

107

NORME INTERNATIONALE **ISO** 3497



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

TC107

Revêtements métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthodes par spectrométrie de rayons X

Metallic coatings — Measurement of coating thickness — X-ray spectrometric methods

Première édition — 1976-02-01

CDU 669.058 : 531.717 : 539.26

Réf. n° : ISO 3497-1976 (F)

Descripteurs : revêtement métallique, essai, mesurage de dimension, épaisseur, méthode spectrophotométrique, analyse aux rayons.

Prix basé sur 7 pages

AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques ISO. Chaque Comité Membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du Comité Technique correspondant. 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.

La Norme Internationale ISO 3497 a été établie par le Comité Technique ISO/TC 107, *Revêtements métallique et autres revêtements non organiques*, et soumise aux Comités Membres en août 1974.

Elle a été approuvée par les Comités Membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	Israël	Suède
Allemagne	Italie	Suisse
Espagne	Mexique	Tchécoslovaquie
France	Pologne	Turquie
Hongrie	Portugal	U.R.S.S.
Inde	Roumanie	U.S.A.
Irlande	Royaume-Uni	

Aucun Comité Membre n'a désapprouvé le document.

Revêtements métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthodes par spectrométrie de rayons X

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

1.1 La présente Norme Internationale spécifie des méthodes de mesurage, par spectrométrie de rayons X, de l'épaisseur des revêtements métalliques.

1.2 La présente Norme Internationale est applicable aussi bien à la détermination de la masse de revêtement par unité de surface qu'à celle de l'épaisseur de revêtements.

1.3 Les principes généraux énoncés ici sont applicables au mesurage de l'épaisseur de la plupart des revêtements métalliques déposés sur un substrat quelconque métallique ou non métallique (voir 3.4 et 3.5). L'épaisseur maximale mesurable d'un revêtement donné est l'épaisseur au-delà de laquelle aucune variation réduite de cette dimension n'influe plus sur l'intensité du rayonnement X secondaire caractéristique.

1.4 La présente Norme Internationale ne traite pas des problèmes de protection du personnel contre les rayons X. Pour tout renseignement sur cet aspect essentiel, il convient de se référer aux documents appropriés de l'ISO, aux documents nationaux et aux codes locaux, s'ils existent.

2 PRINCIPE

2.1 Excitation

Le mesurage de l'épaisseur des revêtements par spectrométrie des rayons X est fondé sur l'interaction combinée du revêtement et du substrat avec un faisceau intense de rayonnements X polychromatiques. Cette interaction engendre des longueurs d'onde distinctes de rayonnements secondaires caractéristiques des éléments composant le revêtement et le substrat.

2.2 Dispersion

Un spectromètre à monocristal sépare, pour le mesurage envisagé, une longueur d'onde particulière caractéristique du revêtement ou du substrat.

2.3 Détection

Un détecteur de rayonnement approprié, associé à un circuit électrique de comptage (échelle), mesure l'intensité de la longueur d'onde choisie. L'intensité peut s'exprimer en «nombre d'impulsions par seconde», mais il est souvent plus pratique de l'exprimer en «nombre total d'impulsions pendant un intervalle de comptage déterminé».

2.4 Principe de base

Jusqu'à l'épaisseur limite indiquée en 1.3, il existe une relation entre l'épaisseur du revêtement et l'intensité du rayonnement secondaire. Les deux techniques décrites sont fondées sur l'emploi d'étalons primaires d'épaisseurs de revêtement connues qui servent à établir quantitativement la relation qui existe entre l'intensité du rayonnement et l'épaisseur.

2.5 Mesurage de l'épaisseur par émission de rayons X

Dans cette méthode, le spectromètre est réglé de façon à enregistrer l'intensité d'une longueur d'onde fondamentale caractéristique du métal de revêtement, par exemple, Ni $K\alpha$, Au $L\alpha$ 1, etc. L'intensité correspondant à cette longueur d'onde est à son minimum pour un échantillon de substrat nu, qui n'émet qu'un rayonnement diffus (bruit de fond). Pour un échantillon épais de métal de revêtement solide ou pour un échantillon à dépôt électrolytique ayant une épaisseur de dépôt plus qu'«infinie» (voir 1.3), l'intensité aura sa valeur maximale pour un ensemble donné de conditions. Pour un échantillon à dépôt électrolytique ayant une épaisseur de dépôt moins qu'«infinie», l'intensité aura une valeur intermédiaire. L'intensité du rayonnement X secondaire émis dépend en général de l'énergie d'excitation, des numéros atomiques du revêtement et du substrat, de la superficie d'échantillon exposée au rayonnement primaire et de l'épaisseur du revêtement. Si toutes les autres variables sont fixes, l'intensité du rayonnement secondaire caractéristique est fonction de l'épaisseur ou de la masse par unité de surface du revêtement. Le rapport exact entre l'intensité mesurée et l'épaisseur correspondante du revêtement doit être déterminé à l'aide d'étalons ayant la même composition de revêtement et de substrat que celle des échantillons à mesurer. L'épaisseur maximale qui peut être mesurée par cette méthode est un peu inférieure à l'épaisseur «infinie». Cette limite dépend en général du numéro atomique du revêtement et de l'énergie du rayonnement. La courbe représentée à la figure 1 illustre le rapport type entre l'épaisseur du revêtement et l'intensité de l'émission caractéristique du métal de revêtement.

2.6 Mesurage de l'épaisseur par absorption de rayons X

Dans cette méthode, le spectromètre est réglé de façon à enregistrer l'intensité d'une longueur d'onde choisie émise par le matériau de base. L'intensité est à son maximum pour un échantillon à métal de base nu et décroît au fur et

à mesure que l'épaisseur de revêtement augmente. Cela s'explique par l'atténuation des rayonnements caractéristiques secondaires et de l'excitation à leur passage à travers le revêtement. Selon le numéro atomique du revêtement, lorsque l'épaisseur du revêtement atteint une certaine valeur, le rayonnement caractéristique du substrat disparaît, bien qu'une certaine quantité de rayonnement diffus subsiste. Le mesurage de l'épaisseur d'un revêtement par absorption de rayons X n'est pas possible en cas de couche intermédiaire qui présente un effet d'absorption non mesuré. La courbe représentée à la figure 2 illustre le rapport type entre l'épaisseur du revêtement et l'intensité de l'émission caractéristique du substrat.

2.7 Mesurage de l'épaisseur par détermination du rapport des intensités

Les techniques décrites en 2.5 et 2.6 peuvent se combiner en une variante permettant de mesurer l'épaisseur à partir du rapport des intensités émises à la fois par le revêtement et par le substrat.

2.8 Mesurage de l'épaisseur des sous-couches

Si le revêtement métallique est composé de deux couches, chacune d'un métal différent, il peut être possible de se servir des rayons X pour mesurer l'épaisseur de chaque couche par spectrométrie. La technique à employer est décrite dans l'annexe B.

3 FACTEURS INFLUANT SUR LA PRÉCISION

3.1 Statistique de comptage

Les quanta de rayons X sont libérés de manière tout à fait aléatoire, ce qui signifie que, durant un intervalle de temps fixe, le nombre de quanta émis ne sera pas toujours le même. D'où une erreur statistique inhérente à toutes les mesures de rayonnement. Une évaluation du taux de comptage sur un court laps de temps (15 s par exemple) peut donc différer sensiblement d'une évaluation sur une période plus longue, notamment si le taux de comptage est faible. Cette erreur est indépendante d'autres sources, telles qu'erreurs provenant du manipulateur ou de l'utilisation d'étalons peu sûrs. Pour réduire l'erreur statistique à un niveau acceptable, il est nécessaire de prendre un temps de comptage suffisamment long pour accumuler un nombre suffisant d'impulsions.

3.1.1 Quantitativement, l'écart-type (σ) de cette erreur aléatoire représente à peu près la racine du nombre total d'impulsions, soit : $\sigma = \sqrt{N}$. Le nombre vrai correspond à $N \pm 2 \sigma$ dans 95 % des cas. Pour juger de cette précision, il est pratique de rapporter l'écart-type à un pourcentage du nombre d'impulsions, soit : $100 \sqrt{N}/N = 100/\sqrt{N}$. Ainsi 100 000 impulsions donnent-elles une valeur 10 fois plus précise que la valeur donnée par 1 000 impulsions [$(100/\sqrt{1\ 000})/(100/\sqrt{100\ 000}) = 10$].

3.1.2 L'intervalle de comptage doit être choisi de manière à donner un nombre total d'impulsions au moins égal à 10 000, ce qui correspond à une erreur statistique de 1 %.

On se sert alors de la courbe d'étalonnage pour déterminer l'erreur correspondant à la mesure d'épaisseur.

3.2 Épaisseur du revêtement

La précision de la mesure dépend de la gamme d'épaisseur mesurée. Sur la courbe représentée à la figure 1, la précision est optimale dans la portion comprise entre 0,25 et 7,5 μm environ. La précision se détériore rapidement dans la portion de courbe se situant au-dessus de 10 μm . La situation est la même pour la courbe d'absorption représentée à la figure 2. Lorsque les épaisseurs de revêtement dépassent 10 μm environ, l'intensité varie très peu en fonction de l'épaisseur du revêtement, d'où une précision faible dans cette région. Les épaisseurs limites sont en général différentes selon le matériau de revêtement.

3.3 Dimensions de la surface de mesure

Pour obtenir de bonnes statistiques de comptage (voir 3.1) sur une période relativement courte, il convient de choisir l'ouverture de cache qui laisse la plus grande surface de mesure compatible avec la taille et la forme de l'échantillon. En aucun cas l'ouverture ne doit être plus grande que la surface représentative de la superficie revêtue. Il faut également veiller à ce que l'emploi d'une grande ouverture coïncide avec celui d'une tension élevée, d'un courant élevé ou des deux, et ne donne pas un signal dont la puissance dépasse la capacité de comptage du détecteur de rayonnement (voir 3.11).

3.4 Composition du revêtement

Le mesurage de l'épaisseur par rayons X peut être affecté par la présence de matériaux étrangers, tels qu'inclusions, autres dépôts, métaux d'alliages, vides ou porosités. Ces sources d'erreur s'éliminent par l'emploi d'étalons fabriqués dans les mêmes conditions que le revêtement à mesurer. En cas de pores ou de vides, la méthode de détection aux rayons X donne une indication de la masse de revêtement par unité de surface mais non de l'épaisseur.

3.5 Masse volumique

Si la masse volumique des matériaux de revêtement diffère de celle des étalons, il en résultera une erreur correspondante sur les mesures d'épaisseur. Cela est une conséquence du fait que les variations de masse volumique sont dues à des variations de composition (voir 3.4).

3.6 Composition du substrat

Les différences de composition du substrat ont un effet mineur sur les mesures d'épaisseur par émission de rayons X, si l'on mesure le rapport des intensités (voir annexe A) et si les rayons X émis par ce substrat ne sont pas assez puissants pour exciter le rayonnement mesuré. Cependant, lorsque le mesurage d'épaisseur se fait par la méthode d'absorption des rayons X, la composition du substrat des échantillons pour essai doit être la même que celle des étalons.

3.7 Épaisseur du substrat

La faible épaisseur du substrat a peu d'effet sur les mesures d'épaisseur par émission de rayons X si l'on tient compte d'un rapport d'intensité (voir annexe A) et si les rayons X émis par le substrat ne sont pas assez puissants pour exciter le rayonnement mesuré. Si l'on utilise une méthode par émission, l'épaisseur du substrat doit toutefois être suffisamment grande pour empêcher une excitation du revêtement par la face opposée en cas d'échantillons double face. Dans le cas contraire, il en résulte une erreur assez importante pour les revêtements minces et qui diminue lorsque l'épaisseur de revêtement augmente. Lorsque l'épaisseur est mesurée par absorption de rayons X, l'épaisseur du substrat doit dépasser un certain minimum ou épaisseur critique. Il doit être établi de façon expérimentale que l'épaisseur minimale est atteinte dans un cas particulier de combinaison substrat-source; il est toutefois possible quelquefois d'accoler à l'échantillon pour essai des substrats d'épaisseur suffisante et de composition identique. La méthode par absorption de rayons X n'est pas utilisable lorsqu'une ou plusieurs couches intermédiaires sont présentes.

3.8 Propreté de la surface

Les matériaux étrangers tels que salissures, graisse ou produits de corrosion donnent des imprécisions dans la détermination de l'épaisseur. Les revêtements de protection tels que laques ou revêtements de conversion au chromate déposés sur le revêtement affectent également les résultats.

3.9 Courbure de l'échantillon

Les mesurages d'épaisseur doivent être effectués sur des surfaces aussi planes que possible. Si l'on ne peut éviter des mesurages sur des surfaces incurvées, il faut utiliser un cache qui en minimise les effets. Des étalons de même rayon de courbure que celui des échantillons pour essai peuvent également être utilisés pour compenser ces effets.

3.10 Énergie d'excitation

L'intensité du rayonnement secondaire caractéristique du métal de revêtement ou du substrat est fortement affectée par toute variation de l'énergie d'excitation, c'est-à-dire par des changements de tension aux bornes du tube à rayons X, ou par des variations du courant, ou par ces deux phénomènes conjugués. En général, l'intensité de rayonnement (quanta par unité de temps) est fonction linéaire du courant du tube, mais elle varie avec le carré de la tension. Quelle que soit donc la méthode employée, si elle est fondée sur une relation simple entre l'intensité et l'épaisseur, il faudra finalement corriger l'énergie d'excitation en fonction de l'intensité observée sur l'échantillon étalon ayant servi à tracer la courbe de travail. Toutefois, si la méthode est fondée sur des rapports d'intensités plutôt que sur des intensités absolues, on observe une compensation des variations mineures de l'énergie d'excitation (voir annexe A).

3.11 Détecteur

Des erreurs peuvent être engendrées par un fonctionnement irrégulier du système de détection, qui comprend aussi bien les circuits de mesure que le tube de comptage lui-même. Si l'on soupçonne une certaine instabilité, il convient de procéder à une série de dix mesurages ou plus sur un même échantillon, puis de calculer l'écart-type de la série. Ce résultat ne doit pas être sensiblement supérieur à la racine carrée d'une mesure, \sqrt{N} . Une certaine forme d'instabilité devient évidente lorsqu'on effectue des mesurages périodiques sur un même échantillon.

Il faut également admettre que tous les systèmes de détection de rayonnements ont une limite supérieure en ce qui concerne la capacité de comptage. Au-delà de cette limite, une certaine proportion du nombre total d'impulsions pénètre dans le détecteur pendant sa période de récupération, ou « temps mort », et n'est pas comptée. On ne mesure donc pas l'intensité vraie. La combinaison de larges ouvertures et de courants élevés permet d'obtenir de très hauts taux de comptage avec des émissions de forte intensité, telles que Ni K α . Le fabricant fournit généralement, dans les instructions, un moyen de déterminer la capacité de comptage linéaire d'un système particulier de détection.

3.12 Trajectoire du rayonnement

Pour mesurer le rayonnement émis par des éléments de numéro atomique inférieur à 24, tout en ayant un taux de comptage élevé, il faut utiliser des spectromètres à vide ou à hélium.

3.13 Conversion du taux de comptage en épaisseur

L'extrapolation au-delà de la gamme d'épaisseurs fixées sur les étalons peut donner de sérieuses erreurs.

4 ÉTALONNAGE

4.1 Généralités

La lecture des indications d'un instrument destinée à l'étalonnage de celui-ci doit se faire exactement dans les mêmes conditions que sur les échantillons en ce qui concerne les dimensions de l'ouverture, la tension, le courant et le temps de mesurage.

4.2 Étalons

Si l'on veut obtenir des résultats précis, il convient d'utiliser des étalons sûrs pour étalonner les matériels de rayons X. Il est bien entendu que les périodes de comptage prolongées ne compensent pas le manque de fiabilité des étalons. On dispose généralement, chez les fabricants de jauges d'épaisseur, d'étalons représentant diverses gammes d'épaisseur de revêtements différents sur différents substrats. Les étalons homologués pour les mesures

d'épaisseur (par opposition à ceux qui le sont pour les mesures de masse par unité de surface) sont sûrs dans la mesure où ils sont utilisés pour des revêtements de même masse volumique et de même composition.

4.2.1 Les instruments doivent être étalonnés avec des étalons d'épaisseur ayant même revêtement et même substrat que les échantillons mesurés.

4.2.2 Le revêtement des étalons doit avoir les mêmes propriétés d'émission (ou absorption) de rayons X que le revêtement mesuré. Dans le cas de dépôts électrolytiques, si le revêtement des étalons se fait par dépôt électrolytique dans le même bain et dans les mêmes conditions que le revêtement à mesurer, les propriétés des rayons X sont supposées les mêmes. Si, par exemple, le revêtement de l'étalon est de l'or, mais qu'il n'a pas été déposé dans les mêmes conditions que le revêtement à mesurer, les propriétés des rayons X peuvent être supposées les mêmes pour les mesurages de masse par unité de surface. Dans ces conditions, la mesure d'épaisseur doit être corrigée pour tenir compte des différences de masse volumique, sauf si celles-ci sont négligeables.

4.2.3 Si l'épaisseur est déterminée par absorption de rayons X, le substrat de l'étalon d'épaisseur doit avoir les mêmes propriétés d'émission de rayons X que l'échantillon pour essai. Cette similarité se vérifie par comparaison des intensités des rayonnements caractéristiques choisis des deux substrats non revêtus.

4.2.4 Dans la méthode d'absorption de rayons X, l'épaisseur du substrat de l'échantillon pour essai et des étalons doit être la même, sauf si l'on dépasse l'épaisseur critique définie en 3.7.

4.2.5 Si la courbure du revêtement à mesurer empêche l'étalonnage à plat, la courbure de l'étalon et celle de l'échantillon pour essai doivent être les mêmes.

5 MODE OPÉRATOIRE

5.1 Fonctionnement des instruments et étalonnage

Faire fonctionner chaque instrument suivant les instructions du fabricant, compte tenu des facteurs indiqués au chapitre 3. Étalonner conformément au chapitre 4.

5.2 Vérification de l'étalonnage

Vérifier l'étalonnage chaque fois que l'instrument est mis en service conformément à 4.1. Mesurer un échantillon pour contrôle à intervalles fréquents (toutes les 30 min) pour repérer toute dérive ou autre variation du matériel.

5.3 Précautions

Observer les précautions suivantes :

5.3.1 Épaisseur du substrat

Si l'on suit la méthode d'absorption de rayons X, vérifier que l'épaisseur du substrat des échantillons pour essai dépasse l'épaisseur critique. Dans le cas contraire, vérifier que l'étalonnage a été effectué avec un substrat ayant la même épaisseur et les mêmes propriétés d'émission que les échantillons pour essai.

5.3.2 Ouverture de mesure

La taille de l'ouverture du cache dépend des dimensions et de la forme de l'échantillon pour essai. En aucun cas l'ouverture de mesure ne doit être plus grande que la surface revêtue de l'échantillon pour essai. L'échantillon pour essai doit être fixé solidement et convenablement maintenu sur l'ouverture de mesure.

5.3.3 Courbure

Utiliser une ouverture de mesure adéquate pour réduire au maximum les effets de courbure.

5.3.4 Substrat

L'émission secondaire du substrat de l'étalon doit être la même que celle de l'échantillon pour essai si l'on emploie la méthode par absorption. Le vérifier par des essais réels. En cas de différence significative, utiliser de nouveaux étalons qui concordent mieux avec les échantillons pour essai.

5.3.5 Propreté de la surface

Enlever tous les matériaux étrangers tels que salissures, graisses, laques, oxydes et revêtements de conversion se trouvant sur la surface avant le mesurage, et ce, sans enlever aucune partie du revêtement. Éviter de faire les mesurages sur des portions d'échantillons présentant des défauts visibles tels que flux, points d'acide, scories.

5.3.6 Temps de mesurage

Choisir un intervalle de temps suffisant pour obtenir une répétabilité donnant la précision désirée (voir 3.1).

5.4 Expression des résultats

Convertir les mesures d'intensité en unités d'épaisseur par l'intermédiaire de la courbe d'étalonnage décrite dans l'annexe A.

6 PRÉCISION

L'instrument, son étalonnage et son fonctionnement doivent être tels que l'épaisseur de revêtement puisse être déterminée à 10 % près de sa valeur réelle.

ANNEXE A

COURBES D'ÉTALONNAGE

Dans la mesure où les appareils d'analyse aux rayons X ne sont pas à même de donner une indication directe de l'épaisseur de revêtement, il est nécessaire d'établir des courbes d'étalonnage donnant la relation entre les intensités ou des rapports d'intensités et les épaisseurs correspondantes de chaque combinaison substrat-revêtement.

A.1 EMISSION

La figure 1 représente une courbe d'étalonnage typique pour déterminer l'épaisseur d'un revêtement en nickel par émission de rayons X. Les intensités sont corrigées pour tenir compte du bruit de fond, c'est-à-dire que l'intensité correspondant au réglage du goniomètre sur Ni $K\alpha$ est obtenue sur un échantillon de laiton non revêtu, puis soustraite de toutes les mesures d'intensité d'échantillons revêtus. Il est évident que, malgré les variations constantes du rapport entre l'intensité et l'épaisseur, il doit être possible d'obtenir des valeurs précises de l'épaisseur de nickel jusqu'à 7,5 μm environ. La courbe d'étalonnage établie d'après les rapports d'intensités a une forme très similaire.

Le type de rapport d'intensités (I.R.) propre au mesurage d'épaisseur par émission de rayons X est de la forme suivante :

$$\text{I.R.} = (I - I_0)/(I_\infty - I_0)$$

où

I est l'intensité d'une émission caractéristique du métal de revêtement, par exemple Ni $K\alpha$;

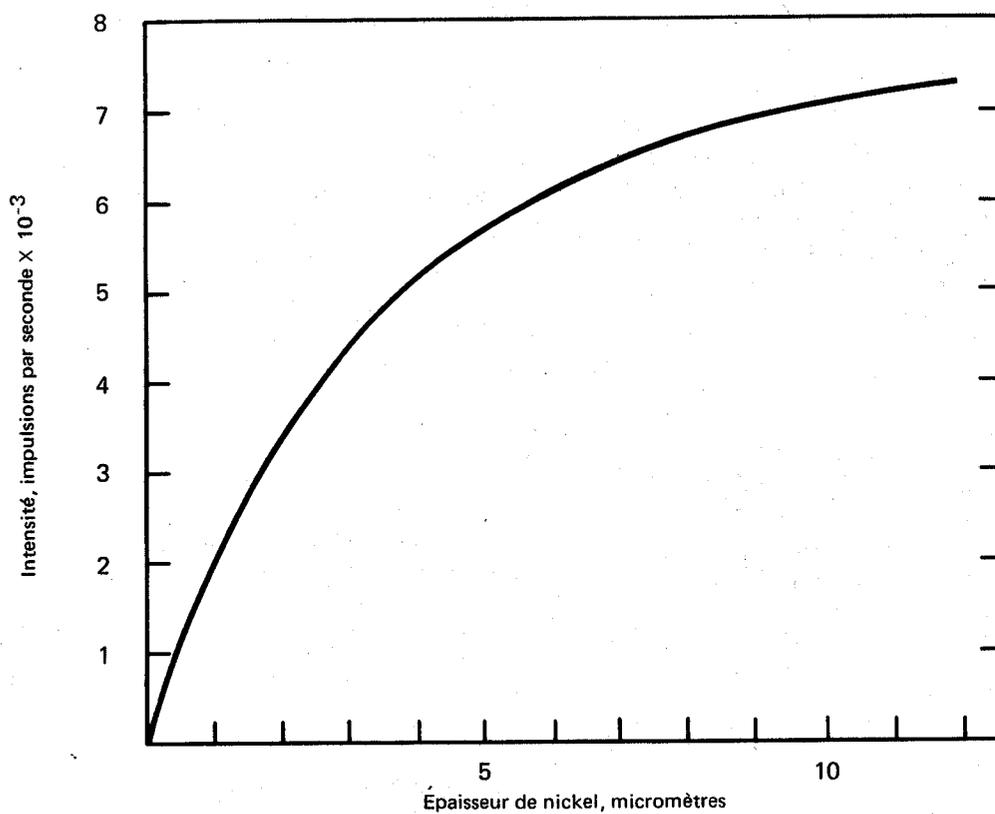
I_0 est l'intensité d'un échantillon de substrat nu au même réglage du goniomètre;

I_∞ est l'intensité d'un échantillon de métal de revêtement d'épaisseur supérieure à l'«infini» au même réglage du goniomètre.

La courbe représentant $\log(I - I.R.)$ ou $\log(I_\infty - I)$ en fonction de l'épaisseur est presque une ligne droite. Si l'on doit effectuer un grand nombre de mesurages répétés avec la même ouverture sur des échantillons ayant le même matériau de base et de revêtement, on gagnera du temps en ne se servant que de la valeur de l'intensité d'émission du revêtement sans calculer de rapport d'intensités et sans même faire la correction du bruit de fond. Cela évite également les risques d'erreurs cumulées résultant de la combinaison de trois intensités. Toutefois, lorsqu'il s'agit de mesurer une variété d'échantillons représentant un certain nombre de combinaisons différentes substrat-revêtement, l'utilisation du système des rapports d'intensités présente certains avantages. Parmi ceux-ci : le fait que la même courbe d'étalonnage est utilisable pour différentes formes et dimensions d'ouverture, et que les effets de dérive graduelle de l'énergie d'excitation ou de l'efficacité de détection sont compensés.

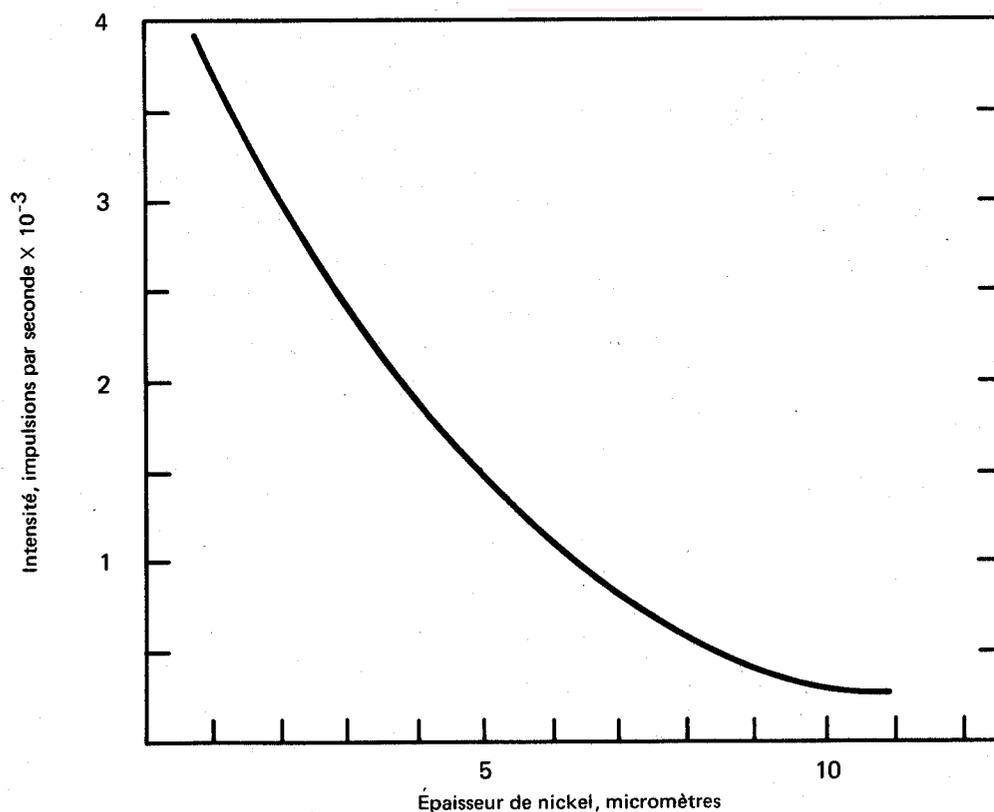
A.2 ABSORPTION

La figure 2 représente une courbe d'étalonnage typique pour déterminer l'épaisseur d'un revêtement en nickel par absorption de rayons X. Là encore, les intensités sont corrigées pour tenir compte du bruit de fond comme dans la méthode par émission. Cependant, l'émission mesurée étant maintenant celle du substrat, I_0 correspondra à un échantillon de revêtement solide ou d'épaisseur «infinie», et I_∞ à un échantillon de substrat nu. Les avantages de la courbe des rapports d'intensités sont les mêmes que ceux de la méthode par émission, et la courbe de $\log(I - I_0)$ en fonction de l'épaisseur est presque une ligne droite. En général, la méthode par absorption est considérée comme donnant des résultats plus précis, bien qu'elle ne puisse pas être utilisée avec plusieurs couches de revêtement étant donné les effets non quantifiables d'absorption des couches intermédiaires.



NOTE — L'intensité est celle de la raie Ni K α après soustraction de l'intensité du bruit de fond.

FIGURE 1 — Courbe d'étalonnage pour la détermination d'une épaisseur de nickel par émission de rayons X



NOTE — L'intensité est celle de la raie Cu K α dans un substrat en laiton après soustraction de l'intensité du bruit de fond.

FIGURE 2 — Courbe d'étalonnage pour la détermination d'une épaisseur de nickel par absorption de rayons X

ANNEXE B

REVÊTEMENTS COMPOSÉS DE DEUX COUCHES

B.1 L'épaisseur de la couche supérieure peut être mesurée par émission de rayons X (voir 2.5). Cette mesure est indépendante de l'épaisseur de la sous-couche, à moins que le rayonnement caractéristique du métal de celle-ci ne soit suffisamment puissant pour exciter le rayonnement mesuré; c'est le cas, par exemple, avec des sous-couches en cuivre ou en nickel sous du chrome. Dans ce cas, les étalons doivent avoir à peu près la même épaisseur de sous-couche que l'échantillon mesuré. La mesure n'est pas sensible aux faibles variations d'épaisseur de la sous-couche.

B.2 L'épaisseur de la couche supérieure n'est généralement pas mesurée par absorption de rayons X, car la mesure serait

affectée par les faibles variations d'épaisseur de la sous-couche, mais, si la sous-couche est assez épaisse pour remplir les conditions de 3.7 relatives au substrat, on peut utiliser cette méthode.

B.3 L'épaisseur de la sous-couche peut être déterminée par émission ou par absorption, mais la mesure doit être corrigée pour tenir compte de l'absorption de la couche supérieure. La correction peut être relevée sur une couche déterminée expérimentalement après mesurage de l'épaisseur de la couche supérieure.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 3497:1976

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/39dbbf57-1d0e-45f4-a982-e18fd5415d7d/iso-3497-1976>