
NORME INTERNATIONALE 2093

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

Revêtements métalliques – Dépôts électrolytiques d'étain

Première édition – 1973-07-01

CDU 669.687 : 669.1 : 669.35

Réf. N° : ISO 2093-1973 (F)

Descripteurs : revêtement métallique, revêtement par dépôt électrolytique, revêtement en étain, caractéristique, classement, contrôle de qualité.

Prix basé sur 8 pages

AVANT-PROPOS

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.

Avant 1972, les résultats des travaux des Comités Techniques étaient publiés comme Recommandations ISO; maintenant, ces documents sont en cours de transformation en Normes Internationales. Compte tenu de cette procédure, la Norme Internationale ISO 2093 remplace la Recommandation ISO/R 2093-1971 établie par le Comité Technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques*.

Les Comités Membres des pays suivants avaient approuvé la Recommandation :

Afrique du Sud, Rép. d'	Hongrie	Royaume-Uni
Allemagne	Inde	Suède
Australie	Israël	Suisse
Chili	Italie	Tchécoslovaquie
Egypte, Rép. arabe d'	Nouvelle-Zélande	Thaïlande
Espagne	Pays-Bas	U.R.S.S.
France	Portugal	
Grèce	Roumanie	

Aucun Comité Membre n'avait désapprouvé la Recommandation.

Revêtements métalliques – Dépôts électrolytiques d'étain

0 INTRODUCTION

La présente Norme Internationale concerne une série de revêtements d'étain appliqués, par électrodéposition, à des produits finis en métaux ferreux ou en certains métaux non ferreux, pour les protéger contre la corrosion et pour faciliter le brasage.

Les prescriptions d'épaisseur minimale s'appliquent uniquement aux parties de la surface significative qui peuvent être touchées par une bille de 20 mm de diamètre.

L'attention est attirée sur la possibilité de diffusion réciproque entre les revêtements d'étain et les alliages de cuivre, lente à la température ambiante et plus rapide à température élevée. Ceci peut conduire à un noircissement et à une diminution ou à une destruction de l'aptitude au brasage des revêtements d'étain après un long stockage. Avec de tels revêtements d'étain, il est nécessaire d'utiliser une sous-couche, qui agit comme une barrière à la diffusion, mais les utilisateurs doivent envisager l'application d'un revêtement plus épais lorsqu'il est nécessaire de maintenir l'aptitude au brasage durant un certain nombre d'années.

Lorsque les revêtements d'étain sont utilisés dans le but principal de diminuer la corrosion de deux métaux différents, il sera généralement suffisant de choisir la classe appropriée aux conditions de service d'un revêtement sur un métal moins noble.

Il importe essentiellement que l'acheteur précise le métal de base et le numéro de condition d'utilisation, ou le numéro de classification : il est insuffisant, pour la commande du dépôt électrolytique à effectuer, de se référer simplement à ISO 2093, sans préciser ce numéro.

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme Internationale s'applique aux dépôts électrolytiques d'étain, à 99,5 % ou plus, sur le fer ou l'acier, le cuivre ou les alliages de cuivre. Elle s'applique également aux revêtements brillantés par fusion après électrodéposition, ce procédé étant connu sous la dénomination de «brillantage par fusion». Elle ne s'applique pas aux

— revêtements de pièces ayant des parties filetées (avec tolérances);

— revêtements de tôles, bandes ou fils à l'état brut, ou ressorts à spirale.

Dans la présente Norme Internationale, l'état de surface du métal de base avant dépôt électrolytique n'est pas spécifié et le degré de rugosité admissible du métal de base devra faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

2 RÉFÉRENCES

ISO 1462, *Revêtements métalliques – Dépôts électrolytiques non anodiques par rapport au métal de base – Essais de corrosion accélérée – Méthode d'évaluation des résultats.*

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

3 DÉFINITION

Dans le cadre de la présente Norme Internationale, la définition suivante est applicable :

surface significative : Partie de la surface qui est essentielle à l'aspect ou à l'aptitude à l'utilisation de la pièce, et qui doit être recouverte, ou qui est recouverte par le revêtement.

Si nécessaire, la surface significative doit faire l'objet d'un accord, et doit être indiquée sur les dessins ou par des repères convenables sur les échantillons.

4 CLASSIFICATION

4.1 Classification des conditions d'utilisation

Le numéro de condition d'utilisation indique la sévérité des conditions d'utilisation selon l'échelle suivante :

4 – exceptionnellement sévères (contact avec les aliments ou l'eau, par exemple, auquel cas une couche uniforme d'étain doit être maintenue contre la corrosion et l'abrasion)

3 – sévères

2 – modérées

1 – douces (y compris les applications où l'aptitude au brasage est principalement requise)

La lettre «f» doit être ajoutée après le numéro de la condition de service 1, pour indiquer un revêtement brillanté par fusion.

Ces désignations sont conventionnelles, et il est recommandé que le choix du numéro de condition d'utilisation correspondant à l'utilisation de la pièce revêtue, fasse l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

4.2 Classification des dépôts

Le numéro de classification se compose des éléments suivants :

- le symbole chimique du métal de base (ou du métal principal dans le cas d'un alliage) comme indiqué ci-dessous, et suivi d'une barre oblique :

 - Fe pour le fer ou l'acier;
 - Cu pour le cuivre ou les alliages de cuivre;

- le symbole chimique de l'étain, Sn;
- un nombre correspondant à l'épaisseur minimale (en micromètres) du dépôt d'étain;
- (le cas échéant) la lettre «f», indiquant que le revêtement a subi un brillantage par fusion.

4.3 Dépôts appropriés à chaque numéro de condition d'utilisation

Les Tableaux 1 et 2 donnent, pour différents métaux de base, le numéro de classification du dépôt et l'épaisseur minimale, appropriés à chaque numéro de condition d'utilisation.

TABLEAU 1 – Dépôts d'étain sur fer ou acier

Numéro de condition d'utilisation	Numéro de classification	Epaisseur minimale μm
4	Fe/Sn 30	30
3	Fe/Sn 20	20
2	Fe/Sn 12	12
1	Fe/Sn 4	4
1f	Fe/Sn 4f	4*

* L'épaisseur locale ne doit pas dépasser 8 μm . L'utilisation d'une sous-couche de cuivre, de bronze ou de nickel est avantageuse, mais l'épaisseur de l'étain ne doit pas être diminuée par l'utilisation d'une sous-couche.

1) 45 HRC, 440 HV, 415 HB (valeurs approximatives).

2) 30 HRC, 295 HV, 280 HB (valeurs approximatives).

TABLEAU 2 – Dépôts d'étain sur cuivre ou alliage de cuivre

Numéro de condition d'utilisation	Numéro de classification	Epaisseur minimale μm
4	Cu/Sn 30	30
3	Cu/Sn 15	15
2	Cu/Sn 8	8
1	Cu/Sn 4	4*
1f	Cu/Sn 4f	4**

* Dans le cas de laiton comme métal de base, une sous-couche de 2 μm de cuivre, de bronze ou de nickel doit être utilisée.

** L'épaisseur locale ne doit pas dépasser 8 μm .

Dans le cas de laiton comme métal de base, une sous-couche de 2 μm de cuivre, de bronze, ou de nickel doit être utilisée.

5 TRAITEMENT THERMIQUE DE L'ACIER

Sur demande de l'acheteur, le traitement thermique décrit ci-après doit être effectué sur certains aciers, en vue de réduire le risque de détérioration dû à la fragilisation par l'hydrogène.

Il est recommandé, pour les aciers dont la résistance à la traction est supérieure à 1 500 N/mm² (ou de dureté correspondante¹⁾), de ne pas effectuer le dépôt électrolytique d'étain selon les méthodes conventionnelles. Il faut également remarquer que les aciers dont la résistance à la traction est supérieure à 1 000 N/mm² (ou de dureté correspondante²⁾) doivent subir un traitement thermique, afin de diminuer ce risque.

5.1 Recuit de détente avant dépôt électrolytique

Des éléments en acier sévèrement écrouis ou des éléments en acier de résistance à la traction supérieure ou égale à 1 000 N/mm² (ou de dureté correspondante²⁾), qui ont été meulés ou soumis à un usinage sévère après trempe, doivent, en principe, être soumis à un recuit de détente. A titre indicatif, ils peuvent être maintenus de préférence à la plus haute température compatible avec la limite imposée par la température de trempe pendant 30 min, ou bien maintenus à 190 à 210 °C pendant au moins 1 h.

Certains aciers qui ont subi un traitement de cémentation, de trempe au chalumeau ou de trempe par induction, suivis de meulage, pourraient être altérés par le traitement donné ci-dessus à titre indicatif; ils doivent être soumis à un traitement de recuit de détente à une température plus basse, par exemple à 170 °C, pendant au moins 1 h.

5.2 Traitement thermique après dépôt électrolytique

Les éléments soumis à la fatigue ou à des efforts de charge continus en service, et qui sont en acier sévèrement écroui ou en acier de résistance à la traction supérieure ou égale à 1 000 N/mm² (ou de dureté correspondante²⁾), doivent subir un traitement thermique après dépôt électrolytique. Des indications à ce sujet sont données dans l'Annexe A.

Dans les cas où la température du traitement thermique serait nuisible à certaines pièces trempées superficiellement, par exemple, il peut être nécessaire d'appliquer une température plus basse pendant un temps plus long.

6 CARACTÉRISTIQUES REQUISES

6.1 Aspect

Sur la surface significative, la pièce revêtue ne doit pas présenter de défauts visibles du dépôt électrolytique, tels que cloques, piqûres, rugosités, fissures ou surfaces non recouvertes, et elle doit ne pas être tachée, ni décolorée. L'étendue sur laquelle des cloques peuvent être tolérées sur les surfaces non significatives doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées. Lorsqu'une marque de contact ne peut être évitée, son emplacement doit également faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

Les pièces doivent être propres et exemptes de toute détérioration. La surface revêtue doit être de texture lisse et sans nodosités. Les revêtements brillantés par fusion ne doivent pas présenter de taches mates. Si nécessaire, un échantillon présentant la fini spécifié devra être fourni ou approuvé par l'acheteur.

6.2 Épaisseur

Le nombre qui suit le symbole chimique Sn indique, en micromètres, l'épaisseur minimale du revêtement d'étain qui doit satisfaire à la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 1 ou le Tableau 2.

Dans le cas de pièces d'une surface significative supérieure ou égale à 100 mm², l'épaisseur minimale doit être considérée comme étant la valeur minimale de l'épaisseur locale mesurée selon la méthode spécifiée en ISO 1463, en accordant une attention particulière à l'enrobage, en certains points de la surface significative choisis par accord entre les parties intéressées, ou en tout point de la surface significative qui peut être touché par une bille de 20 mm de diamètre.¹⁾

Si la pièce est conçue de telle façon qu'elle ne peut pas être touchée en tous points par une bille de 20 mm de diamètre, l'épaisseur minimale admise sur des surfaces spécifiées doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

Dans le cas de pièces dont la surface significative est inférieure à 100 mm², l'épaisseur minimale doit être considérée comme étant la valeur minimale de l'épaisseur moyenne, mesurée selon la méthode indiquée dans l'Annexe B.

6.3 Adhérence

Le revêtement doit continuer à adhérer au métal de base, lorsqu'il est soumis à l'essai indiqué dans l'Annexe C.

6.4 Porosité

Les revêtements ayant une épaisseur locale supérieure à 12 µm sur des pièces en fer ou acier doivent être soumis à l'essai de porosité indiqué à l'Annexe D, et les résultats doivent être évalués selon le procédé décrit dans cette Annexe.

6.5 Soudabilité

Sur demande de l'acheteur, l'aptitude des revêtements au brasage doit être vérifiée selon la méthode décrite à l'Annexe E. Le revêtement d'étain est considéré comme apte au brasage si, après l'essai, il montre un revêtement uniforme de métal d'apport, visiblement exempt de discontinuités ou de fissures (par exemple, surfaces mates, surfaces non revêtues ou noires). Sur demande de l'acheteur, les revêtements sur cuivre ou alliages de cuivre doivent être soumis, avant l'essai, au traitement préliminaire de vieillissement artificiel décrit à l'Annexe E.

NOTE — Le but de ce traitement préliminaire est de démontrer si les pièces ont conservé leur aptitude au brasage après une longue période de stockage.

6.6 Manière de spécifier les conditions techniques

Lors de la commande de pièces à revêtir électrolytiquement, selon la présente Norme Internationale, l'acheteur doit indiquer, en plus de la référence à la Norme Internationale, soit le numéro de classification du revêtement particulier requis (voir 4.2), soit le métal de base et le numéro de condition d'utilisation désignant la sévérité des conditions auxquelles le revêtement doit résister (voir 4.1).

7 ÉCHANTILLONNAGE

La méthode d'échantillonnage doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

1) D'autres méthodes de mesurage de l'épaisseur peuvent également convenir pour le contrôle de l'épaisseur, mais elles ne sont pas mentionnées dans la présente Norme Internationale.

ANNEXE A

INDICATIONS CONCERNANT LE TRAITEMENT THERMIQUE DE PIÈCES EN ACIER
APRÈS DÉPÔT ÉLECTROLYTIQUE

TABLEAU 3 – Durées et température des traitements thermiques

Résistance à la traction	Épaisseur maximale de la pièce	Durée minimale du traitement à une température comprise entre 190 et 210 °C
N/mm ²	mm	h
1 000 à 1 150	moins de 12	2
	12 à 25	4
	plus de 25	8
1 150 à 1 400	moins de 12	4
	12 à 25	12
	25 à 40	24 Chauffage à commencer dans les 16 h consécutives à l'application du revêtement
	plus de 40	Détermination expérimentale de la durée

ANNEXE B

DÉTERMINATION DE L'ÉPAISSEUR MOYENNE

B.1 DÉCAPANT

Dissoudre 20 grammes de trioxyde d'antimoine dans 1 000 ml d'acide chlorhydrique froid ($d = 1,16$ à $1,18$).

B.2 MODE OPÉRATOIRE

Nettoyer soigneusement une partie revêtue, de surface connue; la dégraisser à l'aide d'un traitement au moyen d'un solvant convenable, la sécher soigneusement et la peser avec une précision de $1/10\ 000$. Prendre une surface d'échantillon suffisante pour donner une perte de masse par l'attaque, d'au moins 0,2 g d'étain.

L'immerger totalement dans le décapant et la retourner de telle façon que la solution attaque toutes ses surfaces. Utiliser une solution d'attaque fraîchement préparée pour chaque essai; au moins 100 ml de solution par gramme d'étain à enlever.

Laisser l'échantillon dans la solution durant 1 min après l'arrêt du dégagement gazeux.

Retirer l'échantillon de la solution, le laver immédiatement à l'eau courante, l'essuyer avec un linge doux ou de l'ouate, pour enlever le dépôt noir pulvérulent d'antimoine; le sécher et repeser.

B.3 EXPRESSION DES RÉSULTATS

L'épaisseur du revêtement d'étain, en micromètres, est donnée par la formule

$$\frac{137 \times 10^3 (m_1 - m_2)}{A}$$

où

m_1 est la masse initiale de l'échantillon, en grammes;

m_2 est la masse finale de l'échantillon, en grammes;

A est la surface du revêtement, en millimètres carrés.

NOTE — La formule ci-dessus suppose la masse volumique de l'étain égale à $7,30\text{ g/cm}^3$.

ANNEXE C

ESSAI DE TREMPÉ POUR L'ADHÉRENCE

Chauffer une pièce revêtue, pendant 1 h, dans un four à la température de $185 \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$.

Tremper ensuite la pièce dans de l'eau à la température ambiante; l'enlever et contrôler si le revêtement a des cloques et d'autres marques de faible adhérence.

ATTENTION. Cet essai peut avoir un effet défavorable sur les propriétés mécaniques de la pièce essayée.

ANNEXE D

ESSAI DE POROSITÉ AU DIOXYDE DE SOUFRE

D.1 PRINCIPE

Une exposition à une atmosphère humide contenant du dioxyde de soufre en faible concentration ne provoque pas de corrosion de l'étain, mais provoque l'apparition de taches de produits de corrosion aux discontinuités du revêtement.

Si la concentration en dioxyde de soufre dans l'atmosphère est trop élevée, le produit de corrosion formé est trop fluide pour permettre une observation aisée des parties poreuses. La méthode ci-dessous, basée sur la production de dioxyde de soufre à partir de la réaction entre le thiosulfate de sodium et l'acide sulfurique à l'intérieur de la chambre d'essai, assure des conditions convenables à la formation, aux discontinuités, de produits de corrosion immobiles.

D.2 APPAREILLAGE

D.2.1 Chambre d'essai, fermée à l'aide d'un couvercle ou d'une porte, de préférence en verre ou en matière plastique transparente.

Ses dimensions doivent être suffisantes pour que l'on puisse disposer les échantillons de telle façon que leur partie la plus basse soit située à au moins 75 mm au-dessus de la surface d'une solution qui elle-même occupe au moins un quinzième de la capacité totale.

Le système de fermeture et les autres joints de l'appareil doivent être étanches aux gaz, mais ne doivent pas nécessairement être résistants aux pressions. Une plaque de verre disposée sur les arêtes lubrifiées d'une cuve en verre constitue un joint adéquat.

La chambre doit être de section uniforme, et la solution qui y est placée doit recouvrir complètement sa base.

D.2.2 Support en verre ou en plastique, placé à l'intérieur de la chambre, pour les échantillons soumis à l'essai.

Les surfaces significatives peuvent être inclinées d'un angle quelconque, mais il est préférable de choisir la même inclinaison pour des pièces semblables.

D.3 MILIEU CORROSIF

Le milieu corrosif doit être de l'air humide, contenant du dioxyde de soufre. Un tel milieu est obtenu dans la chambre fermée, au-dessus d'une solution occupant un quinzième de la capacité de la chambre. On le prépare en ajoutant 1 partie par volume d'acide sulfurique 0,1 N à 4 parties d'une solution contenant 10 g de thiosulfate de sodium cristallisé par litre d'eau.

D.4 TEMPÉRATURE DE L'ESSAI

L'essai doit être effectué à une température de 20 ± 5 °C, en évitant les fluctuations rapides de température pendant l'essai.

D.5 MODE OPÉRATOIRE

Avant l'essai, nettoyer les échantillons à l'aide d'un solvant organique (par exemple trichloréthylène), les essuyer avec un linge non pelucheux et les laisser atteindre la température ambiante.

Introduire, dans la chambre d'essai, un volume de solution aqueuse de thiosulfate de sodium égal au quinzième du volume de la chambre. suspendre les échantillons au-dessus de cette solution, sur des supports non métalliques. Écarter les surfaces des échantillons d'au moins 25 mm, en les disposant à au moins 25 mm de n'importe quel bord de la chambre et à au moins 75 mm de la surface de la solution de thiosulfate de sodium.

Ajouter à la solution de thiosulfate de sodium un volume d'acide sulfurique 0,1 N égal au quart du volume de la solution de thiosulfate, et fermer la chambre en la maintenant à l'abri des courants d'air ou de toute autre cause de chute rapide de température. L'addition d'acide sulfurique peut avoir lieu avant l'introduction des échantillons, pourvu que la chambre soit fermée dans les 5 min qui suivent l'addition de l'acide.

Laisser les échantillons pendant au moins 24 h dans la chambre fermée. Après avoir retiré les échantillons de l'atmosphère corrosive, les laisser sécher sans les essuyer, ni les nettoyer d'aucune manière, et les examiner.

D.6 INTERPRÉTATION

Examiner chaque échantillon en repérant les taches ou les fissures, à l'emplacement desquelles le métal de base a été attaqué et corrodé. Si, sur un échantillon, une tache ou une fissure quelconque a une surface supérieure à 2,5 mm², l'échantillon est refusé.

Interpréter les résultats de l'essai sur chaque échantillon, conformément aux indications de ISO 1462. Un échantillon qui a un indice de cotation inférieur à la valeur convenable donnée ci-après est refusé.

TABLEAU 4 – Indices de cotation

Numéro de classification	Indice de cotation
Fe/Sn 30	10
Fe/Sn 20	6
Fe/Sn 12	4

Pour un échantillon dont la surface significative est supérieure à 50 000 mm², il faut, en plus, rechercher le carré de 50 mm × 50 mm qui montre le plus grand nombre de taches de corrosion. Compter le nombre (M) de carrés de 5 mm dans cette surface, qui sont occupés par des points de corrosion. Si, pour la cotation réelle obtenue, M est égal ou supérieur à la valeur donnée dans le Tableau 5 ci-dessous pour le numéro de classification approprié, l'échantillon est refusé.

TABLEAU 5 – Valeurs maximales admissibles de M

Numéro cotation réel	M	
	Fe/Sn 20	Fe/Sn 12
9	40	60
8	30	50
7	20	40
6	10	30
5	—	20
4	—	10

ANNEXE E

ESSAI D'APTITUDE AU BRASAGE¹⁾

E.1 ÉCHANTILLON

Pour de petites pièces de dimensions convenables, prendre la pièce elle-même pour l'essai; pour de grandes pièces, découper une portion de dimensions convenables pour l'essai. La grandeur recommandée est un carré de 25 mm de côté. Pour les pièces qui n'entrent pas dans ces catégories, choisir des échantillons selon accord entre les parties intéressées.

E.2 APPAREILLAGE

E.2.1 Bac pour brasage chauffé électriquement, maintenu à 250 ± 5 °C.

E.2.2 Métal d'apport, composition : 60 % d'étain et 40 % de plomb, en volume suffisant pour assurer une température uniforme au moment où l'on introduit les échantillons.

E.2.3 Flux, consistant en une solution contenant 25 % (*m/m*) de résine blanche et 75 % (*m/m*) d'alcool isopropylique (99 %), sans autre addition.

E.3 VIEILLISSEMENT ARTIFICIEL (Seulement si spécifié à la commande; voir 6.5).

Placer l'échantillon dans un récipient convenable au-dessus de l'eau bouillante et le maintenir dans ces conditions, pendant 24 h. Couvrir le récipient et s'assurer que l'échantillon n'est pas en contact avec ses parois et que l'arête inférieure de l'échantillon se trouve à une distance de la surface de l'eau bouillante comprise entre 50 mm et 100 mm. S'assurer que le couvercle du récipient, ou le réfrigérant, lorsqu'on en utilise un, ne laisse pas tomber de l'eau de condensation sur l'échantillon.

Négliger toute décoloration de l'échantillon qui pourrait se produire pendant ce traitement de vieillissement. Après 24 h de vieillissement, retirer l'échantillon de la vapeur et le laisser sécher à l'air.

E.4 MODE OPÉRATOIRE

Recouvrir l'échantillon de flux par immersion. S'assurer que toute la surface du bain de métal d'apport est propre et la polir en ôtant toutes les particules à l'aide d'un «steel scraper» et immerger immédiatement l'échantillon dans le bain à la vitesse approximative de 25 mm/s. Le laisser immergé pendant 5 s et le retirer ensuite à une vitesse d'environ 25 mm/s, en le maintenant immobile juste au-dessus de la surface du métal d'apport jusqu'au moment où le revêtement se solidifie.



1) Cette méthode est valable jusqu'à l'adoption d'une Norme Internationale concernant les essais de soudabilité.