
**Produits consommables de soudage —
Valeurs prévues et valeurs mesurées de
l'Indice de Ferrite (FN) dans les
spécifications — Position des experts de
la Commission IX de l'IIW**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Welding consumables — Predicted and measured FN in
specifications — A position statement of the experts of IIW
Commission IX*
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22824:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-
e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003)



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22824:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003>

© ISO 2003

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	iv
1 Domaine d'application	1
2 Contexte	1
3 Reproductibilité du mesurage de l'Indice de Ferrite (FN)	1
4 Reproductibilité du calcul de l'Indice de Ferrite (FN)	2
5 Comparaison entre les Indices de Ferrite (FN) calculés et les Indices de Ferrite (FN) mesurés	2
6 Emplacement de mesurage de la ferrite	4
7 Influence du traitement thermique après soudage (TTAS)	4
8 Variables introduites en cours de soudage	4
9 Conclusions	5
Bibliographie	6

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22824:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003>

Avant-propos

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

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Exceptionnellement, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique par exemple), il peut décider, à la majorité simple de ses membres, de publier un Rapport technique. Les Rapports techniques sont de nature purement informative et ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TR 22824 a été élaboré en collaboration avec l'Institut international de la soudure, qui a été agréé comme organisme de normalisation international dans le domaine du soudage par le Conseil de l'ISO.

Introduction

Le présent Rapport technique a été préparé par la Commission IX de l'International Institute of Welding, par l'intermédiaire de la Sous-Commission IX-H, Soudage des aciers inoxydables et des bases nickel, au nom de l'ISO/TC 44/SC 3. Il représente l'opinion circonstanciée des experts quant au mesurage et au calcul de la ferrite dans le métal fondu d'aciers nominalement austénitiques et duplex ferritiques-austénitiques.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22824:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22824:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f27a6a8-25f5-44c7-b1f7-e02776fd0d42/iso-tr-22824-2003>

Produits consommables de soudage — Valeurs prévues et valeurs mesurées de l'Indice de Ferrite (FN) dans les spécifications — Position des experts de la Commission IX de l'IIW

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique fournit les lignes directrices, fondées sur l'expérience d'experts, pour la définition d'exigences adéquates dans les spécifications et autres normes et documents contractuels en matière de teneur en ferrite dans le métal fondu d'aciers nominale ment austénitiques et duplex ferritiques-austénitiques.

2 Contexte

L'avantage que représente une faible teneur en ferrite dans le métal fondu en acier nominale ment inoxydable austénitique pour réduire la tendance à la fissuration à chaud est tout à fait reconnu. Une limite supérieure de la teneur en ferrite peut être nécessaire pour éviter la fragilisation lors de l'exposition à des hautes températures. Les soudures d'aciers duplex exigent généralement à la fois des valeurs minimale et maximale de teneur en ferrite pour obtenir des propriétés optimales. Lefebvre^[1] a fourni des détails sur ces valeurs et a également indiqué d'autres aspects à considérer pour spécifier les exigences sur la teneur en ferrite dans les soudures sur acier inoxydable ainsi que les plages de teneur en ferrite relatives à diverses applications. Un système de mesurage, défini dans l'ISO 8249^[2] et l'AWS A4.2^[3], a été admis de manière internationale pour la détermination de l'Indice de Ferrite (FN) dans le métal fondu. Un certain nombre de diagrammes de constitution relatifs au métal fondu d'aciers inoxydables ont été mis au point au fil des ans et ils offrent la possibilité de calculer la teneur en ferrite d'une soudure en fonction de sa composition chimique. Les diagrammes de Schaeffler, DeLong, WRC-1988, et WRC-1992 sont probablement les plus connus. La plupart des diagrammes de constitution sont applicables au métal déposé en soudage à l'arc avec des conditions de refroidissement normales.

Les problèmes prennent naissance lorsqu'un client spécifie la teneur en ferrite avec des exigences à la fois sur les valeurs calculées et les valeurs mesurées. Tout d'abord, il y a des contradictions entre les teneurs en ferrite mesurée et calculée. De plus, pour un métal d'apport donné, la teneur en ferrite n'est pas constante et elle peut varier d'un point à un autre de la soudure ainsi qu'en fonction des variations du mode opératoire de soudage.

3 Reproductibilité du mesurage de l'Indice de Ferrite (FN)

La Commission II de l'IIW a mené plusieurs études interlaboratoires sur le mesurage de la ferrite au cours desquelles les participants ont utilisé des instruments étalonnés selon l'ISO 8249. Ces essais ont permis d'établir que la reproductibilité interlaboratoires du mesurage (avec un intervalle de confiance de 95 %) était de ± 10 % de la valeur moyenne interlaboratoires, voire plus faible dans le cas où l'étalonnage est pratiqué à l'aide d'étalons primaires et d'un matériel «Magne-Gage»^[4], et de ± 14 % ou moins lorsque l'étalonnage est pratiqué à l'aide d'étalons secondaires et d'un matériel de mesurage d'atelier ou chantier^[5]. Cela signifie que, si la valeur moyenne interlaboratoires de la teneur en ferrite d'une soudure donnée est égale à 4,0 FN, 95 % des laboratoires procédant aux mesurages obtiendront des résultats dans l'intervalle 3,6 FN à 4,4 FN dans le cas d'un étalonnage primaire et dans l'intervalle 3,4 FN à 4,6 FN dans le cas d'un étalonnage secondaire. De la même manière, si la valeur moyenne interlaboratoires pour une soudure donnée est égale à 10,0 FN, 95 %

des laboratoires procédant aux mesurages obtiendront des résultats dans l'intervalle 9,0 FN à 11,0 FN dans le cas d'un étalonnage primaire et dans l'intervalle 8,6 FN à 11,4 FN dans le cas d'un étalonnage secondaire. Également, dans le cas où le métal fondu serait constitué d'acier inoxydable duplex et présenterait une moyenne interlaboratoires de 50 FN, 95 % des laboratoires procédant aux mesurages obtiendront des résultats dans l'intervalle 45 FN à 55 FN dans le cas d'un étalonnage primaire et dans l'intervalle 43 FN à 57 FN dans le cas d'un étalonnage secondaire. Il convient de noter que la plupart des laboratoires et des ateliers préfèrent utiliser des matériels étalonnés avec des étalons secondaires parce que le mesurage est plus rapide et plus simple.

4 Reproductibilité du calcul de l'Indice de Ferrite (FN)

La reproductibilité du calcul de l'Indice de Ferrite (FN) dépend essentiellement de la reproductibilité de l'analyse chimique. Considérons seulement trois éléments, le chrome, le nickel et l'azote. La méthode d'analyse du nickel et du chrome la plus couramment utilisée dans le cas des aciers inoxydables est la spectrophotométrie d'émission optique (EOS), comme indiqué dans l'ASTM E 1086-94^[6]. La méthode la plus répandue d'analyse de l'azote est la conductivité thermique de fusion sous gaz inerte indiquée dans l'ASTM E 1019-00^[7]. Ces normes intègrent le mesurage de la reproductibilité comme étant l'intervalle de confiance à 95 % pour les écarts entre les mesurages effectués par deux laboratoires. Les écarts sont naturellement fonction du niveau de valeur. Au niveau correspondant à un acier inoxydable de type 316 (19 12 3), les écarts étaient de 0,46 % Cr (moyenne égale à 17,48 % Cr), 0,73 % Ni (moyenne égale à 12,54 % Ni) et de 0,007 % N (moyenne égale à 0,096 % N). Il est simple de calculer l'effet de ces écarts sur les Indices de Ferrite (FN) obtenus à l'aide du diagramme WRC-1992. Ce calcul peut être effectué en prenant la valeur extrême pour chacun des éléments ou en prenant les valeurs extrêmes de tous les éléments. Cette méthode est appliquée dans le Tableau 1, à titre d'exemple. La même analyse est ensuite appliquée au métal fondu de type 2209 (22 9 3 L), correspondant à un Indice de Ferrite de 50 FN mesuré par le Laboratoire A et il figure également dans le Tableau 1.

(standards.iteh.ai)

Tableau 1 — Incertitudes sur les Indices de Ferrite (FN), pour un même métal fondu, calculés suivant le diagramme WRC-1992 à partir des compositions chimiques du métal fondu dans deux laboratoires différents

Type de métal fondu	Laboratoire A Indice de Ferrite (FN) suivant le diagramme WRC-1992	Laboratoire B Indice de Ferrite (FN) suivant le diagramme WRC-1992 avec la même analyse chimique que le laboratoire A, à l'exception des écarts indiqués ci-dessous							
		+0,46 % Cr		-0,46 % Cr		+0,73 % Ni		-0,73 % Ni	
		+0,46 % Cr	-0,46 % Cr	+0,73 % Ni	-0,73 % Ni	+0,007 % N	-0,007 % N	+0,007 % N	-0,007 % N
316L (19 12 3)	4,1 FN	5,8 FN	3,0 FN	2,6 FN	6,4 FN	3,8 FN	4,5 FN	8,6 FN	1,5 FN
2209 (22 9 3 L)	50,0 FN	56,5 FN	44,5 FN	39,8 FN	62,5 FN	48,0 FN	52,6 FN	70,7 FN	32,1 FN

Il apparaît clairement que de faibles écarts d'analyse chimique peuvent entraîner de grandes variations de la valeur calculée de la teneur en ferrite, ces variations étant beaucoup plus importantes que celles pouvant être attendues des mesurages à l'aide de matériels étalonnés.

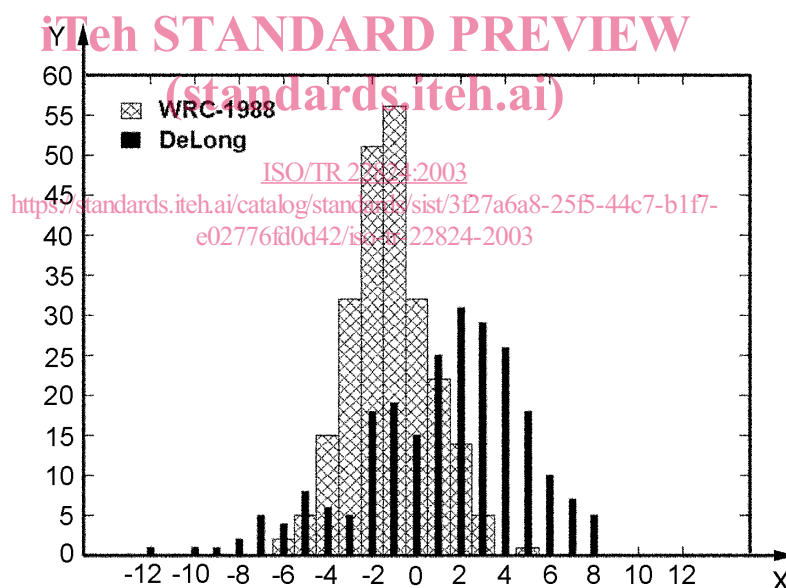
5 Comparaison entre les Indices de Ferrite (FN) calculés et les Indices de Ferrite (FN) mesurés

Dans le cas où, dans les exemples ci dessus, le laboratoire B n'est pas totalement en accord avec le laboratoire A en ce qui concerne la composition chimique d'un métal fondu donné, il est alors vraisemblable qu'aucun des deux laboratoires ne sera en accord avec le(s) laboratoire(s) ayant préparé un diagramme de constitution donné. Le diagramme de Schaeffler et le diagramme de DeLong ont vraisemblablement été établis à partir de l'analyse chimique indiquée par un seul et unique laboratoire. Le diagramme WRC-1988 (identique au diagramme WRC-1992 sinon que ce dernier intègre un facteur pour le cuivre dans le calcul du

nickel équivalent) a été préparé à partir de 900 analyses chimiques et des valeurs correspondantes mesurées d'Indices de Ferrite (FN) obtenus dans plusieurs laboratoires. Cette méthode devrait avoir éliminé les dérives relatives à une analyse pratiquée dans un seul laboratoire. Après établissement du diagramme, 200 données supplémentaires dans le domaine de 0 FN à 18 FN (valeurs mesurées) ont été obtenues dans un laboratoire unique. Ces nouvelles données ont été utilisées pour comparer la précision de la prévision du diagramme WRC-1988 avec celle du diagramme DeLong^[8].

La Figure 1 illustre l'histogramme des écarts. Idéalement, il convient que l'histogramme soit centré vers zéro et ait une étendue aussi faible que possible. Il est possible de constater, d'après la figure, que le diagramme de DeLong présente une dérive d'environ + 2 FN (c'est-à-dire qu'il tend à surestimer l'Indice de Ferrite (FN) mesuré) pour les données de ce laboratoire particulier. D'un autre côté, le diagramme WRC-1988 présente une dérive d'environ -1 FN pour les données de ce laboratoire particulier. Toutefois, les dérives pourraient être dues à une dérive provenant de l'analyse chimique effectuée par le laboratoire ayant fourni les données ou bien les dérives pourraient provenir d'erreurs réelles présentes dans les diagrammes respectifs. Ce point ne peut être déterminé dans le cas où les données expérimentales proviennent d'un seul laboratoire. Des données provenant d'un certain nombre de laboratoires seraient nécessaires afin d'éliminer les dérives dans l'analyse chimique.

Toutefois, la Figure 1 indique également que l'étendue des écarts provenant du diagramme de DeLong est d'environ ± 8 FN (dans les cas des valeurs mesurées dans l'intervalle zéro à 18 FN). Mais l'étendue des écarts du diagramme WRC-1988 est d'environ ± 4 FN pour le même intervalle de valeurs FN mesurées. Cette étendue des écarts fournit une base claire pour affirmer que le diagramme WRC-1988 est plus précis que le diagramme de DeLong. Sur la base de cette constatation, le code ASME a remplacé le diagramme de DeLong par le diagramme WRC-1992 dans sa recommandation pour la prévision optimale de la ferrite.



Légende

- X Écart = Indice de Ferrite (FN) calculé – Indice de Ferrite (FN) mesuré
- Y Nombre d'occurrences pour un écart inférieur ou égal à 0,5 FN

Figure 1 — Histogramme des écarts entre les Indices de Ferrite (FN) calculés et les Indices de Ferrite (FN) mesurés