

Norme internationale



8249

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

Soudage — Détermination de l'indice de ferrite des dépôts en acier inoxydable austénitique au chrome-nickel obtenus avec des électrodes enrobées

Welding — Determination of ferrite number in austenitic weld metal deposited by covered Cr-Ni steel electrodes

Première édition — 1985-12-01

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 8249:1985](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e759bbbd-a60b-4348-b2ef-b5677ec6869e/iso-8249-1985)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e759bbbd-a60b-4348-b2ef-b5677ec6869e/iso-8249-1985>

CDU 621.791.053 : 620.1

Réf. n° : ISO 8249-1985 (F)

Descripteurs : soudage, acier austénitique, test, détermination, indice de ferrite.

Prix basé sur 13 pages

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 8249 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, en collaboration avec l'Institut international de la soudure.

ISO 8249:1985

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

Soudage — Détermination de l'indice de ferrite des dépôts en acier inoxydable austénitique au chrome-nickel obtenus avec des électrodes enrobées

0 Introduction

Il n'existe actuellement pas de méthodes expérimentales 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 IF. L'indice de ferrite constitue une désignation de la teneur en ferrite du métal fondu, désignation obtenue en utilisant un mode opératoire normalisé.

Deux de ces modes opératoires, décrits l'un dans la présente Norme internationale et l'autre dans la Spécification AWS A4.2-74, sont pour l'essentiel équivalents. L'indice de ferrite d'un métal déposé est approximativement équivalent à la teneur en ferrite exprimée en pourcentage, en particulier pour les faibles valeurs d'IF.

Bien qu'il existe d'autres méthodes pour la détermination de l'indice de ferrite, le mode opératoire décrit dans la présente Norme internationale 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 cette force de décollement et l'IF est obtenue à l'aide d'étalons primaires constitués par un revêtement non magnétique d'épaisseur déterminée exécutés sur un substrat magnétique. Chaque épaisseur du revêtement non magnétique correspond à une valeur d'IF.

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, on utilisera le terme « indice de ferrite » (IF) et non pas « pourcentage de ferrite » pour exprimer la teneur en ferrite déterminée par la présente méthode.

1 Objet

La présente Norme internationale spécifie l'appareillage et le mode opératoire pour

- le mesurage de la teneur en ferrite delta du métal déposé en acier inoxydable en grande partie austénitique par la force d'attraction entre un échantillon de métal fondu et un aimant permanent;
- 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, la méthode d'exécution du dépôt doit être définie);

- l'étalonnage d'autres instruments de mesurage de l'indice de ferrite.

2 Domaine d'application

La présente Norme internationale 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 phase non magnétique quelconque.

Les traitements thermiques d'austénitisation modifiant la taille et la forme de la ferrite modifient également la réponse magnétique de ce constituant. La méthode n'est pas applicable au mesurage de la teneur en ferrite d'échantillons en aciers moulés, forgés ou corroyés.

3 Références

ISO 525, *Produits abrasifs agglomérés — Généralités — Désignation, marquage, gamme des diamètres extérieurs et tolérances.*

ISO 683/13, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage — Partie 13: Aciers corroyés inoxydables.*¹⁾

ISO 4954, *Aciers pour refoulement et extrusion à froid.*

4 Principe

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, la ferrite est magnétique alors que l'austénite, les carbures, la phase sigma et les inclusions ne le sont pas.

1) Actuellement au stade de projet. (Révision de l'ISO 683/13-1974.)

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 standard et l'étalon d'épaisseur de revêtement. L'épaisseur du revêtement 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 suivantes :

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

On peut déposer un voile de chrome sur le revêtement de 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.

NOTE — Afin d'obtenir une bonne reproductibilité, il convient d'utiliser les étalons tels que spécifiés ci-dessus. (En particulier il est possible d'utiliser les étalons fabriqués aux États-Unis par le National Bureau of Standard.)

5.2 Aimant

L'aimant 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 sa surface doit être polie. Cet aimant peut être, par exemple, en acier à 36 % de cobalt, avoir une longueur de $48,45 \pm 0,05$ mm et être saturé magnétiquement puis désaturé 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 correspondent, avec une précision de $\pm 10\%$, aux valeurs de relations indiquées par la figure 1 (poids de l'aimant exclu).

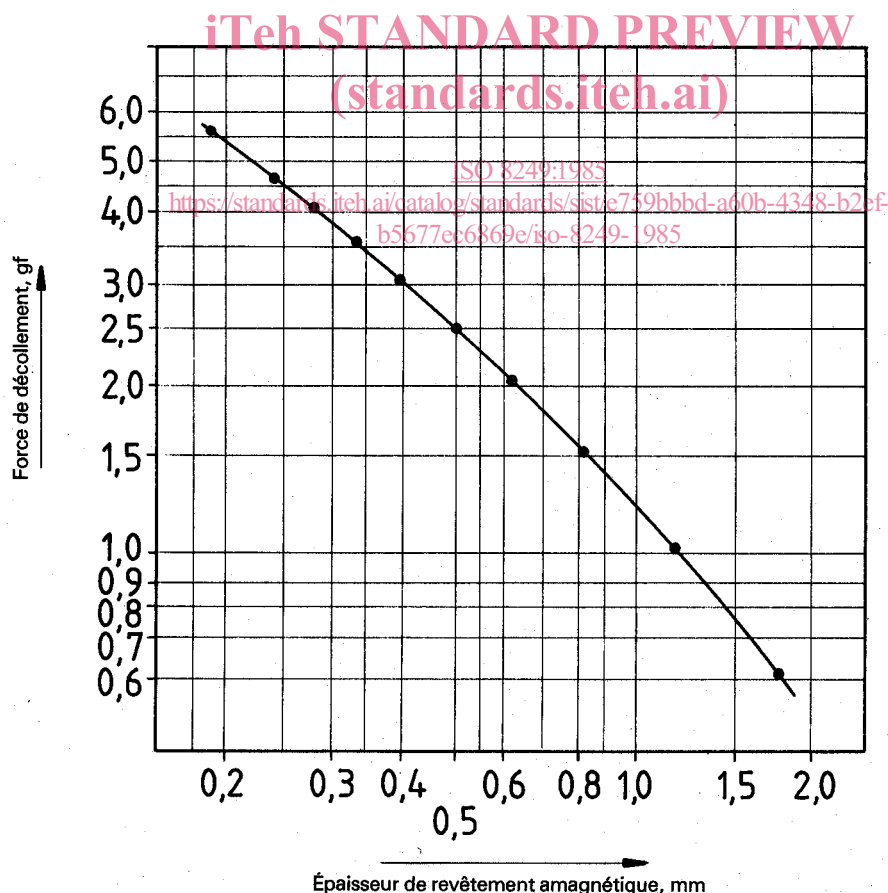


Figure 1 — Relation entre la force de décollement de l'aimant défini en 5.2 et les étalons d'épaisseur de revêtement définis en 5.1

5.3 Instruments de mesure

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'échantillon. La force de décollement doit être augmentée jusqu'à ce que l'aimant permanent se détache de l'échantillon. L'instrument doit mesurer avec précision la force requise par 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 l'indice de ferrite IF, on définira la relation entre IF et l'unité relevée sur l'instrument de mesure à l'aide d'une courbe d'étalonnage.¹⁾

5.4 Courbe d'étalonnage

Afin de pouvoir tracer la courbe d'étalonnage, on déterminera la force requise pour décoller l'aimant défini en 5.2 de plusieurs étalons définis en 5.1. Par ailleurs, l'épaisseur du revêtement non magnétique des échantillons doit être convertie en IF conformément au tableau 1. Tracer enfin la courbe d'étalonnage dans l'unité relevée sur l'instrument de mesure et l'indice de ferrite correspondant.

Afin d'étalonner l'instrument de mesure pour des teneurs en ferrite comprises entre 3 et 27 IF, il est recommandé d'utiliser un jeu d'au moins 8 étalons dont l'épaisseur du revêtement en cuivre s'échelonne entre 0,178 et 1,778 mm environ.²⁾

Tableau 1 — Relation entre l'indice de ferrite et l'épaisseur du revêtement amagnétique des étalons (spécifiés en 5.1) servant à l'étalonnage des instruments de mesure de la teneur en ferrite par la force d'attraction (spécifiés en 5.3) à l'aide de l'aimant décrit en 5.2

Épaisseur mm	IF	Épaisseur mm	IF	Épaisseur mm	IF
0,178	28,3	0,546	11,2	1,067	5,7
0,190	27,1	0,559	11,0	1,092	5,5
0,203	25,9	0,572	10,8	1,118	5,4
0,216	24,8	0,584	10,5	1,143	5,2
0,229	23,8	0,597	10,3	1,168	5,1
0,241	22,9	0,610	10,1	1,194	5,0
0,254	22,0	0,622	9,9	1,219	4,8
0,266	21,1	0,635	9,7	1,245	4,7
0,279	20,3	0,648	9,5	1,270	4,6
0,292	19,6	0,660	9,4	1,295	4,5
0,305	18,9	0,673	9,2	1,321	4,4
0,318	18,3	0,686	9,0	1,346	4,3
0,330	17,7	0,699	8,9	1,372	4,2
0,347	17,1	0,711	8,7	1,397	4,1
0,356	16,6	0,724	8,6	1,422	4,0
0,368	16,1	0,737	8,4	1,448	3,9
0,381	15,6	0,749	8,3	1,473	3,8
0,394	15,2	0,762	8,1	1,499	3,75
0,406	14,8	0,777	7,9	1,524	3,68
0,419	14,4	0,813	7,6	1,549	3,60
0,432	14,0	0,838	7,3	1,575	3,52
0,445	13,6	0,864	7,1	1,600	3,45
0,457	13,3	0,889	6,9	1,626	3,37
0,470	12,9	0,914	6,7	1,651	3,30
0,483	12,6	0,940	6,5	1,676	3,24
0,495	12,3	0,965	6,3	1,702	3,18
0,508	12,0	0,991	6,1	1,727	3,12
0,521	11,7	1,016	6,0	1,753	3,06
0,533	11,5	1,041	5,8	1,778	3,00

1) On peut utiliser de nombreux appareils servant à mesurer l'épaisseur de revêtements non magnétiques 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). On peut adopter en outre certaines balances de laboratoire après y avoir apporté sur place les modifications appropriées.

2) 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 défini en 5.2. Les instruments qui ne peuvent pas être étalonnés en utilisant des étalons et le mode opératoire spécifiés de 5.2 à 5.4 peuvent être étalonnés selon la méthode décrite au chapitre 8.

6 Méthode de préparation des échantillons obtenus avec des électrodes enrobées

6.1 Les échantillons de métal fondu 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 modes opératoires) autres que ceux spécifiés en 5.2 et 5.3, des échantillons de plus grandes dimensions peuvent être nécessaires. Dans ce cas, il est indispensable de bien préciser leurs dimensions et le mode d'exécution du dépôt.

6.2 Les échantillons de métal fondu doivent être exécutés comme suit :

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 conformément aux indications du tableau 2.

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 en bas de la page). Chaque couche doit être obtenue par un seul cordon pour les diamètres d'électrode supérieurs ou égaux à 4 mm.

Pour les électrodes de diamètres inférieurs, chaque couche peut être constituée par deux cordons ou davantage, le dépôt étant effectué avec une amplitude maximale du balancement égale à trois fois le diamètre de l'âme de l'électrode. L'arc ne doit pas entrer en contact avec la barre en cuivre.

c) L'arc doit être maintenu aussi court que possible.

d) L'intensité du courant de soudage adoptée doit être conforme aux valeurs indiquées dans le tableau 2. 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 doit 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.

6.3 Le mesurage doit s'effectuer comme suit :

a) Après soudage, le dépôt doit être dressé à la lime afin d'obtenir un fini de surface suffisant pour effectuer les mesurages requis de la teneur en ferrite. Cette opération doit être effectuée avec une lime bâtarde plate de 35 cm tenue des deux côtés de la soudure, l'axe longitudinal de la lime étant positionné perpendiculairement à l'axe longitudinal de la soudure.

Le limage s'exécute par un mouvement régulier de va-et-vient de la lime le long de la soudure tout en appliquant sur celle-ci une pression ferme. Il ne faut pas croiser les traits.

La surface ainsi limée doit être régulière, toutes les traces des vagues de solidification devant être éliminées. La surface préparée doit être continue sur la longueur à mesurer et sa largeur ne doit pas être inférieure à 5 mm.

b) Au total six mesurages de la teneur en ferrite doivent être effectués sur la surface limée, le long de l'axe longitudinal du cordon de soudure.

c) On calcule la moyenne des six valeurs obtenues pour la convertir en indice de ferrite.

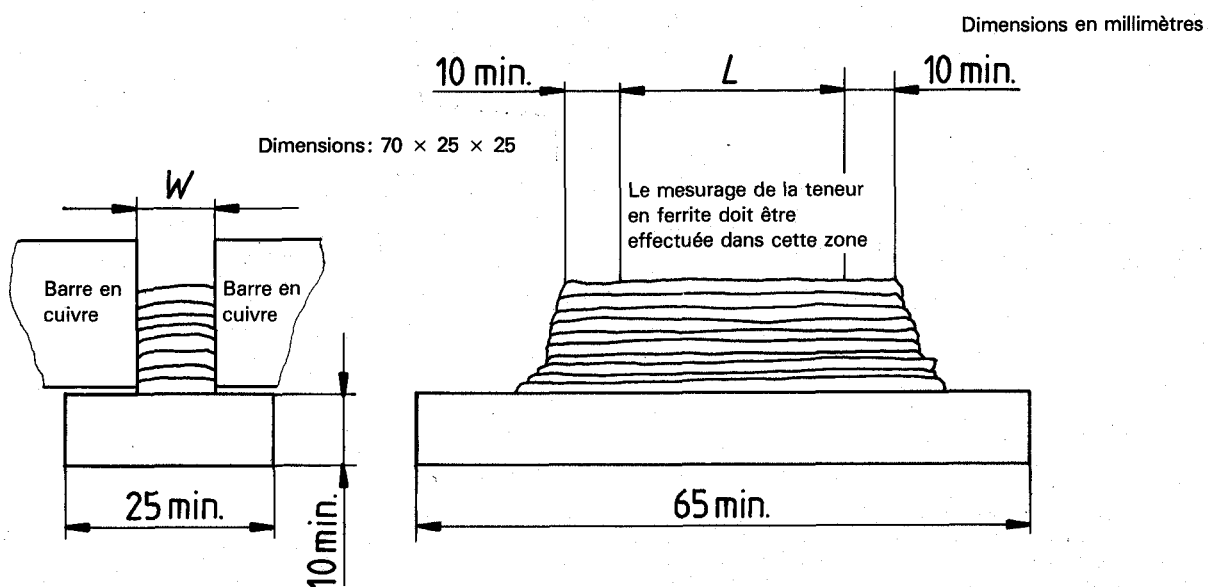


Figure 2 — Échantillon de métal fondu servant à la détermination de la teneur en ferrite

NOTE — Le métal de base doit être de préférence de l'acier au Cr-Ni austénitique de type 10 ou 11 (voir ISO 683/13), et dans ce cas la hauteur minimale du dépôt est de 13 mm. On peut aussi utiliser de l'acier non allié (acier au C-Mn) et dans ce cas la hauteur minimale du dépôt est de 18 mm.

Tableau 2 — Paramètres de soudage et dimensions du dépôt

Diamètre d'électrode mm	Intensité du courant de soudage ¹⁾ A	Dimensions approximatives	
		largeur W mm	longueur L mm
1,6	35 à 45	12,5	30
2,0	45 à 55	12,5	30
2,5	65 à 75	12,5	40
3,2	90 à 100	12,5	40
4	120 à 140	12,5	40
5	165 à 185	15	40
6,3	240 à 260	18	40

1) Ou 90 % de la valeur maximale recommandée par le fabricant d'électrodes.

7 Soudures de production et autres techniques de mesurage

7.1 Soudure de production

Le mode d'exécution du dépôt influe notablement sur le résultat du mesurage de la teneur en ferrite. Par conséquent, les résultats obtenus sur des échantillons de métal déposés selon un mode opératoire autre que celui spécifié en 6.1 et 6.2 ainsi que sur des soudures de fabrication sont susceptibles de ne pas concorder avec les résultats obtenus selon le mode opératoire prescrit.

7.2 Autres techniques de mesurage

Pour d'autres techniques de mesurage, voir 6.1 relatif à d'autres instruments, à des aimants de dimensions différentes et pour d'autres modes opératoires.

7.3 Présence de matériaux ferromagnétiques à proximité

Il conviendra de s'assurer que le mesurage n'est pas perturbé par la présence fortuite de matériaux fortement ferromagnétiques tels que l'acier non allié ou la fonte. Au cours du mesurage, ces matériaux doivent être au moins à une distance de 18 mm des aimants permanents ayant les dimensions et la force de l'aimant.

Des aimants ou des instruments autres que ceux prescrits peuvent exiger des distances plus réduites ou plus grandes pour annuler l'effet de matériaux fortement magnétiques se trouvant à proximité.

8 Autres méthodes

8.1 Méthodes

On peut utiliser des méthodes de détermination de la teneur en ferrite fondées sur un principe autre que celui de la force d'attraction ou des méthodes différant de la méthode spécifiée

dans la présente Norme internationale, par l'emploi d'un aimant autre que celui défini en 5.2, à condition de procéder à un étalonnage à l'aide d'étalons secondaires de métal fondu à teneur en ferrite préalablement déterminée par la présente méthode [ces étalons secondaires dont le mode de fabrication est donné dans l'annexe peuvent éventuellement être obtenus de l'Institut International de la Soudure (IIS) par l'intermédiaire de l'Welding Institut du Royaume-Uni]. Il est également possible de fabriquer des étalons secondaires selon la méthode décrite en 6.1 et 6.2, en leur assignant des valeurs d'indice de ferrite (IF) conformément à la méthode décrite en 7.2 et 7.3.

Les dispositifs volumétriques à saturation magnétique ne peuvent pas être étalonnés directement de cette manière, mais, si une corrélation de 1 : 1 ($\pm 0,005$) avec la méthode spécifiée dans la présente Norme internationale peut être prouvée, les méthodes et dispositifs correspondants peuvent être employés.

8.2 Résultats

Les résultats obtenus par des méthodes autres que la méthode spécifiée dans la présente Norme internationale — même après étalonnage, conformément à 8.1 — peuvent dans certaines circonstances différer de ceux obtenus par la méthode spécifiée dans la présente Norme internationale. Par conséquent, en cas de divergence, c'est la présente méthode qui doit être utilisée.

Pour un échantillon donné, la valeur moyenne de l'indice de ferrite IF déterminée par d'autres méthodes et comparée avec des valeurs obtenues par la présente méthode ne devra pas excéder une bande de tolérance de $\pm 1,0$ IF dans la gamme allant jusqu'à 10 IF, la tolérance peut être proportionnellement plus importante pour les IF supérieurs à 10.

8.3 Maintien de l'étalonnage

Les instruments doivent être vérifiés périodiquement à l'aide d'étalons secondaires ou primaires. Il est donc recommandé aux organismes utilisant un instrument de veiller à ce qu'un jeu d'étalons reste à leur disposition.

C'est à l'utilisateur qu'il incombe de veiller à ce que la fréquence des vérifications assure le maintien de l'étalonnage. Un étalon devra être utilisé pour chacune des plages (voir tableau 3), pour lesquelles l'instrument doit être adopté. La valeur moyenne de cinq mesurages effectués en des positions particulières de l'étalon ne devra pas excéder l'écart minimal spécifié dans le tableau 3.

Tableau 3 — Écart admissible lors des vérifications périodiques

Plage IF	Écart maximal par rapport à la valeur IF assignée à l'étalon
0 < IF < 4	$\pm 0,50$
4 < IF < 10	$\pm 0,50$
10 < IF < 16	$\pm 0,60$
IF > 16	$\pm 0,80$

Annexe

Modes opératoires adoptés pour la fabrication des étalons secondaires servant à la détermination de la teneur en ferrite delta du métal fondu en acier inoxydable austénitique

Les étalons d'épaisseur de revêtement ne sont pas utilisables comme étalons primaires avec tous les types d'instrument de mesurage de la teneur en ferrite.

Il est donc nécessaire de disposer d'étalons secondaires constitués par du métal déposé, servant en même temps d'étalons et de référence pour des instruments utilisés en laboratoire, en atelier et sur chantier.

L'IIS a ainsi demandé à certains organismes et en particulier au Welding Institute de fabriquer plusieurs jeux d'étalons secondaires, constitués chacun par huit dépôts de métal fondu en acier inoxydable austénitique ayant des indices de ferrite compris approximativement entre 3 et 27 IF.

L'exécution du dépôt ainsi que l'usinage des étalons réalisés et le mesurage des IF ayant été effectués, les modes opératoires adoptés sont décrits ci-après.

A.1 Matériaux

A.1.1 Métal de base

Le métal de base sur lequel a été effectué le dépôt est un acier non allié type B1 (voir ISO 4954) sous forme de barres de 100 mm × 100 mm × 800 mm. Les surfaces à plaquer ont été nettoyées par meulage à la main.

A.1.2 Produits consommables de soudage

Le dépôt de métal a été effectué par soudage sous flux avec électrode en bande. Divers couples fil/flux ont été adoptés, ce

qui a permis d'obtenir huit niveaux d'IF pour le métal fondu non dilué, dans la plage comprise entre 3 et 27 IF. Les électrodes en bande, d'une section de 60 mm × 0,5 mm, étaient en acier inoxydable au Cr-Ni austénitique, à très faible teneur en carbone. Les flux étaient du type aggloméré et contenaient diverses additions de métal en poudre. Avant leur utilisation, les flux ont été étuvés à 300 °C pendant 1 h.

A.2 Mode opératoire de soudage

Dans chaque cas, le métal fondu a été obtenu en déposant sept couches de métal d'apport sur le métal de base, comme le montre la figure 3. Le sens du soudage était inversé après chaque passe. La source de courant utilisée étant à caractéristique tombante. Les paramètres de soudage adoptés sont donnés dans le tableau 4.

Tableau 4 — Paramètres de soudage

Intensité de courant	650 A
Tensions	29 V
Vitesse d'avance	100 mm/min
Longueur de bande électrode libre	25 mm
Polarité	Courant continu/électrode positive
Préchauffage	Néant
Température entre passes	200 °C max.
Refroidissement après dépôt de la dernière couche	Air calme

Dimensions en millimètres

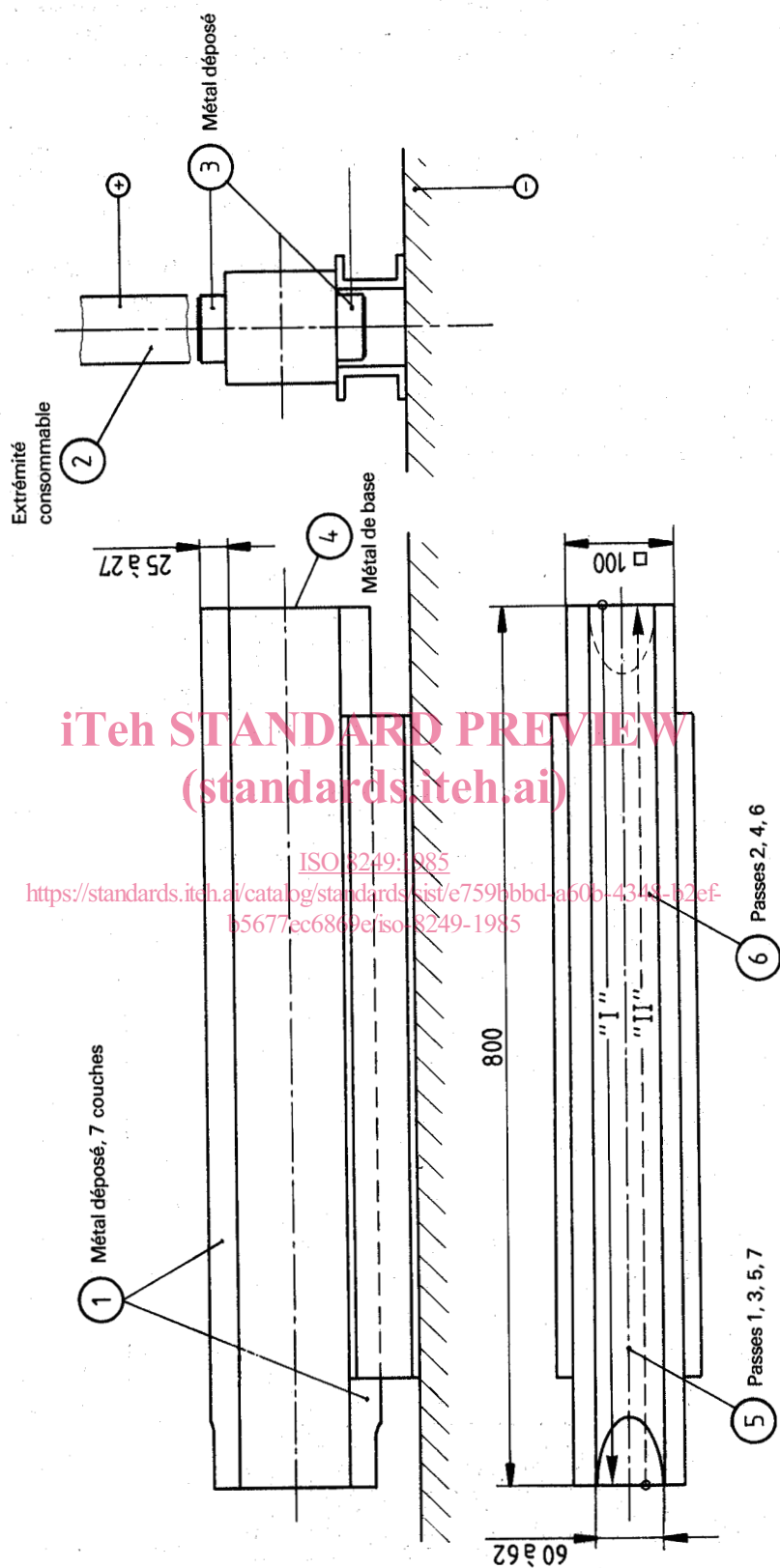


Figure 3 — Méthode de dépôt du métal fondu