
**Soudage — Détermination de l'indice
de ferrite (FN) dans le métal fondu
en acier inoxydable austénitique et
duplex ferritique-austénitique au
chrome-nickel**

*Welding — Determination of Ferrite Number (FN) in austenitic and
duplex ferritic austenitic Cr-Ni stainless steel weld metals*

(standards.iteh.ai)

[ISO 8249:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9ea71146-3aac-4852-a56c-40ff18d4e781/iso-8249-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9ea71146-3aac-4852-a56c-40ff18d4e781/iso-8249-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 8249:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9ea71146-3aac-4852-a56c-40ff18d4e781/iso-8249-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9ea71146-3aac-4852-a56c-40ff18d4e781/iso-8249-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principes	1
5 Étalonnage	2
5.1 Étalons d'épaisseur de revêtement.....	2
5.2 Aimant.....	2
5.3 Instruments.....	2
5.4 Courbe d'étalonnage.....	3
6 Méthode standard de fabrication des dépôts obtenus avec des électrodes enrobées	5
6.1 Dimensions des éprouvettes de métal fondu.....	5
6.2 Dépôt de métal fondu.....	5
6.3 Mesurage.....	7
6.3.1 État de surface.....	7
6.3.2 Mesurages individuels.....	7
6.3.3 Rapport.....	7
7 Méthode standard de fabrication des dépôts obtenus par d'autres procédés, et soudures de production	8
7.1 Méthode standard de fabrication des dépôts obtenus par d'autres procédés.....	8
7.2 Soudures de production.....	8
8 Autres méthodes	8
8.1 Méthodes.....	8
8.2 Résultats.....	9
8.3 Maintien de l'étalonnage.....	9
9 Modes opératoires utilisés pour la fabrication des étalons secondaires servant à la détermination de la teneur en ferrite delta du métal fondu en acier inoxydable austénitique	9
Annexe A (informative) Fabrication des étalons secondaires par rechargement avec feuillard	11
Annexe B (informative) Fabrication d'étalons secondaires par moulage à froid par centrifugation	21
Bibliographie	29

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par l'IIW, *Institut international de la soudure*, Commission II.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information, question ou demande d'interprétation officielle concernant un quelconque aspect du présent document à l'IIW par le biais de l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 8249:2000), qui fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- des corrections ont été apportées au [Tableau 2](#) (précédemment [Tableau 1](#));
- des modifications rédactionnelles mineures ont été apportées à [l'Article 9](#) (précédemment [Article 8](#)) et dans l'ensemble du document.

Introduction

Il n'existe actuellement pas d'opinion universelle portant sur la meilleure méthode expérimentale assurant un mesurage absolu de la teneur en ferrite d'un métal fondu, que ce soit par voie destructive ou par voie non destructive. Cette situation a conduit au développement et à l'adoption, sur le plan international, du concept de l'Indice de Ferrite ou FN. L'Indice de Ferrite constitue une description de la teneur en ferrite du métal fondu, déterminé en utilisant un mode opératoire normalisé. De tels modes opératoires sont décrits dans le présent document. L'Indice de Ferrite d'un métal fondu a été considéré comme approximativement équivalent à la teneur, en pourcentage, de la ferrite, en particulier pour les faibles valeurs de FN. Des informations plus récentes suggèrent que FN peut exagérer le pourcentage en volume de la ferrite, à FN élevé, dans une proportion variant entre 1,3 et 1,5 en fonction de la composition réelle de l'alliage.

Bien qu'il existe d'autres méthodes de détermination de l'Indice de Ferrite, le mode opératoire décrit dans le présent document est fondé sur l'évaluation de la force requise pour le décollement d'un échantillon de métal fondu d'un aimant ayant une force et des dimensions déterminées. La relation entre force de décollement et FN est obtenue à l'aide d'étalons primaires constitués par un revêtement amagnétique d'épaisseur spécifiée exécuté sur un substrat magnétique. Chaque épaisseur du revêtement amagnétique correspond à une valeur de FN.

La teneur en ferrite déterminée par cette méthode est arbitraire et ne correspond pas nécessairement à la teneur réelle ou absolue. Compte tenu de ce fait, le terme «Indice de Ferrite» (FN) est utilisé au lieu de «pourcentage de ferrite» pour exprimer la teneur en ferrite déterminée par la présente méthode. Afin de faire savoir que ce mode opératoire normalisé a été utilisé, les termes «Indice de Ferrite» et «FN» sont considérés comme des noms propres.

(standards.iteh.ai)

[ISO 8249:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9ea71146-3aac-4852-a56c-40ff18d4e781/iso-8249-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9ea71146-3aac-4852-a56c-40ff18d4e781/iso-8249-2018>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 8249:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9ea71146-3aac-4852-a56c-40ff18d4e781/iso-8249-2018>

Soudage — Détermination de l'indice de ferrite (FN) dans le métal fondu en acier inoxydable austénitique et duplex ferritique-austénitique au chrome-nickel

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie l'appareillage et le mode opératoire pour:

- le mesurage de la teneur en ferrite delta, exprimé en Indice de Ferrite (FN), du métal fondu en acier inoxydable en grande partie austénitique et duplex ferritique-austénitique¹⁾ par la force d'attraction entre un échantillon de métal fondu et un aimant permanent étalon;
- la préparation et le mesurage des dépôts obtenus à partir d'électrodes enrobées. La méthode générale est également recommandée pour le mesurage de l'Indice de Ferrite des soudures de production et du métal fondu obtenu par d'autres procédés, tels que le soudage TIG, MIG et sous flux (dans ces cas-là, il convient de définir la méthode d'exécution du dépôt);
- l'étalonnage d'autres instruments de mesurage de l'Indice de Ferrite.

Le présent document est applicable au mesurage de l'Indice de Ferrite du métal fondu à l'état brut de soudage. Elle est également applicable à du métal fondu ayant été soumis à des traitements thermiques provoquant la transformation complète ou partielle de la ferrite en n'importe quelle phase non magnétique. Les traitements thermiques d'austénisation modifiant la taille et la forme de la ferrite modifient également la réponse magnétique de la ferrite.

La méthode n'est pas destinée au mesurage de la teneur en ferrite d'échantillons en acier austénitique ou duplex ferritique-austénitique moulés, forgés ou corroyés.

2 Références normatives

Le présent document ne contient pas de références normatives.

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document

L'ISO et l'IEC maintiennent des bases de données terminologiques pour utilisation dans le domaine de la normalisation aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à <http://www.electropedia.org/>

4 Principes

Le mesurage de la teneur en ferrite du métal fondu en acier inoxydable en grande partie austénitique par la force d'attraction entre un échantillon de métal fondu et un aimant permanent est fondé sur le fait que la force d'attraction entre un échantillon biphasé (ou polyphasé) contenant une phase ferromagnétique et une (ou plusieurs) phase(s) non ferromagnétique(s) augmente avec la teneur en phase ferromagnétique. Dans le métal fondu en acier inoxydable en grande partie austénitique et duplex

1) Le terme «acier inoxydable austénitique-ferritique (duplex)» est parfois utilisé à la place du terme «acier inoxydable duplex ferritique-austénitique».

ferritique-austénitique, la ferrite est magnétique alors que l'austénite, les carbures, la phase sigma et les inclusions sont non ferromagnétiques.

5 Étalonnage

5.1 Étalons d'épaisseur de revêtement

Les étalons d'épaisseur de revêtement doivent être constitués par un revêtement amagnétique de cuivre appliqué sur un support en acier non allié de 30 mm × 30 mm. L'épaisseur du support en acier non allié doit être supérieure ou égale à l'épaisseur minimale, déterminée expérimentalement, pour laquelle un nouvel accroissement de cette épaisseur n'entraîne pas une augmentation de la force d'attraction entre l'aimant permanent étalon et l'étalon d'épaisseur de revêtement. L'épaisseur du revêtement amagnétique en cuivre doit être connue avec une précision minimale de $\pm 5\%$. La composition chimique de l'acier non allié doit correspondre aux valeurs limites données dans le [Tableau 1](#):

Tableau 1 — Limites de la composition chimique — Aciers non alliés

Élément	Limite % (fraction massique)
C	0,08 à 0,13
Si	0,10 max.
Mn	0,30 à 0,60
P	0,040 max.
S	0,050 max.

Un flash de chrome peut être déposé sur le revêtement en cuivre. La force qu'il faut appliquer à un aimant permanent donné pour le séparer de l'étalon du revêtement en cuivre augmente au fur et à mesure que l'épaisseur de ce revêtement diminue.

Afin d'obtenir une bonne reproductibilité de l'étalonnage, il convient d'utiliser les étalons d'épaisseur de revêtement tels que spécifiés ci-dessus. En particulier, il est possible d'utiliser les étalons d'épaisseur de revêtement fabriqués aux États-Unis par le NIST, anciennement connu sous le nom de National Bureau of Standards ou NBS.

5.2 Aimant

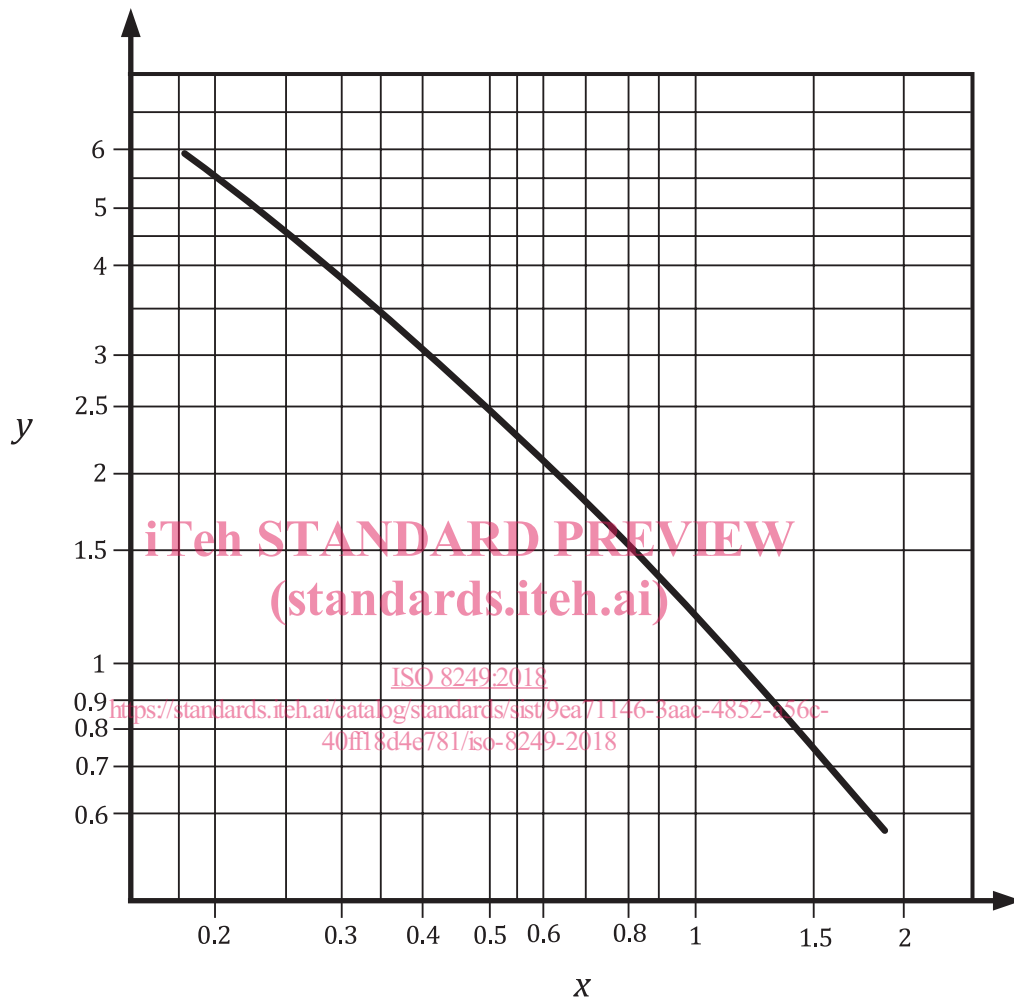
L'aimant étalon doit être permanent, de forme cylindrique de diamètre 2 mm et de longueur d'environ 50 mm. Une de ses extrémités doit être hémisphérique, au rayon de 1 mm, et la surface doit être polie. Par exemple, un tel aimant peut être en acier à 36 % de cobalt, avoir une longueur de 48,45 mm \pm 0,05 mm et être saturé magnétiquement puis dessaturé à 85 %. La force d'attraction magnétique de l'aimant doit être telle que l'effort requis pour décoller l'aimant permanent des différents étalons d'épaisseur de revêtement corresponde, à $\pm 10\%$ près, aux valeurs indiquées par la [Figure 1](#) (poids de l'aimant exclu). Cela équivaut à un rapport entre la force de décollement et l'Indice de Ferrite de 5,0 FN/g \pm 0,5 FN/g.

5.3 Instruments

Le mesurage selon la présente méthode doit être effectué à l'aide d'un instrument permettant d'appliquer à l'aimant une force de décollement croissante, perpendiculaire à la surface de l'éprouvette. La force de décollement doit être augmentée jusqu'à ce que l'aimant permanent se détache de l'éprouvette. L'instrument doit mesurer avec exactitude la force requise pour le décollement. Il peut être gradué soit directement en Indices de Ferrite, soit en grammes-force ou en d'autres unités. S'il est gradué en unités

autres que FN, la relation entre FN et l'unité relevée sur l'instrument de mesure doit être définie à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

NOTE De nombreux appareils utilisés pour mesurer l'épaisseur de revêtement amagnétique sur un substrat ferromagnétique (par exemple le «Magne-Gage», d'origine américaine), ainsi que d'autres instruments également disponibles dans le commerce conçus pour le mesurage direct de la teneur en ferrite (par exemple l'Alpha-Phase-Meter d'origine soviétique) conviennent. De plus, certaines balances de laboratoire, après y avoir apporté sur place les modifications appropriées, peuvent être utilisées.



Légende

- x épaisseur de revêtement amagnétique
 y Force de décollement

Figure 1 — Relation entre la force de décollement de l'aimant définie en 5.2 et les étalons d'épaisseur de revêtement définis en 5.1

5.4 Courbe d'étalonnage

Afin de tracer la courbe d'étalonnage, déterminer la force nécessaire pour décoller l'aimant étalon défini en 5.2 de plusieurs étalons d'épaisseur de revêtement définis en 5.1. Ensuite, convertir l'épaisseur du revêtement amagnétique des étalons d'épaisseur de revêtement en FN conformément au Tableau 2 ou à partir de la Formule (1) [4] suivante:

$$FN = \exp\{1,805\ 9 - 1,118\ 86 [\ln(t)] - 0,177\ 40 [\ln(t)]^2 - 0,035\ 02 [\ln(t)]^3 - 0,003\ 67 [\ln(t)]^4\} \quad (1)$$

où t est l'épaisseur du revêtement amagnétique, en millimètres.

Tracer enfin la courbe d'étalonnage en établissant la relation entre la force de décollement exprimée dans les unités de l'instrument de mesure et le FN correspondant.

Afin d'étalonner l'instrument de mesure pour des teneurs en ferrite comprises entre 0 et approximativement 30 FN, appropriées pour le métal fondu en acier inoxydable nominale austénitique, il est recommandé d'utiliser un jeu d'au moins huit étalons dont l'épaisseur du revêtement en cuivre s'échelonne entre 0,17 mm et 2 mm environ.

NOTE Cette méthode d'étalonnage peut conduire à des résultats erronés si elle est appliquée soit à des instruments mesurant la teneur en ferrite autrement que par la force d'attraction, soit à des instruments mesurant cette teneur par la force d'attraction mais avec des aimants autres que l'aimant étalon défini en 5.2. Les instruments qui ne peuvent pas être étalonnés en utilisant des étalons d'épaisseur de revêtement et le mode opératoire spécifiés de 5.2 à 5.4 peuvent être étalonnés selon la méthode décrite à l'Article 8.

Pour étendre l'étalonnage aux teneurs comprises entre 30 FN et 100 FN, qui convient au métal fondu en acier inoxydable ferritique-austénitique duplex, il est recommandé d'utiliser.

Tableau 2 — Relation entre l'Indice de Ferrite et l'épaisseur du revêtement amagnétique des étalons d'épaisseur de revêtement (spécifiés en 5.1) servant à l'étalonnage des instruments de mesurage de la teneur en ferrite par la force d'attraction (spécifiée en 5.3) à l'aide de l'aimant étalon (spécifié en 5.2)

Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN	Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN	Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN	Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN	Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN
0,020	110,5	0,049	68,3	0,078	51,0	0,134	35,3	0,300	19,1
0,021	108	0,050	67,5	0,079	50,6	0,136	34,9	0,320	18,1
0,022	105,7	0,051	66,7	0,080	50,2	0,138	34,5	0,340	17,2
0,023	103,4	0,052	65,9	0,082	49,3	0,140	34,2	0,360	16,4
0,024	101,3	0,053	65,1	0,084	48,6	0,142	33,8	0,380	15,7
0,025	99,2	0,054	64,4	0,086	47,8	0,144	33,5	0,400	15,0
0,026	97,3	0,055	63,7	0,088	47,1	0,146	33,2	0,420	14,4
0,027	95,4	0,056	63,0	0,090	46,4	0,148	32,8	0,440	13,8
0,028	93,6	0,057	62,3	0,092	45,7	0,150	32,5	0,460	13,2
0,029	91,9	0,058	61,6	0,094	45,1	0,155	31,7	0,480	12,7
0,030	90,3	0,059	60,9	0,096	44,4	0,160	31,0	0,500	12,3
0,031	88,7	0,060	60,3	0,098	43,8	0,165	30,3	0,550	11,2
0,032	87,2	0,061	59,7	0,100	43,2	0,170	29,7	0,600	10,3
0,033	85,8	0,062	59,1	0,102	42,6	0,175	29,0	0,650	9,6
0,034	84,4	0,063	58,5	0,104	42,1	0,180	28,4	0,700	8,9
0,035	83,0	0,064	57,9	0,106	41,5	0,185	27,9	0,750	8,3
0,036	81,7	0,065	57,3	0,108	41,0	0,190	27,3	0,800	7,7
0,037	80,5	0,066	56,8	0,110	40,5	0,195	26,8	0,900	6,8
0,038	79,3	0,067	56,2	0,112	40,0	0,200	26,3	1,000	6,1
0,039	78,1	0,068	55,7	0,114	39,5	0,205	25,8	1,200	4,93
0,040	77,0	0,069	55,2	0,116	39,0	0,210	25,3	1,400	4,09
0,041	75,9	0,070	54,7	0,118	38,6	0,220	24,4	1,600	3,45
0,042	74,8	0,071	54,2	0,120	38,1	0,230	23,6	1,800	2,94
0,043	73,8	0,072	53,7	0,122	37,7	0,240	22,8	2,000	2,54
0,044	72,8	0,073	53,2	0,124	37,2	0,250	22,1	2,200	2,21
0,045	71,8	0,074	52,8	0,126	36,8	0,260	21,4	2,400	1,94

Tableau 2 (suite)

Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN	Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN	Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN	Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN	Épaisseur du revêtement <i>t</i> mm	FN
0,046	70,9	0,075	52,3	0,128	36,4	0,270	20,8	2,600	1,72
0,047	70,0	0,076	51,9	0,130	36,0	0,280	20,2	2,800	1,53
0,048	69,1	0,077	51,4	0,132	35,6	0,290	19,6	3,000	1,36

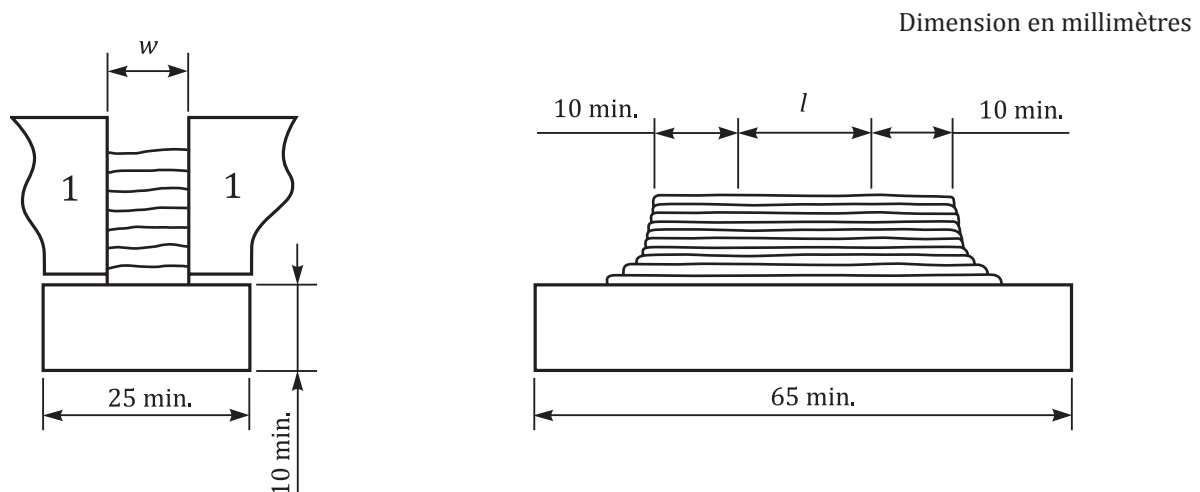
6 Méthode standard de fabrication des dépôts obtenus avec des électrodes enrobées

6.1 Dimensions des éprouvettes de métal fondu

Les éprouvettes de métal fondu standard obtenues avec des électrodes enrobées doivent avoir les dimensions et la forme indiquées à la [Figure 2](#). Pour le mesurage de la teneur en ferrite, à l'aide d'instruments et d'aimants ou selon des procédés autres que ceux spécifiés en [5.2](#) et [5.3](#), une éprouvette de plus grandes dimensions peut être nécessaire. Dans ce cas, il est indispensable de bien préciser sa dimension et le mode d'exécution du dépôt.

6.2 Dépôt de métal fondu

- a) Le dépôt doit être effectué entre deux barres de cuivre, disposées parallèlement, sur la plaque de base. L'écartement entre ces barres doit être déterminé en fonction du diamètre de l'électrode utilisée comme spécifié dans le [Tableau 3](#).
- b) Le dépôt doit être exécuté en plusieurs couches disposées l'une au-dessus de l'autre et avoir une hauteur minimale de 12,5 mm (voir la note de la [Figure 2](#)). Chaque couche doit être obtenue par un seul cordon pour les diamètres d'électrodes ≥ 4 mm. Pour les petits diamètres, chaque couche, à l'exception de la couche supérieure, doit être constituée par deux cordons au moins, le dépôt étant effectué avec une amplitude maximale du balancement égale à 3 fois le diamètre de l'âme de l'électrode. L'arc ne doit pas entrer en contact avec la barre en cuivre.



Légende

1 barres en cuivre de dimensions: 70 × 25 × 25

l longueur de la surface où la teneur en ferrite est mesurée (voir [Tableau 3](#))

w largeur de la surface où la teneur en ferrite est mesurée (voir [Tableau 3](#))

NOTE Il convient que le métal de base soit, de préférence, de l'acier au Cr-Ni austénitique du type X2CrNi18-9 ou X5CrNi18-9 (voir ISO 15510), et dans ce cas la hauteur minimale du dépôt est de 13 mm. l'acier non allié (acier au C-Mn) peut être également utilisé, et dans ce cas la hauteur minimale du dépôt est de 18 mm

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Figure 2 — Éprouvette de métal fondu servant à la détermination de la teneur en ferrite

- c) L'arc doit être maintenu aussi court que possible.
- d) L'intensité du courant de soudage adoptée doit être conforme aux valeurs données dans le [Tableau 3](#). Les amorçages et les arrêts doivent être situés aux extrémités du dépôt. Le sens d'exécution du dépôt doit être inversé après chaque passe.
- e) Le dépôt peut être refroidi entre les passes par immersion dans de l'eau, en attendant au moins 20 s après la fin de chaque passe. La température maximale entre passes doit être de 100 °C. Chaque passe de la dernière couche doit être refroidie à l'air jusqu'à une température inférieure à 425 °C, avant refroidissement à l'eau.
- f) Chaque passe doit être nettoyée avant l'exécution de la suivante.
- g) Dans tous les cas, la couche supérieure, au moins, doit être constituée en un cordon déposé avec une amplitude maximale du balancement égale à trois fois le diamètre de l'âme de l'électrode.