



Publié 1983-12-01

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

Soudage — Détermination de l'hydrogène dans le métal fondu en provenance des électrodes enrobées pour le soudage des aciers non alliés ou faiblement alliés ADDITIF 1

L'Additif 1 à la Norme internationale ISO 3690-1977 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, et a été soumis aux comités membres en mars 1981.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvé :

Afrique du Sud, Rép. d'	Espagne	Portugal
Allemagne, R.F.	Finlande	Roumanie
Australie	France	Suède
Autriche	Irlande	Suisse
Brésil	Israël	Tchécoslovaquie
Canada	Italie	URSS
Corée, Rép. dém. p. de	Japon	USA
Corée, Rép. de	Nouvelle-Zélande	
Égypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas	

Les comités membres des pays suivants l'ont désapprouvé pour des raisons techniques :

Belgique
Norvège
Royaume-Uni

CDU 621.791.042

Réf. n° ISO 3690-1977/Add. 1-1983 (F)

Descripteurs : soudage manuel à l'arc, électrode enrobée, métal fondu, essai chimique, mesurage, impureté, hydrogène.

© Organisation internationale de normalisation, 1983 ●

Imprimé en Suisse

Prix basé sur 5 pages

Annexe

Niveaux d'hydrogène dans le métal fondu et définition des électrodes à hydrogène contrôlé

(Cette annexe ne fait pas partie intégrante de la Norme.)

A.0 Introduction

Malgré la publication de l'ISO 3690, d'autres méthodes d'essai resteront cependant encore en usage pour un certain nombre d'années. C'est pourquoi il a paru utile de publier sous forme d'annexe à la présente Norme internationale un tableau de comparaison à l'aide duquel il est possible de ramener les résultats obtenus par ces différentes méthodes à la teneur en hydrogène déterminée selon la méthode ISO.

Des différences sensibles apparaissent entre les valeurs notées de la teneur en hydrogène, par suite de différences dans les méthodes d'exécution des divers essais. Ces différences ne seront pas discutées ici, du fait qu'elles s'expliquent par l'examen approfondi de chaque mode d'essai. Il importe cependant de pouvoir établir comment les résultats obtenus par ces autres méthodes peuvent être rattachés à ceux que donne la méthode ISO, puisque cette dernière est appelée à constituer l'échelle internationalement acceptée des valeurs des teneurs en hydrogène du métal fondu.

Le but du présent document est de fournir le tableau de comparaison nécessaire. La seconde tâche a été de fixer un niveau de teneur en hydrogène du métal fondu au-dessous duquel on peut donner à une électrode enrobée la désignation «hydrogène contrôlé». Pour pouvoir conférer cette désignation à une électrode, il faut qu'elle conduise à une teneur en hydrogène du métal fondu inférieure à cette valeur fixée, le contrôle étant effectué selon la méthode ISO.

A.1 Considérations expérimentales

Avant de présenter le tableau de comparaison et de proposer le niveau d'acceptation, il convient de considérer plusieurs facteurs importants relatifs au champ d'application du mode opératoire expérimental et à l'interprétation des résultats.

On doit souligner tout d'abord que le mode d'essai a été mis au point essentiellement en vue de l'estimation de la teneur en hydrogène du métal déposé par les électrodes enrobées déposant un acier non allié ou à faible teneur en éléments d'alliage.

L'objectif était de concevoir un mode opératoire pouvant indiquer, de manière simple et raisonnablement rapide, la teneur en hydrogène du métal fondu immédiatement après soudage. Pour cette raison, un cordon unique, trempé rapidement, est déposé et analysé. Le mode d'exécution normalisé de cette opération assure une comparaison correcte des différentes électrodes, sur la même base et de telle façon que leur qualité, du point de vue de la quantité d'hydrogène introduite dans le métal fondu, puisse être caractérisée.

On a constaté que, en principe, le même mode opératoire peut également être adopté pour déterminer les teneurs en hydrogène du métal fondu qui se présentent pour d'autres procédés de soudage sous protection gazeuse avec fils électrodes pleins ou fourrés, de même que pour le procédé de soudage sous flux en poudre. On dispose ainsi d'un mode opératoire unifié pour déterminer et comparer la qualité de la plupart des produits d'apport de soudage du point de vue de la teneur en hydrogène du métal fondu tel qu'il a été obtenu. Par ailleurs, ce mode opératoire est suffisamment simple, sûr et rapide pour être suivi dans la plupart des laboratoires.

En unifiant le mode opératoire pour l'appliquer aux électrodes enrobées, il est prescrit qu'on doit utiliser celles qui ont une âme de 4 mm de diamètre et pour un courant inférieur de 15 A à la valeur maximale recommandée par le fabricant. Bien entendu, si l'on utilise d'autres diamètres d'électrode et d'autres courants de soudage, on obtiendra des teneurs en hydrogène légèrement différentes. Du fait que cet essai sert essentiellement à déterminer les caractéristiques de l'enrobage des électrodes, cette situation ne constitue pas un inconvénient, puisqu'on peut toujours utiliser des électrodes à âme de 4 mm de diamètre. Si l'essai est appliqué à d'autres procédés utilisant une gamme beaucoup plus étendue de diamètres de fil et de courants de soudage, le problème de l'unification devient plus difficile et des travaux de recherche plus approfondis seront nécessaires. Pour ces procédés, il semble très probable que l'on pourrait arriver à un accord touchant les conditions de soudage unifiées pour l'exécution de l'essai si on dispose de données suffisamment nombreuses. Il a déjà été établi que de plus gros diamètres d'électrodes enrobées, des fils pleins ou fourrés, ainsi que des courants de soudage plus élevés peuvent être utilisés en augmentant légèrement les dimensions des éprouvettes pour qu'elles conviennent à des cordons de soudure plus importants. Cette augmentation des dimensions des éprouvettes — dans la mesure où elle n'exigerait pas la construction d'un nouveau récipient collecteur d'hydrogène diffusible — n'influera probablement pas sur la teneur moyenne en hydrogène mesurée si l'on maintient constantes les conditions de refroidissement.

Jusqu'à présent, la discussion a porté sur la qualité et la nature des électrodes. Puisque le mode opératoire ISO assure la meilleure estimation de la teneur initiale en hydrogène du métal fondu, il constitue un point de départ d'importance capitale lorsqu'on considère la probabilité de fissuration provoquée par l'hydrogène, que celle-ci ait lieu dans le métal fondu ou dans la zone affectée thermique-

ment. Les travaux relatifs au coefficient de diffusivité de l'hydrogène dans divers aciers et métaux fondus indiquent qu'il sera bientôt possible de prédire les niveaux d'hydrogène parvenant à la zone affectée thermiquement en fonction des conditions de soudage et de la teneur initiale en hydrogène déterminée par le mode d'essai ISO. Il devient donc évident que le mode opératoire unifié revêt une importance qui dépasse largement une simple classification des électrodes enrobées. L'extension à d'autres procédés de soudage aura pour effet que les recherches les concernant pourront être conduites de la même façon.

Le mode opératoire ISO prévoit que la teneur en hydrogène doit être exprimée en fonction du nombre de millilitres d'hydrogène (mlH_2) par 100 g de métal déposé. Aux fins de classification, n'importe quelle base conventionnelle de référence est acceptable, et celle du métal déposé présente l'avantage d'être maintenant bien comprise et d'utilisation plus aisée dans la pratique (l'éprouvette est pesée avant soudage et de nouveau après l'analyse, la différence correspondant au poids du métal déposé). On se réfère aussi à une autre base de présentation des résultats, laquelle exprime la teneur en hydrogène en millilitres d'hydrogène par 100 g de métal fondu. Cette méthode exige que l'on mesure au droit des sections terminales de l'éprouvette le taux de métal déposé par rapport au métal fondu.

Elle exige plus de temps, sans présenter d'avantages du point de vue de la classification des produits d'apport, bien qu'évidemment on enregistre ainsi une teneur différente en hydrogène (inférieure). Il est cependant extrêmement important de reconnaître que, du point de vue des fissures provoquées par l'hydrogène et de la sélection de procédés de soudage garantis à cet égard, c'est le métal fondu et non le métal déposé qui intervient en tant que source d'hydrogène.

Les teneurs en hydrogène déterminées sur la base du métal fondu sont donc d'une utilisation plus logique, du fait qu'elles tiennent compte de niveaux différents d'apport de chaleur, de pénétration et de dilution en soudage réel.

La méthode d'essai sur implant constitue une technique efficace en vue d'évaluer, non seulement les caractéristiques de l'acier à souder, mais également l'effet, sur la probabilité de fissuration due à l'hydrogène, des modifications intervenant dans le type du métal fondu, la teneur en hydrogène et l'apport calorifique. Il serait nettement souhaitable de normaliser le mode d'exécution de l'essai de façon à pouvoir comparer les résultats provenant de divers pays. On doit en outre être conscient que l'essai peut être adapté selon des variantes à des fins différentes.

Il peut s'avérer souhaitable, par exemple, d'adopter la base «métal fondu» pour l'expression de la teneur en hydrogène lors de la discussion de l'essai sur implant et lorsqu'on utilise des données relatives à l'hydrogène pour sélectionner un procédé de soudage, en vue d'éviter la fissuration due à cet élément. Le mode opératoire ISO se réfère principalement à la mesure de l'hydrogène diffusible, ce qui est parfaitement valable pour les besoins de classification. Mais il est indiqué cependant que l'éprouvette intervenant dans ce mode opératoire peut aussi être utilisée ultérieurement afin de déterminer la fraction d'hydrogène résiduel. La somme de ces deux quantités peut être appelée «hydrogène total». Dans de nombreux cas, la quantité d'hydrogène résiduel ne correspond qu'à une faible partie du total, mais il peut s'avérer nécessaire de considérer les valeurs totales lorsqu'on utilise les valeurs relatives à l'hydrogène dans le métal fondu aux fins mentionnées ci-dessus.

Pour la définition des électrodes à hydrogène contrôlé et pour les résultats indiqués par le tableau comparatif ci-après, c'est l'expression rapportée au métal déposé qui a été utilisée et qu'il est recommandé d'adopter.

On doit noter enfin que la concentration en hydrogène est exprimée parfois en parties par million (ppm), dont la conversion s'effectue sur la base

$$1 \text{ ppm} = 0,9 \text{ ml}/100 \text{ g.}$$

Quelle que soit l'unité adoptée, on devra toujours préciser si on se réfère au métal déposé ou au métal fondu, afin d'éviter toute confusion.

A.2 Niveaux de teneur en hydrogène du métal fondu

La figure 3 présente une comparaison entre les teneurs en hydrogène du métal fondu déterminées selon la méthode ISO et celles des mêmes électrodes déterminées selon d'autres modes opératoires.

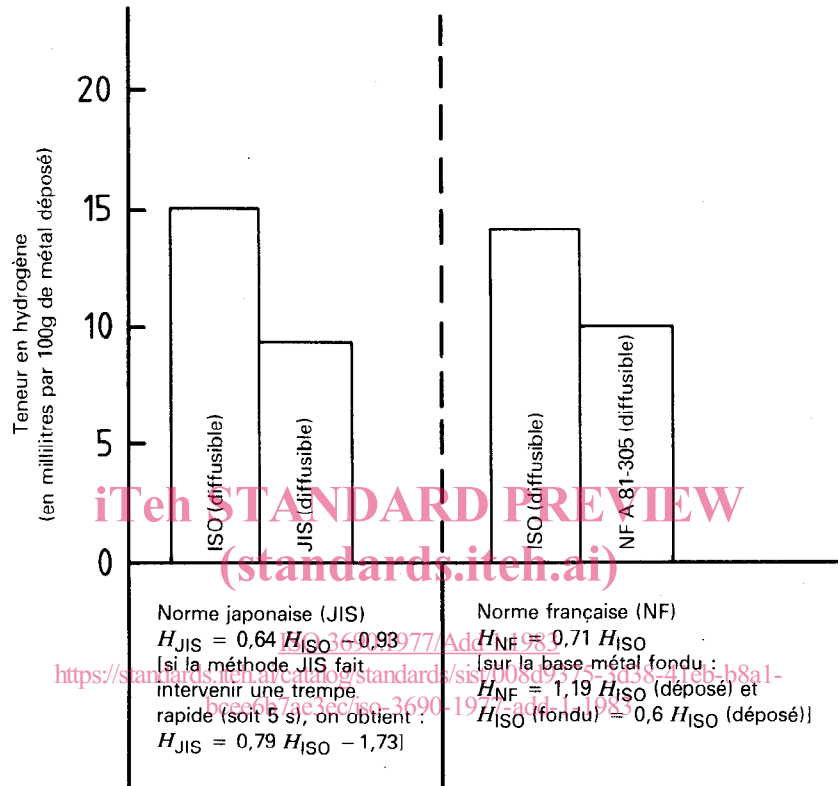
On peut constater que la méthode ISO donne des résultats similaires à ceux de la méthode de la norme britannique, qu'on mesure l'hydrogène diffusible ou la quantité totale d'hydrogène. La norme japonaise (JIS) a été étudiée pour trois niveaux d'hydrogène et la relation notée a été la suivante :

$$H_{\text{JIS}} = 0,64 H_{\text{ISO}} - 0,93$$

Cette relation, dans le cas d'une teneur ISO de 15 ml/100 g, est illustrée par la figure 3. Une relation similaire peut être appliquée aux méthodes ASTM, Lloyds Unified Rules, du fait que toutes utilisent (comme la méthode japonaise) une éprouvette plus grande et collectent l'hydrogène sur de la glycérine ou de la paraffine pendant 48 h à 45 °C. La norme française comporte une méthode d'échantillonnage entièrement différente, en ce sens que le métal fondu est déposé sur l'âme d'électrodes enrobées placées dans un moule en cuivre. Une comparaison des résultats est donnée à la figure 3 ; on devra noter que la norme française donne une teneur en hydrogène du métal fondu et que les résultats sont assez proches de ceux de la méthode ISO, dans la mesure où ces derniers sont exprimés également en fonction du métal fondu.

A.3 Niveaux d'acceptation des électrodes à «hydrogène contrôlé»

Comme il est dit ci-dessus, une tâche importante a été de décider de la teneur en hydrogène (soit le nombre de millilitres d'hydrogène diffusible par 100 g de métal déposé) maximale que peut présenter une électrode essayée selon la méthode ISO pour porter la désignation «hydrogène contrôlé». La possibilité de caractériser ainsi une électrode est mentionnée dans ISO 2560, qui propose à titre provisoire une teneur de 15 ml/100 g.



NOTE — La méthode décrite dans la norme britannique BS 639 est identique à celle spécifiée dans l'ISO 3690.

Figure 3 — Comparaison du mode opératoire ISO avec ceux de diverses normes nationales pour le mesurage de la teneur en hydrogène

La figure 4 a été établie en vue de résumer la situation actuelle de la normalisation. La partie supérieure du schéma représente la gamme des teneurs en hydrogène observées en appliquant la méthode ISO, non seulement aux électrodes enrobées mais également, avec de légères modifications, à d'autres procédés de soudage. La configuration générale de ces courbes de teneur en hydrogène relatives à divers procédés de soudage variera évidemment si on améliore la qualité des produits d'apport et également dans la mesure où on normalisera des méthodes d'essai légèrement différentes pour chaque procédé de soudage.

Ce schéma assure cependant la meilleure comparaison entre les procédés dont on dispose actuellement. Il faut noter que l'échelle est basée sur la teneur en hydrogène en millilitres d'hydrogène par 100 g de métal déposé. Une échelle de conversion donnant les valeurs approximatives équivalentes exprimées en millilitres d'hydrogène par 100 g de métal fondu figure dans le bas du schéma. Cette échelle de conversion n'est valable que pour les résultats obtenus lors des essais d'électrodes enrobées.

La bande (a) montre la teneur de classification suggérée antérieurement dans l'ISO 2560, ainsi que des exemples du système de codification des électrodes. La portion tramée de cette désignation codée constitue la partie obligatoire. La deuxième bande (b) est basée sur le présent document concernant la teneur des électrodes à «hydrogène contrôlé» et cette recommandation correspond exactement à ce qui figure dans l'ISO 2560. On doit souligner que cette classification indique que les électrodes sont aptes à être traitées avant utilisation afin de pouvoir obtenir des teneurs en hydrogène appropriées. Elle indique qu'il faut prendre soin de protéger l'enrobage de ces électrodes, ce qui n'implique nullement que 15 mlH₂/100 g de métal constitue une teneur suffisamment basse pour assurer une soudure exempte de fissuration en pratique dans n'importe quelles circonstances. Une teneur en hydrogène donnant toute garantie ne peut être spécifiée qu'en tenant compte de nombreuses autres particularités touchant chaque application. C'est un sujet

qui devra être débattu entre le constructeur, qui fournira les précisions relatives à l'acier et au type de joint, à l'apport calorifique prévu, etc, et le fabricant des électrodes qui conseillera les traitements de préséchage à appliquer à l'électrode et qui soient propres à assurer les teneurs en hydrogène admissibles.

La méthode d'essai ISO et une échelle de valeurs peuvent cependant être adoptées pour faciliter cette tâche et, à cette fin, la terminologie figurant dans la bande (c) de la figure 4 est proposée. Les quatre termes :

très faible	< 5 ml	} par 100 g de métal déposé
faible	> 5 ml mais < 10 ml	
moyenne	> 10 ml mais < 15 ml	
forte	> 15 ml	

peuvent être utilisés pour échelonner les teneurs en hydrogène admissibles pour un problème de soudage, quel que soit le procédé employé dans chaque cas. On peut estimer par exemple que le soudage d'un acier et d'un type de joint donnés exige, pour être satisfaisant, une teneur en hydrogène faible (de 5 à 10 ml/100 g) selon l'échelle ISO. Cette teneur peut être obtenue au moyen de l'un quelconque des quatre procédés énoncés à la partie supérieure du schéma et la réussite dépendra de la qualité des produits d'apport utilisés dans chaque cas. Grâce à cette terminologie, il sera entendu universellement que les termes «très faible», «faible» et «moyenne» et «forte» se situent par rapport à des niveaux spécifiques en hydrogène selon l'échelle ISO.

La terminologie proposée est déjà en usage pour l'interprétation des essais sur implants. Elle est en voie d'être incorporée dans les normes relatives aux modes opératoires de soudage en cours d'élaboration à la «British Standards Institution» et elle est très semblable à celle adoptée dans une récente publication du Welding Institute du Royaume-Uni intitulée «Welding steels without hydrogen cracking» (Le soudage des aciers sans fissuration due à l'hydrogène).

Il aurait été utile, par ailleurs, de pouvoir caractériser les électrodes à «hydrogène contrôlé» en fonction de la teneur en humidité de l'enrobage, mesurée conformément au mode d'essai ISO. On a constaté néanmoins que la corrélation entre humidité et hydrogène présent dans le métal fondu, bien qu'elle suive une tendance générale, n'est pas suffisamment spécifique. Des études complémentaires sont nécessaires. La teneur en humidité ne s'avèrerait évidemment pas aussi utile que la teneur en hydrogène lorsque cette dernière est utilisée en vue de faciliter le choix du mode opératoire de soudage selon la description qui précède.

[ISO 3690:1977/Add 1:1983](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008d9375-3d38-41eb-b8a1-bcee6b7ae3ec/iso-3690-1977-add-1-1983)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008d9375-3d38-41eb-b8a1-bcee6b7ae3ec/iso-3690-1977-add-1-1983>

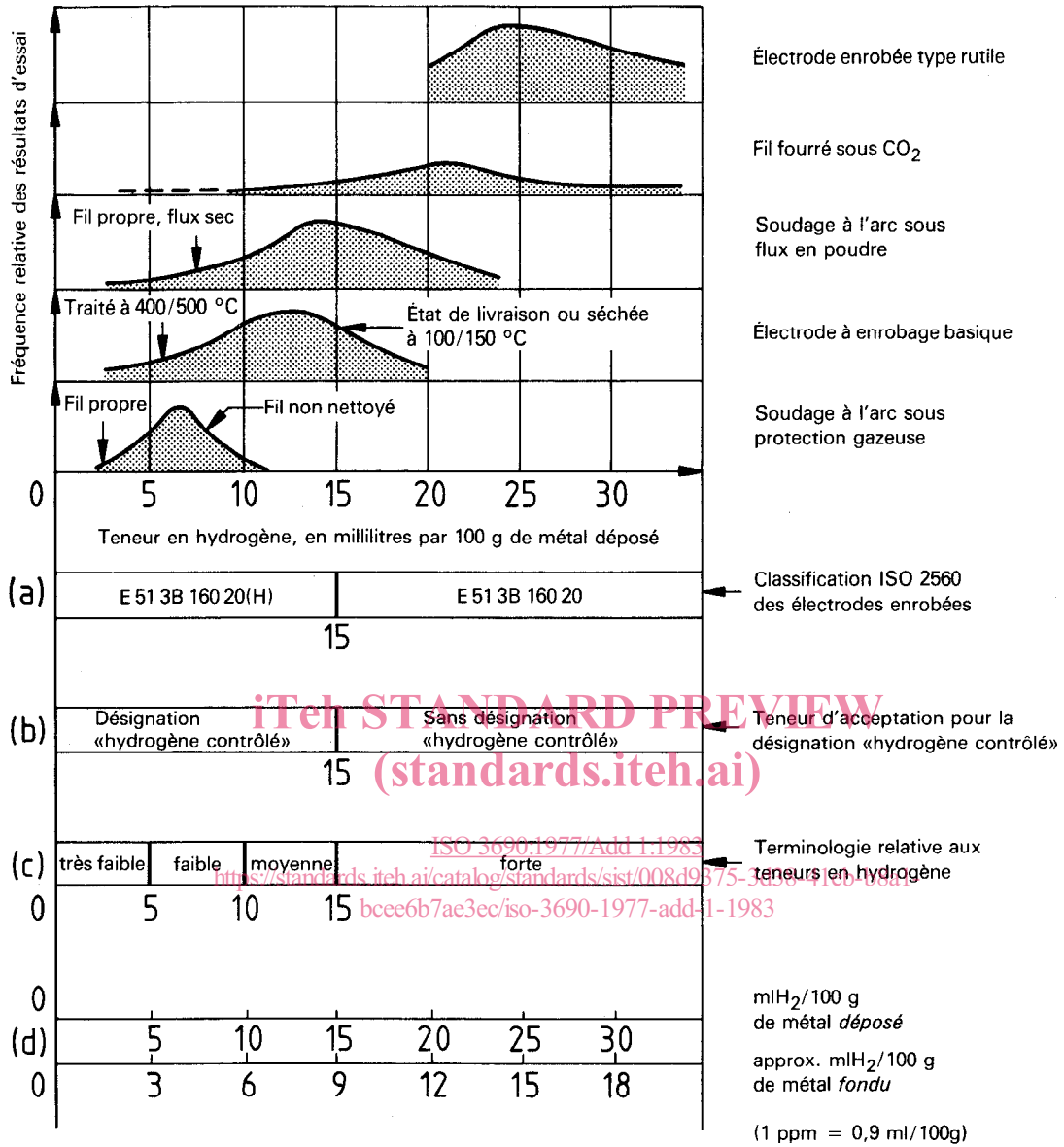


Figure 4 – Niveau d'acceptation pour les électrodes «hydrogène contrôlé» et définition des niveaux de teneurs en hydrogène du métal fondu

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 3690:1977/Add 1:1983

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008d9375-3d38-41eb-b8a1-bcee6b7ae3ec/iso-3690-1977-add-1-1983>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 3690:1977/Add 1:1983

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008d9375-3d38-41eb-b8a1-bcee6b7ac3ec/iso-3690-1977-add-1-1983>