesurer au microscope l'épaisseur de feuil au niveau de la coupe effectuée dans la structure du feuil.

5.4.4.2 Version 2 — Par coupe

5.4.4.2.1 Appareillage

5.4.4.2.1.1 Outil coupant

Microtome à coulisseau ou rotatif muni de lames de carbure à géométrie de coupe appropriée et support permettant de fixer l'éprouvette.

5.4.4.2.1.2 Microscope de mesure

Un microscope comportant un système d'éclairage permettant d'obtenir le meilleur contraste possible est nécessaire. Le grossissement doit être choisi de sorte que le champ de vision corresponde à 1,5 à 3 fois l'épaisseur de feuil. L'oculaire ou le dispositif de mesure optoélectronique doit permettre d'effectuer des mesurages avec une précision minimale de 1 µm.

5.4.4.2.2 Mode opératoire

Fixer l'éprouvette ou un échantillon représentatif prélevé sur l'éprouvette dans le support de fixation du microtome et couper suivant un plan perpendiculaire à la surface du feuil. Mesurer au microscope l'épaisseur de feuil au niveau de la coupe effectuée dans la structure du feuil.

5.4.5 Méthode 6B — Entaille en coin

5.4.5.1 Appareillage

5.4.5.1.1 Généralités

Un outil coupant et un microscope de mesure sont nécessaires pour la méthode de l'entaille en coin. Ils peuvent être incorporés au même instrument.

5.4.5.1.2 Outil coupant

Instrument spécifique muni d'un outil de coupe que l'on peut changer pour obtenir des entailles précises selon l'angle spécifié.

Les outils coupants (stylet de coupe, foret spécial peinture ou fraiseuse) doivent:

— être réalisés en carbure;

— avoir des faces de coupe parfaitement polies;

— avoir une géométrie appropriée pour permettre d'effectuer des entailles parfaites.

Les angles de coupe types se situent dans une gamme qui va de α = 5,7° (tanα = 0,1) à α = 45° (tanα = 1).

© ISO 2007 – Tous droits réservés

5.4.5.1.3 Microscope de mesure

Microscope avec grossissement d'environ ×50 et dispositif d'éclairage. L'oculaire doit permettre de mesurer à 20 µm près.

5.4.5.2 Mode opératoire

Marquer l'éprouvette, par exemple à l'aide d'un stylo feutre de couleur contrastante au niveau de la surface de mesure. L'entaille ou le trou foré doit être fait(e) au travers de ce marquage contrastant. L'entaille doit pénétrer le subjectile. Utiliser le marquage contrastant pour situer l'entaille au microscope, mesurer la demi-largeur projetée, b, et calculer l'épaisseur ou les épaisseurs de feuil à l'aide de l'Équation (3) (voir 5.4.1).

NOTE L'Équation (3) ne peut pas être utilisée avec des surfaces courbes. Une formule de calcul modifiée peut être appliquée lorsqu'un foret spécial peinture est utilisé.

5.5 Détermination magnétique

5.5.1 Généralités

Il est impératif de vérifier la plupart des jauges de type magnétique pour feuil sec avant de lire les valeurs affichées. Il convient que la vérification, effectuée conformément aux instructions du fabricant, soit faite dans la gamme d'épaisseurs escomptées pour le revêtement.

5.5.2 Principe

L'épaisseur de feuil est déterminée par l'interaction entre un champ magnétique et le subjectile métallique. L'épaisseur de feuil est déterminée par la force requise pour éloigner un aimant du revêtement (méthode 7A, voir 5.5.5), ou par la modification du champ magnétique (méthodes 7B, 7C et 7D, voir 5.5.6, 5.5.7 et 5.5.8).

5.5.3 Domaine d'application

Les méthodes magnétiques conviennent aux subjectiles métalliques revêtus.

Pour les méthodes 7A, 7B et 7C le subjectile doit être ferromagnétique, et pour la méthode 7D il doit être non ferromagnétique.

Les propriétés du revêtement doivent être de nature à ne pas fausser la lecture lorsque l'instrument touche la surface du revêtement.

5.5.4 Généralités

Le champ magnétique peut être affecté par les facteurs suivants:

— géométrie du subjectile (dimensions, courbure, épaisseur);

— propriétés du matériau du subjectile (par exemple perméabilité, conductivité, prétraitement);

— rugosité du subjectile;

— champs magnétiques (hystérésis du subjectile, champs magnétiques externes).

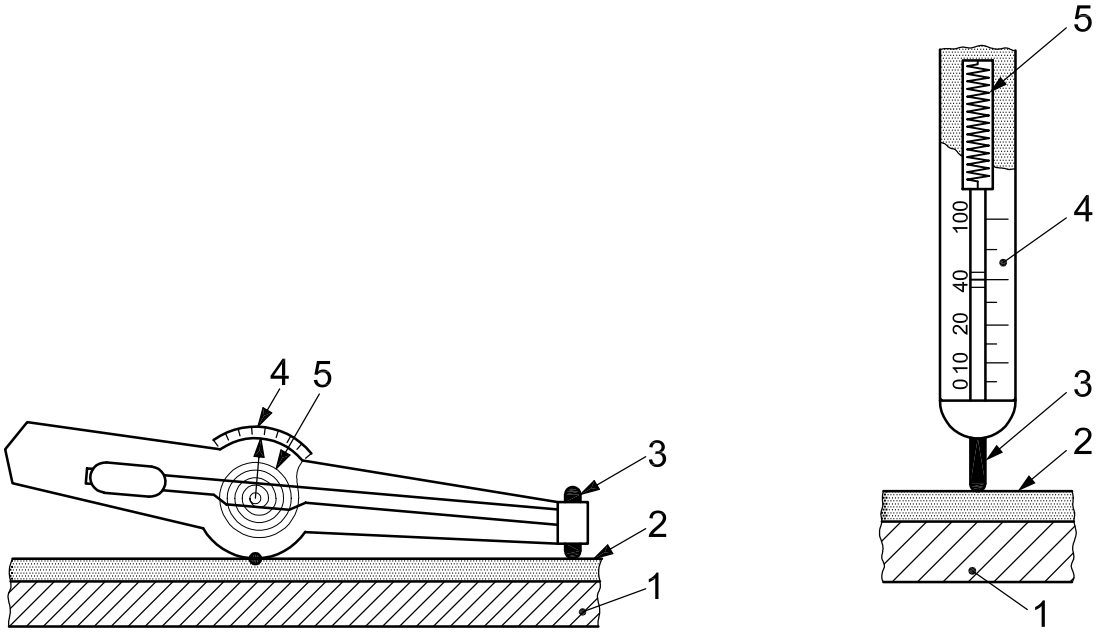
5.5.5 Méthode 7A — Éloignement d'un aimant permanent

5.5.5.1 Description de l'instrument

Cet instrument comprend un aimant pour déterminer l'épaisseur de feuil par mesure d'une force d'attraction entre l'aimant et le subjectile [voir les Figures 13a) et 13b)].

© ISO 2007 – Tous droits réservés

NOTE L'instrument représenté à la Figure 13 a) peut être utilisé indépendamment de la position. L'instrument représenté à la Figure 13 b) est conçu pour n'être utilisé que dans une seule direction à cause de l'effet de gravité.



a) Version 1 **b) Version 2**

Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 aimant
4 échelle de graduation
5 ressort

Figure 13 — Jauge à éloignement d'aimant permanent

5.5.5.2 Mode opératoire

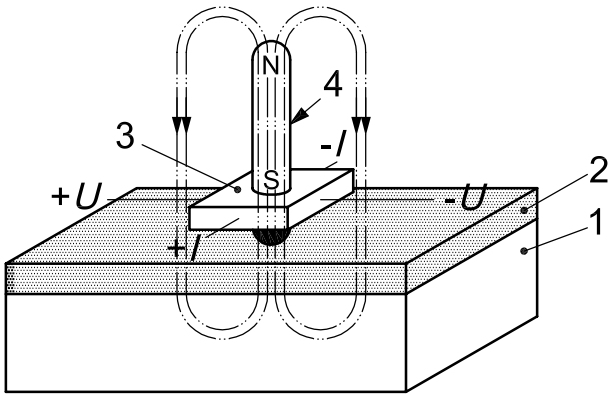
Positionner l'instrument avec l'aimant sur le revêtement. Lever l'aimant perpendiculairement à la surface du revêtement. L'épaisseur de feuil est calculée à partir de la force requise pour éloigner l'aimant de l'éprouvette.

5.5.6 Méthode 7B — Effet Hall

5.5.6.1 Description de l'instrument

L'instrument est muni d'un aimant pour déterminer l'épaisseur de feuil à partir de la modification du champ magnétique causé par le subjectile. Le champ magnétique est mesuré à l'aide d'une sonde à effet Hall (voir Figure 14).

 © ISO 2007 – Tous droits réservés



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 élément à effet Hall
4 aimant
U tension de Hall
I courant de commande

Figure 14 — Sonde à effet Hall

5.5.6.2 Mode opératoire

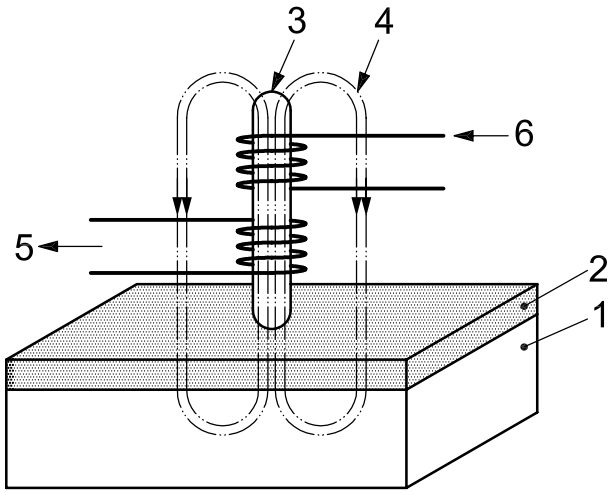
Positionner l'instrument perpendiculairement au revêtement. Lire directement l'épaisseur sur le cadran ou la calculer conformément aux instructions du fabricant.

5.5.7 Méthode 7C — Induction magnétique

5.5.7.1 Description de l'instrument

L'instrument comporte un électro-aimant pour déterminer l'épaisseur de feuil à partir de la modification du champ magnétique lorsque l'aimant se rapproche du subjectile ferromagnétique (voir Figure 15). Un champ magnétique alternatif basse fréquence (BF, par exemple de 60 Hz à 400 Hz) est généré dans l'électro-aimant (voir l'ISO 2178 [3]).

© ISO 2007 – Tous droits réservés



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 noyau ferromagnétique
4 champ magnétique alternatif (BF)
5 signal de mesure
6 courant

Figure 15 — Appareil à induction magnétique

5.5.7.2 Mode opératoire

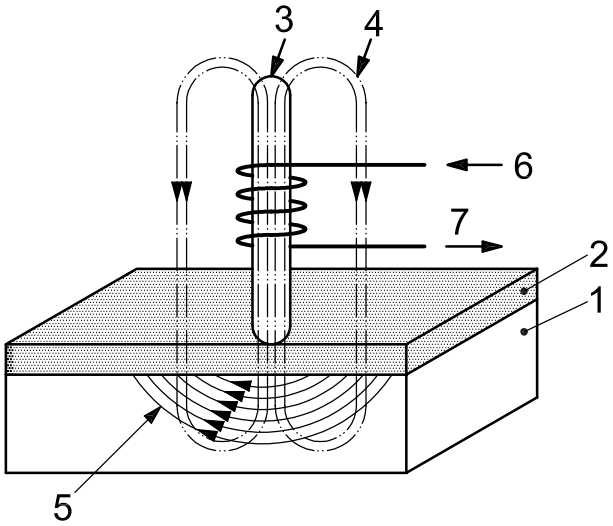
Positionner l'instrument perpendiculairement au revêtement. Calculer l'épaisseur de feuil d'après la modification du flux magnétique.

5.5.8 Méthode 7D — Courant de Foucault

5.5.8.1 Description de l'instrument

L'instrument comporte un électro-aimant pour déterminer l'épaisseur de feuil à partir de la modification du champ magnétique provoqué par les courants de Foucault dans le subjectile conducteur d'électricité (modification d'impédance). Un champ électromagnétique alternatif haute fréquence (HF, par exemple de 0,1 MHz à 30 MHz) est généré dans l'électro-aimant (voir l'ISO 2360 [4]) (Figure 16).

© ISO 2007 – Tous droits réservés



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 noyau de ferrite
4 champ électromagnétique alternatif (HF)
5 courants de Foucault
6 courant
7 signal de mesure

Figure 16 — Appareil à courant de Foucault

5.5.8.2 Mode opératoire

Positionner l'instrument perpendiculairement au revêtement. Calculer l'épaisseur de feuil d'après la modification du flux magnétique.

5.6 Détermination radiologique

5.6.1 Principe

L'épaisseur de feuil est déduite de l'interaction entre un rayonnement ionisant et le revêtement. Des isotopes sont utilisés comme source de rayonnement.

5.6.2 Domaine d'application

Le procédé radiologique convient à toute combinaison de feuil-subjectile lorsque la différence de numéro atomique est de 5 au moins (voir l'ISO 3543 [10]).

5.6.3 Généralités

Le mesurage de l'épaisseur de feuil peut être affecté par:

— la géométrie du subjectile (dimensions, courbure);

— la pureté de surface du revêtement;

— les variations de densité de ce revêtement.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

5.6.4 Méthode 8 — Rétrodiffusion des rayons bêta

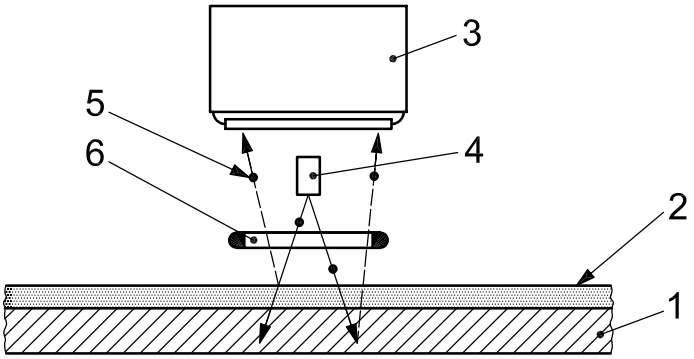
5.6.4.1 Description de l'instrument

5.6.4.1.1 L'appareillage de rétrodiffusion des rayons bêta (voir la Figure 17) comprend:

— une source de rayonnement (radio-isotope) qui émet principalement des particules bêta dont l'énergie convient à l'épaisseur de feuil à mesurer;

— une sonde ou un système de mesure avec une série d'ouvertures et un détecteur de rayons bêta pour compter le nombre de particules rétrodiffusées (par exemple un compteur Geiger);

— un système d'affichage et d'évaluation.



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 compteur
4 isotope
5 particules rétrodiffusées
6 ouverture

Figure 17 — Appareil de rétrodiffusion des rayons bêta

5.6.4.2 Vérification

Vérifier, et si nececcaire ajuster, l'instrument à l'aide d'étalons constitués si possible d'un revêtement et d'un subjectile de même composition que l'éprouvette à mesurer.

5.6.4.3 Mode opératoire

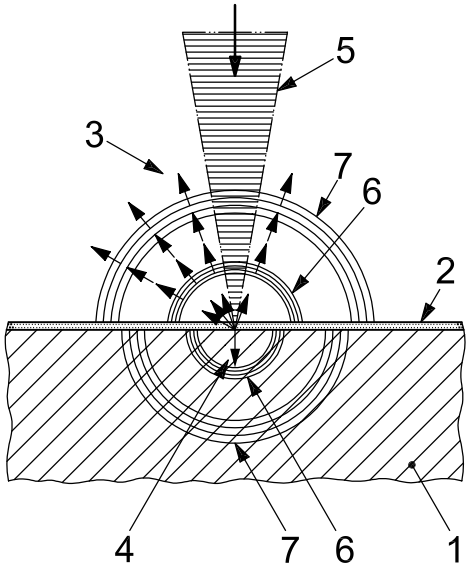
Mettre en œuvre l'instrument suivant les instructions du fabricant.

5.7 Détermination photo-thermique

5.7.1 Principe

L'épaisseur de feuil est déterminée à partir de la durée entre le moment où une onde thermique est émise vers le matériau de revêtement et le moment où l'onde réémise (sous la forme de chaleur ou d'ultrasons) est détectée (voir la Figure 18).

© ISO 2007 – Tous droits réservés



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 rayonnement thermique réémis
4 absorption du rayonnement par le revêtement (dépend de l'épaisseur et du matériau du revêtement)
5 irradiation thermique
6 ondes thermiques
7 ondes ultrasonores

Figure 18 — Interaction rayonnement/éprouvette servant de base aux mesures photo-thermiques de l'épaisseur

Indépendamment du type d'excitation ou de la méthode de détection utilisés, toutes les méthodes d'essais photo-thermiques ont le principe suivant en commun: l'introduction ciblée d'énergie, soit à intervalles périodiques soit en impulsions, sous forme de chaleur, dans une éprouvette, suivie de la détection ultérieure de l'augmentation de température locale ainsi générée.

Les écarts temporels mesurés sont comparés aux valeurs obtenues avec des feuils d'épaisseur connue, les paramètres d'excitation étant fixés (énergie d'excitation, durée d'impulsion, fréquence d'excitation, etc.) (voir 5.7.4.2).

5.7.2 Domaine d'application

Le procédé photo-thermique est parfaitement adapté à toutes les combinaisons feuil/subjectile. Il peut aussi être utilisé pour déterminer l'épaisseur des couches individuelles d'un revêtement multicouches, à condition que chaque feuil soit suffisamment identifiable en matière de conductivité thermique et de propriétés de réflexion.

L'épaisseur minimale de subjectile requise est fonction du système de mesure utilisé (voir 5.7.4.1.1) et des combinaisons respectives feuil/subjectile.

5.7.3 Généralités

La classification de la méthode comme méthode destructive ou non destructive dépend de la destination du revêtement. L'énergie thermique absorbée par le revêtement pourrait avoir un impact sur celui-ci sous l'effet de l'action de la chaleur produite à cet endroit.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

5.7.4 Méthode 9 — Détermination au moyen des propriétés thermiques

5.7.4.1 Instrument et étalons de référence

5.7.4.1.1 Systèmes de mesure

Il existe différentes méthodes pour envoyer les ondes thermiques dans un revêtement et détecter les effets thermiques induits dans la zone échauffée de l'éprouvette (voir l'EN 15042-2 [18]). Les sources de rayonnement optique disponibles dans le commerce (par exemple les sources laser, les diodes électroluminescentes, les sources de lumière incandescente), sont principalement utilisées comme systèmes d'excitation pour les revêtements de peinture.

Les méthodes de détection suivantes sont utilisées:

— détection du rayonnement thermique réémis (radiométrie photo-thermique);

— détection de la variation d'indice de réfraction (dans l'air chauffé au-dessus de la surface de mesure);

— détection pyroélectrique (mesurage du flux de chaleur).

5.7.4.1.2 Étalons de référence

Des éprouvettes de référence avec des propriétés d'absorption différentes et des épaisseurs de feuil graduées sont requis en vue de la vérification (voir l'EN 15042-2 [18]).

5.7.4.2 Vérification

Vérifier, et si nécessaire ajuster, le système de mesure avec les éprouvettes de référence (5.7.4.1.2) pour chaque combinaison de feuil/subjectile (en particulier pour chaque matériau de feuil).

5.7.4.3 Mode opératoire

Mettre en œuvre l'instrument suivant les instructions du fabricant. Lire directement l'épaisseur sur le cadran ou la calculer conformément aux instructions du fabricant.

5.8 Détermination acoustique

5.8.1 Principe

Dans la méthode acoustique, l'épaisseur de feuil est déterminée à partir du temps de propagation d'une impulsion ultrasonore au travers du revêtement.

5.8.2 Domaine d'application

Le principe acoustique convient à toute combinaison de feuil-subjectile.

La vitesse de propagation du son doit être uniforme dans chacune des couches et être nettement différente de la vitesse de propagation dans la couche adjacente et dans le subjectile.

NOTE Les défauts d'homogénéité dans le revêtement (paillettes d'aluminium, par exemple) et dans le subjectile (structures en bois, par exemple) peuvent influencer le résultat.

5.8.3 Généralités

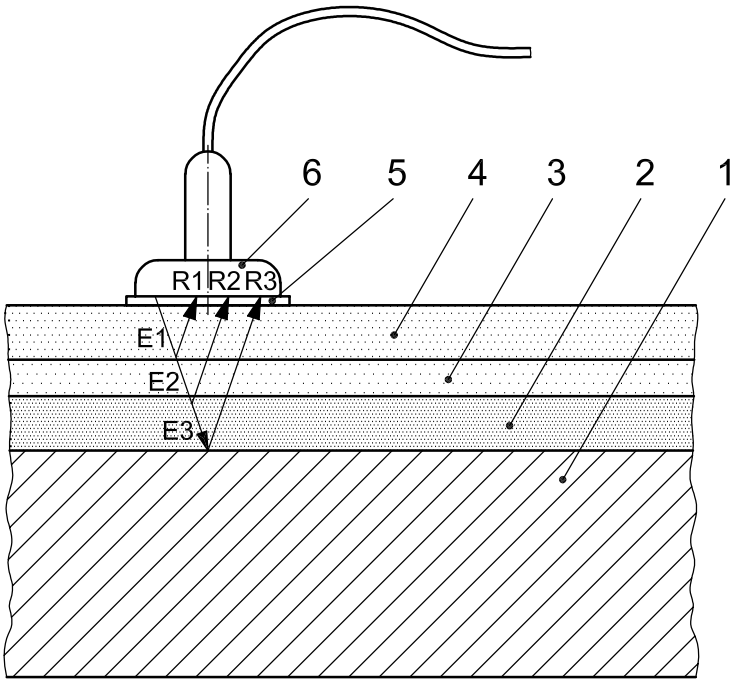
Le champ sonore peut être affecté par la géométrie du subjectile (dimensions, courbure et rugosité).

 © ISO 2007 – Tous droits réservés

5.8.4 Méthode 10 — Réflexion ultrasonique

5.8.4.1 Description de l'instrument

L'instrument est équipé d'un émetteur d'ultrasons et d'un récepteur pour mesurer l'épaisseur de feuil à partir du temps de propagation (voir Figure 19).



Légende

1 subjectile
2 revêtement 1
3 revêtement 2
4 revêtement 3
5 liquide d'immersion
6 sonde (émetteur et récepteur)
E impulsion incidente
R impulsion réfléchie

Figure 19 — Appareil de réflexion ultrasonique

5.8.4.2 Mode opératoire

Appliquer un liquide d'immersion sur le revêtement dont l'épaisseur va être mesurée. Positionner l'instrument avec la face de la sonde à plat sur le revêtement. Mettre en œuvre l'instrument et déterminer les résultats conformément aux instructions du fabricant.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

6 Détermination de l'épaisseur de couche de revêtement en poudre non réticulée

6.1 Généralités

L'Annexe A donne une vue d'ensemble des méthodes utilisées pour la détermination de l'épaisseur de la couche de revêtement en poudre non réticulée.

6.2 Détermination gravimétrique

6.2.1 Principe

L'épaisseur de couche de revêtement en poudre non réticulée, t_p, en micromètres, est calculée par différence entre la masse de l'éprouvette revêtue et celle de l'éprouvette non revêtue, à l'aide de l'équation suivante:

$$t_p = \frac{m - m_0}{A \cdot \rho_p} \tag{4}$$

où

m_0 est la masse de l'éprouvette non revêtue, en grammes;

m est la masse de l'éprouvette revêtue, en grammes;

A est l'aire de surface peinte, en mètres carrés;

ρ_p est la masse volumique de la couche de revêtement en poudre non réticulé appliqué, en grammes par millilitre.

NOTE La masse volumique de la poudre peut être déterminée conformément à l'ISO 8130-2 ou l'ISO 8130-3.

6.2.2 Domaine d'application

La méthode gravimétrique est applicable de façon générale.

6.2.3 Généralités

Les essais qui utilisent la méthode gravimétrique permettent d'obtenir la valeur moyenne de l'épaisseur de film sur l'intégralité de la surface revêtue. Lorsqu'on applique la poudre, la face arrière de l'éprouvette doit être masquée pour éviter des erreurs de mesure résultant du recouvrement partiel de cette face par la poudre (pulvérisation collatérale).

6.2.4 Méthode 11 — Différence gravimétrique

6.2.4.1 Appareillage

Balances pouvant peser jusqu'à 500 g, à 1 mg près.

6.2.4.2 Mode opératoire

Peser l'éprouvette propre non revêtue, la revêtir et la repeser. Calculer l'épaisseur de feuil à l'aide de l'Équation (4).

La deuxième pesée doit être effectuée immédiatement après application de la poudre.

 © ISO 2007 – Tous droits réservés

6.3 Détermination magnétique

6.3.1 Principe

L'épaisseur de film est déterminée à partir de l'interaction entre un champ magnétique et le subjectile métallique. L'épaisseur de film est déduite de la modification du champ magnétique.

6.3.2 Domaine d'application

Les méthodes magnétiques conviennent aux subjectiles métalliques revêtus.

Le subjectile doit être ferromagnétique pour la méthode 12A, et non ferromagnétique pour la méthode 12B.

6.3.3 Généralités

Le champ magnétique peut être affecté par les facteurs suivants:

— géométrie du subjectile (dimensions, épaisseur);

— propriétés du matériau du subjectile (par exemple perméabilité magnétique, conductivité, propriétés résultant d'un prétraitement);

— rugosité du subjectile;

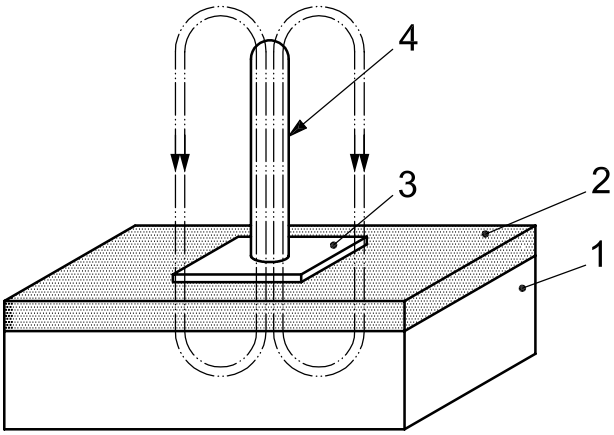
— champs magnétiques (hystérésis du subjectile, champs magnétiques externes).

Seuls les mesurages sur surfaces planes sont permis.

6.3.4 Méthode 12A — Induction magnétique

6.3.4.1 Description de l'instrument

L'instrument comporte un électro-aimant pour déterminer l'épaisseur de feuil à partir de la modification du champ magnétique lorsque l'aimant se rapproche du subjectile ferromagnétique (voir Figure 20). Un champ magnétique alternatif basse fréquence (BF, par exemple de 60 Hz à 400 Hz) est généré dans l'électro-aimant (voir l'ISO 2178 [3]).



Légende

1 subjectile
2 revêtement
3 plaque de base
4 aimant ou sonde à courant de Foucault

Figure 20 — Sonde à induction magnétique pour mesurer l'épaisseur de la couche de revêtement en poudre

© ISO 2007 – Tous droits réservés

L'influence de la sonde sur l'épaisseur de film de revêtement en poudre non réticulé doit être réduite au minimum lors du positionnement de la sonde.

6.3.4.2 Mode opératoire

Positionner l'instrument perpendiculairement au revêtement. Lire directement l'épaisseur sur le cadran ou la calculer conformément aux instructions du fabricant.

6.3.5 Méthode 12B — Courants de Foucault

6.3.5.1 Description de l'instrument

L'instrument comporte un électro-aimant pour déterminer l'épaisseur de film à partir de la modification du champ magnétique provoqué par les courants de Foucault dans le subjectile conducteur de l'électricité (voir Figure 16). Un champ électromagnétique alternatif haute fréquence (HF, par exemple de 0,1 MHz à 30 MHz) est généré dans l'électro-aimant (voir l'ISO 2360 [4]).

L'influence de la sonde sur l'épaisseur de film de revêtement en poudre non réticulé doit être réduite au minimum lors du positionnement de la sonde.

6.3.5.2 Mode opératoire

Positionner l'instrument perpendiculairement au revêtement. Lire directement l'épaisseur sur le cadran ou la calculer conformément aux instructions du fabricant.

6.4 Détermination photo-thermique

6.4.1 Principe

L'épaisseur de film est déterminée à partir de la durée entre le moment où une onde thermique est émise vers le matériau de revêtement et le moment où l'onde réémise (sous la forme de chaleur ou d'ultrasons) est détectée (voir la Figure 18).

Indépendamment du type d'excitation ou de la méthode de détection utilisés, toutes les méthodes d'essais photo-thermiques ont le principe suivant en commun: l'introduction ciblée d'énergie, soit à intervalles périodiques soit en impulsions, sous la forme de chaleur, dans une éprouvette, suivie de la détection de l'augmentation de température locale ainsi générée.

Les écarts temporels mesurés sont comparés aux valeurs obtenues avec des feuils d'épaisseur connue, les paramètres d'excitation étant fixés (énergie d'excitation, durée d'impulsion, fréquence d'excitation, etc.) (voir 6.4.4.2).

6.4.2 Champ d'application

Le procédé photo-thermique est parfaitement adapté à toutes les combinaisons film/subjectile. Il peut aussi être utilisé pour déterminer l'épaisseur des couches individuelles d'un revêtement multicouches, à condition que chaque film soit suffisamment identifiable en matière de conductivité thermique et de propriétés de réflexion.

L'épaisseur minimale de subjectile requise est fonction du système de mesure utilisé (voir 6.4.4.1.1) et des combinaisons respectives film/subjectile.

6.4.3 Généralités

La classification de la méthode comme méthode destructive ou non destructive dépend de la destination du revêtement. L'énergie thermique absorbée par le revêtement pourrait avoir un impact sur celui-ci sous l'effet de l'action de la chaleur produite à cet endroit.

 © ISO 2007 – Tous droits réservés

6.4.4 Méthode 13 — Détermination au moyen des propriétés thermiques

6.4.4.1 Instrument et étalons de référence

6.4.4.1.1 Systèmes de mesure

Il existe différentes méthodes pour envoyer les ondes thermiques dans le matériau de revêtement et détecter les effets thermiques induits dans la zone échauffée de l'éprouvette (voir l'EN 15042-2 [18]). Les sources de rayonnement optique (par exemple les sources laser, les diodes électroluminescentes, les sources de lumière incandescente), sont principalement utilisées comme systèmes d'excitation pour les revêtements de peinture.

Les méthodes de détection suivantes sont utilisées:

— détection du rayonnement thermique réémis (radiométrie photo-thermique);

— détection de la variation d'indice de réfraction (dans l'air chauffé au-dessus de la surface de mesure);

— détection pyroélectrique (mesurage du flux de chaleur).

6.4.4.1.2 Étalons de référence

Des éprouvettes de référence avec des propriétés d'absorption différentes et des épaisseurs de film graduées sont requis en vue de la vérification (voir l'EN 15042-2 [18]).

6.4.4.2 Vérification

Vérifier, et si nécessaire ajuster, le système de mesure avec les éprouvettes de référence (6.4.4.1.2) pour chaque combinaison de film/subjectile (en particulier pour chaque matériau de film).

6.4.4.3 Mode opératoire

Mettre en œuvre l'instrument suivant les instructions du fabricant. Lire directement l'épaisseur sur le cadran ou la calculer conformément aux instructions du fabricant.

7 Mesurage de l'épaisseur de feuil sur surfaces rugueuses

7.1 Généralités

La rugosité de surface d'un subjectile influence la mesure de l'épaisseur de feuil. Par conséquent, pour les subjectiles décapés par projection d'abrasif, des conditions particulières s'appliquent. Si le revêtement est appliqué sur un subjectile en acier décapé par projection d'abrasif, le mesurage de l'épaisseur de feuil s'avère plus complexe qu'avec des surfaces lisses. Les résultats sont influencés par les propriétés des subjectiles, qui varient d'un point à un autre, et par la conception de l'équipement de mesure. Le mode opératoire utilisé pour régler les instruments sur des subjectiles décapés par projection d'abrasif a entraîné, dans la pratique, des variations significatives des valeurs d'épaisseur de feuil sec.

La mise au zéro de l'instrument sur une surface décapée par projection d'abrasifs génère des problèmes en plus des variations normales affectant les résultats dus au type d'instrument, tels que:

— répétabilité médiocre;

— variabilité de la mesure d'épaisseur d'une cale sur une telle surface (plus la cale est épaisse et plus l'augmentation apparente de l'épaisseur de cale est importante);

— surface en acier revêtue dont la rugosité de surface n'est pas connue.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

Le but de la méthode décrite dans le présent article est de réduire au minimum la variabilité et vise à avoir une pratique uniforme quant au mesurage de l'épaisseur de feuil sur les surfaces décapées par projection d'abrasif. La méthode suppose que l'épaisseur de feuil soit mesurée avec un instrument du type à induction après mise au zéro de l'instrument sur une surface lisse en acier.

Cette méthode permet de déterminer l'épaisseur de revêtement par rapport à un plan fictif situé entre les pics et les creux de la surface rugueuse du subjectile, soit typiquement à environ 25 µm au-dessous des pics (ce qui équivaut à environ la moitié de la rugosité de surface, exprimée comme la distance entre le fond et le sommet des pics de la surface décapée par projection d'abrasif) sauf pour les surfaces préparées conformément à l'ISO 8503-1, grain «fin».

La méthode décrit la détermination d'un paramètre représentatif de l'épaisseur d'un revêtement sec appliqué sur un subjectile d'acier décapé par projection d'abrasif. L'épaisseur réelle du feuil mesurée selon une méthode de référence ne doit pas être inférieure à 25 µm et devrait, de préférence, être supérieure à 50 µm, pour que les résultats soient significatifs.

Une autre méthode de détermination de l'épaisseur de feuil sur les surfaces rugueuses est décrite dans l'ISO 19840 [14].

7.2 Appareillage et matériel

7.2.1 Instrument de mesure de l'épaisseur de feuil, du type à induction magnétique, tel qu'utilisé dans la méthode 7C (voir 5.5.7).

NOTE Il convient que l'utilisation de l'équipement, complété de moyens de conversion des mesures en écart-type moyen et autres valeurs statistiques, fasse l'objet de précautions et soit de préférence réservée aux personnes formées aux techniques statistiques.

7.2.2 Cales de vérification, du type feuil, avec des valeurs données, identifiables par rapport aux étalons nationaux et dont l'épaisseur est proche de l'épaisseur probable du feuil.

NOTE L'utilisation de cales non certifiées est permise à la condition de les vérifier sur site.

7.2.3 Pièce en acier lisse, exempte de calamine et de rouille, d'une nature magnétique similaire à l'acier revêtu et d'une épaisseur minimale de 1,2 mm, à utiliser pour la vérification.

7.3 Mode opératoire

7.3.1 Vérification

Avant utilisation, vérifier, et si nécessaire ajuster, l'instrument conformément aux instructions du fabricant pour l'acier, à l'aide de la pièce en acier lisse qui doit être brunie avec du papier abrasif (grain 400) pour éliminer toutes les taches et les produits de corrosion. Les cales de vérification doivent être interposées entre la sonde et la pièce en acier doux. Des cales de vérification d'épaisseur supérieure et inférieure à la valeur probable de l'épaisseur de feuil à mesurer doivent être utilisées.

7.3.2 Mesurage

Les mesurages sur feuil sec doivent être effectués conformément aux instructions du fabricant de l'instrument pour l'acier lisse. Le nombre de lectures doit être conforme au nombre de points recommandé en 7.3.3.

7.3.3 Nombre de lectures

Il est souhaitable d'effectuer au moins trois mesurages, uniformément répartis sur chaque surface de référence.

 © ISO 2007 – Tous droits réservés

Il est recommandé d'avoir deux surfaces de référence par mètre carré pour les plaques planes, quatre par mètre linéaire de toile, deux par mètre linéaire de bride et deux par mètre linéaire de tuyauterie, et plus pour les tuyauteries de grand diamètre.

En général, une augmentation de la fréquence des lectures est recommandée pour les travaux offshore et en milieu marin.

8 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

a) toutes les informations nécessaires à l'identification du produit soumis à essai (fabricant, désignation du produit, numéro de lot, etc.);

b) une référence à la présente Norme internationale, c'est-à-dire l'ISO 2808:2007;

c) la méthode et l'instrument utilisés;

d) les résultats de l'essai, y compris les résultats des déterminations individuelles et leur moyenne;

e) tout écart par rapport au mode opératoire spécifié;

f) toute caractéristique inhabituelle (anomalies) observée pendant l'essai;

g) la date de l'essai.

Le rapport d'essai peut aussi contenir les informations suivantes, si nécessaire:

h) détails concernant le subjectile (matériau, épaisseur, prétraitement);

i) méthode utilisée pour peindre le subjectile et l'indication s'il s'agit d'un système de peinture monocouche ou multicouches;

j) durée et conditions de séchage/réticulation (séchage au four compris) du revêtement et, si nécessaire, conditions de vieillissement avant mesurage;

k) surface significative, surfaces de référence et nombre de zones de mesure par surface de référence;

l) épaisseur moyenne de feuil avec écart-type, épaisseur locale de feuil avec écart-type, épaisseur de feuil locale maximale et minimale.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

Annexe A
(informative)

Vue d'ensemble des méthodes

Les Tableaux A.1 à A.3 donnent une vue d'ensemble des méthodes. Le domaine d'application (caractérisation), les normes existantes et la fidélité sont spécifiés pour chacune des méthodes. Lorsque des normes d'essai existent et sont applicables aux différentes méthodes, elles sont mentionnées en référence.

Tableau A.1 — Détermination de l'épaisseur de feuil humide

Principe	Méthode	Subjectile[a]	Caractérisation[b]			Norme[c]	Fidélité [d]
Mécanique (4.2)	1A Jauge à peigne (4.2.4)	X	nd/d[e]	c	l/p/f	ASTM D 4414	Erreur systématique de la jauge à peigne ± 10 % ou ± 5 µm (la valeur la plus haute étant retenue)
	1B Jauge à roue (4.2.5)	X	nd/d [e]	c	l/p/f	ASTM D 1212	Erreur systématique ± 5 % ou ± 5 µm (la valeur la plus haute étant retenue)
	1C Comparateur (4.2.6)	X	nd/d [e]	c	l/p/f		Erreur systématique ± 5 % ou ± 3 µm (la valeur la plus haute étant retenue)
Gravimétrique (4.3)	2 Différence gravimétrique (4.3.4)	X	nd	nc	l		Pas de données disponibles
Photo-thermique (4.4)	3 Propriétés thermiques (4.4.4)	X	nd	nc	l/p	DIN 50992-2	Erreur systématique ± 2 % ou ± 3 µm (la valeur la plus haute étant retenue)

[a] X = tout subjectile

[b] d = destructif

nd = non destructif

c = contact

nc = sans contact

l/p/f = applicable aux essais en laboratoire / en production / sur site

[c] Normes nationales ou internationales dans lesquelles les méthodes respectives sont décrites.

[d] Des attestations de précision de ces méthodes sont publiées par les fabricants et peuvent être vérifiées avec des étalons certifiés. Les chiffres sont basés sur des valeurs empiriques données par les fabricants et les opérateurs; des variations sont possibles.

[e] En fonction du revêtement utilisé et de la destination du revêtement.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

Tableau A.2 — Détermination de l'épaisseur de feuil sec

Principe	Méthode	Subjectile[a]	Caractérisation[b]			Norme[c]	Fidélité [d]
Mécanique (5.2)	4A Différence d'épaisseur (micromètre/ comparateur) (5.2.4)	X	nd/d[e]	c	l	ASTM D 1005 DIN 50933	Mécanique: Limite inférieure: 5 µm Électronique: Limite inférieure: 3 µm
	4B Mesurage de profondeur (micromètre/ comparateur) (5.2.5)	X	d	c	l		Mécanique: Limite inférieure: 3 µm Électronique: Limite inférieure: 2 µm
	4C Balayage de profil de surface (5.2.6)	X	d	nc	l	ISO 4518	Limite inférieure: 2 µm
Gravimétrique (5.3)	5 Différence gravimétrique (5.3.4)	X	d	c	l/p/f		Pas de données disponibles.
Optique (5.4)	6A Coupe transversale (5.4.4)	X	d	c	l	ISO 1463	Erreur systématique: ± 2 µm Reproductibilité: ± 5 %
	6B Entaille en coin (5.4.5)	X	d	c	l/p/f	DIN 50986	Limite supérieure: 2 µm Reproductibilité: ± 10 %
Magnétique (5.5)	7A Enlèvement de l'aimant (5.5.5)	Fe	nd	c	l/p/f	ISO 2178	Erreur systématique: ± 5 µm Reproductibilité: ± 6 %
	7B Effet Hall (5.5.6)	Fe	nd	c	l/p/f		Erreur systématique: ± 3 µm Reproductibilité: ± 5 %
	7C Induction magnétique (5.5.7)	Fe	nd	c	l/p/f	ISO 2178	Erreur systématique: ± 2 µm Reproductibilité: ± 3 %
	7D Courant de Foucault (5.5.8)	NFe	nd	c	l/p/f	ISO 2360	Erreur systématique: ± 2 µm Reproductibilité± 3 %
Radiologique (5.6)	8 Rétrodiffusion des bêta (5.6.4)	X	nd	nc	l/p	ISO 3543	Erreur systématique ± 2 % ou ± 0,5 µm (la valeur la plus haute étant retenue)
Photo-thermique (5.7)	9 Propriétés thermiques (5.7.4)	X	nd	nc	l/p	EN 15042-2	Pas de données disponibles
Acoustique (5.8)	10 Réflexion ultrasonique (5.8.4)	X	nd	c	l/p/f		Erreur systématique: ± 2 µm Reproductibilité: ± 5 %

[a] X/Fe/NFe = tous / ferromagnétique / métal non-ferromagnétique

[b] d = destructif

nd = non destructif

c = contact

nc = sans contact

l/p/f = applicable aux essais en laboratoire / en production / sur site

[c] Normes nationales ou internationales dans lesquelles les méthodes respectives sont décrites.

[d] Des attestations de précision de ces méthodes sont publiées par les fabricants et peuvent être vérifiées avec des étalons certifiés. Les chiffres sont basés sur des valeurs empiriques données par les fabricants et les opérateurs; des variations sont possibles.

[e] En fonction du mode opératoire utilisé.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

Tableau A.3 — Détermination de l'épaisseur de feuil-poudre non réticulé

Principe	Méthode	Subjectile[a]	Caractérisation[b]			Norme[c]	Fidélité [d]
Gravimétrique (6.2)	11 Différence gravimétrique (6.2.4)	X	nd	nc	l		Pas de données disponibles
Magnétique (6.3)	12A Induction magnétique (6.3.4)	Fe	nd/d[e]	c	l/p	ISO 2178	Erreur systématique: ± 2 µm Reproductibilité: ± 3 %
	12B Courant de Foucault (6.3.5)	NFe	nd/d[e]	c	l/p	ISO 2360	Erreur systématique: ± 2 µm Reproductibilité: ± 3 %
Photo-thermique (6.4)	13 Propriétés thermiques (6.4.4)	X	nd/d[e]	nc	l/p	EN 15042-2	Erreur systématique ± 2 % ou ± 3 µm (la valeur la plus haute étant retenue)

[a] X/Fe/NFe = tous / ferromagnétique / métal non-ferromagnétique

[b] d = destructif

nd = non destructif

c = contact

nc = sans contact

l/p/f = applicable aux essais en laboratoire / en production / sur site

[c] Normes nationales ou internationales dans lesquelles les méthodes respectives sont décrites.

[d] Des attestations de précision de ces méthodes sont publiées par les fabricants et peuvent être vérifiées avec des étalons certifiés. Les chiffres sont basés sur des valeurs empiriques données par les fabricants et les opérateurs; des variations sont possibles.

[e] En fonction du mode opératoire utilisé.

© ISO 2007 – Tous droits réservés

Bibliographie

[1] ISO 1101, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement géométrique — Tolérancement de forme, orientation, position et battement*

[2] ISO 1463, *Revêtements métalliques et couches d'oxyde — Mesurage de l'épaisseur de revêtement — Méthode par coupe micrographique*

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

[4] ISO 2360, *Revêtements non conducteurs sur matériaux de base non magnétiques conducteurs d'électricité — Mesurage de l'épaisseur du revêtement — Méthodes par courants de Foucault sensible aux variations d'amplitude*

[5] ISO 2811-1, *Peintures et vernis — Détermination de la masse volumique — Partie 1: Méthode pycnométrique*

[6] ISO 2811-2, *Peintures et vernis — Détermination de la masse volumique — Partie 2: Méthode par immersion d'un corps (plongeur)*

[7] ISO 2811-3, *Peintures et vernis — Détermination de la masse volumique — Partie 3: Méthode par oscillation*

[8] ISO 2811-4, *Peintures et vernis — Détermination de la masse volumique — Partie 4: Méthode du cylindre sous pression*

[9] ISO 3233, *Peintures et vernis — Détermination du pourcentage en volume de matières non volatiles par mesurage de la masse volumique d'un revêtement sec*

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

[11] ISO 4518, *Revêtements métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode profilométrique*

[12] ISO 8130-2, *Poudres pour revêtement — Partie 2: Détermination de la masse volumique à l'aide d'un pycnomètre à gaz (méthode de référence)*

[13] ISO 8130-3, *Poudres pour revêtement — Partie 3: Détermination de la masse volumique à l'aide d'un pycnomètre à déplacement de liquide*

[14] ISO 19840, *Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture — Mesure et critères d'acceptation de l'épaisseur d'un feuil sec sur des surfaces rugueuses*

[15] ASTM D 1005, *Standard Test Method for Measurement of Dry Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers*

[16] ASTM D 1212, *Standard Test Methods for Measurement of Wet Film thickness of Organic Coatings*

[17] ASTM D 4414, *Standard Practice for Measurement of Wet Film thickness by Notch Gages*

[18] EN 15042-2, *Mesure de l'épaisseur des couches — Caractérisation des surfaces à l'aide d'ondes de surface — Partie 2: Mesurage photothermique*

[19] DIN 50933, *Mesurage de l'épaisseur — Mesurage de l'épaisseur des revêtements par essai différentiel avec un instrument de palpage à contact mécanique*

[20] DIN 50986, *Mesure de l'épaisseur du revêtement — Mesurage de l'épaisseur des peintures et autres revêtements similaires par la méthode d'entaille en coin*

© ISO 2007 – Tous droits réservés

ICS 87.040

Prix basé sur 38 pages

© ISO 2007 – Tous droits réservés