

---

---

**Soudage et techniques connexes —  
Détermination de la teneur en hydrogène  
dans le métal fondu pour le soudage à l'arc  
des aciers ferritiques**

*Welding and allied processes — Determination of hydrogen content in  
ferritic steel arc weld metal*

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 3690:2000

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/378b2d56-b3ce-4619-93d7-005822bd3b87/iso-3690-2000>



**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 3690:2000](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/378b2d56-b3ce-4619-93d7-005822bd3b87/iso-3690-2000>

© ISO 2000

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.ch](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Imprimé en Suisse

**Sommaire**

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Référence normative</b> .....	1
3 <b>Mode opératoire d'essai</b> .....	1
3.1 <b>Fabrication des éprouvettes de soudure</b> .....	1
3.2 <b>Modes opératoires de soudage pour la réalisation d'éprouvettes</b> .....	5
3.3 <b>Mesurage de l'hydrogène dans l'éprouvette soudée</b> .....	12
<b>Annexe A (informative) Anciennes méthodes de mesurage</b> .....	19
<b>Bibliographie</b> .....	20

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 3690:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/378b2d56-b3ce-4619-93d7-005822bd3b87/iso-3690-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/378b2d56-b3ce-4619-93d7-005822bd3b87/iso-3690-2000>

## 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 3.

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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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.

La Norme internationale ISO 3690 a été élaborée 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.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 3690 :1977), dont elle constitue une révision technique.

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

ISO 3690:2000  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/378b2d56-b3ce-4619-93d7-005822bd3b87/iso-3690-2000>

## Introduction

Lors du soudage, l'hydrogène présent dans l'atmosphère de l'arc est absorbé par le bain de fusion. Lors du refroidissement, une partie de cet hydrogène se dégage par diffusion du cordon de soudure solidifié, mais une autre partie diffuse dans la zone thermiquement affectée (ZAT) et dans le métal de base. La quantité que représente cette dernière partie dépend de plusieurs facteurs, tels que la quantité initiale d'hydrogène absorbé, les dimensions de la soudure et les conditions de refroidissement (temps et température). Les autres facteurs étant constants, plus il y a d'hydrogène dans la soudure et plus le risque de fissuration est élevé. Les principales sources d'hydrogène en soudage sont:

- l'humidité présente et captée dans les flux et les enrobages d'électrodes;
- les autres éléments contenant de l'hydrogène susceptibles de se décomposer à la chaleur de l'arc;
- l'huile, les impuretés et la graisse à la surface de la tôle ou bien piégées dans les couches superficielles des fils-électrodes;
- l'humidité atmosphérique lors du soudage.

Les mesurages du niveau de la teneur en hydrogène de la soudure fournissent les moyens d'évaluer, pour un produit consommable pour le soudage, son degré d'apport d'hydrogène dans le bain de fusion. Elle peut ainsi permettre la détermination des diverses catégories de sources d'hydrogène et la classification des différents produits consommables pour le soudage. De plus, de tels mesurages constituent un point de départ pour le calcul des températures de préchauffage et de traitement thermique afin d'éliminer l'hydrogène après soudage.

L'hydrogène est différent des autres éléments contenus dans le métal fondu ferritique car il diffuse rapidement à température ambiante, et une partie peut ainsi être éliminée avant la réalisation de l'analyse. Ceci, associé au fait que les concentrations à mesurer sont généralement de l'ordre de quelques parties par million, implique l'emploi de méthodes d'échantillonnage et d'analyse spéciales. Afin de comparer les résultats entre différents laboratoires et de pouvoir les utiliser pour développer des procédures de maîtrise de l'hydrogène, une normalisation des méthodes d'échantillonnage et d'analyse est nécessaire à l'échelle internationale.

Les travaux réalisés au sein de l'Institut International de la Soudure ont permis de constater que le même mode opératoire d'échantillonnage et d'analyse peut être utilisé, avec quelques modifications mineures pour un certain nombre de modes opératoires de soudage par fusion et également à d'autres fins que la seule classification des produits consommables. Le but du présent document est donc de définir un mode opératoire normalisé d'échantillonnage et d'analyse du métal fondu pour la détermination de la teneur en hydrogène. Les dispositions essentielles de la présente Norme internationale prévoient la réalisation d'une éprouvette de soudage, selon le mode opératoire décrit en 3.1, comportant un cordon unique trempé. Le paragraphe 3.2 donne les détails des modes opératoires à utiliser lorsque l'étude porte sur différents procédés de soudage. L'éprouvette ainsi obtenue est compatible avec les techniques analytiques recommandées spécifiées en 3.3.

La présente Norme internationale est destinée à remplir deux fonctions principales:

- a) Fournir des informations sur les niveaux de teneur en hydrogène de la soudure suite à l'utilisation de produits consommables dans des conditions spécifiques (par exemple humides ou sèches) ou à l'emploi de paramètres de soudage spécifiques (par exemple différentes valeurs de courant). Pour ce faire, cette méthode peut être utilisée avec divers paramètres de soudage et états du produit consommable, qui seront dans chaque cas choisis de façon à fournir les renseignements spécifiques recherchés. Toutefois, afin d'éviter tout malentendu, il est important d'indiquer quelles sont ces conditions lorsque les résultats sont consignés.
- b) Permettre la classification des produits consommables et aider à la maîtrise de la qualité. Dans ce cas, les produits consommables doivent tous être traités de la même manière, c'est-à-dire dans des conditions fixées de température et de temps de séchage, de courant de soudage, etc.

Il est reconnu que le mercure est une substance dangereuse, et que son utilisation peut être limitée dans plusieurs pays. Il convient de reconnaître que la présente Norme internationale fournit une méthode de référence pour l'étalonnage de toutes autres méthodes. Une fois l'étalonnage d'une autre méthode réalisé par rapport à cette méthode de référence, les essais classiques peuvent être entrepris avec cette méthode de remplacement. Ainsi, la méthode de référence nécessite d'être utilisée dans de rares occasions telles que la vérification de l'étalonnage ou en cas de litige.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 3690:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/378b2d56-b3ce-4619-93d7-005822bd3b87/iso-3690-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/378b2d56-b3ce-4619-93d7-005822bd3b87/iso-3690-2000>

# Soudage et techniques connexes — Détermination de la teneur en hydrogène dans le métal fondu pour le soudage à l'arc des aciers ferritiques

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie le mode opératoire d'échantillonnage et d'analyse pour la détermination de l'hydrogène diffusible et résiduel dans le métal fondu ferritique résultant du soudage d'aciers ferritiques avec des procédés de soudage à l'arc avec métal d'apport. La captation de l'hydrogène sur mercure est la méthode de référence. À condition que les dimensions de l'éprouvette soient maintenues dans les limites imposées par la taille de l'assemblage d'essai, les variations des paramètres de soudage sont autorisées afin d'étudier leurs influences sur la teneur en hydrogène de la soudure. Les techniques décrites dans la présente Norme internationale constituent une méthode de référence qu'il convient d'utiliser en cas de litige.

## 2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 14175, *Produits consommables pour le soudage — Gaz de protection pour le soudage et le coupage à l'arc.*

## 3 Mode opératoire d'essai

### 3.1 Fabrication des éprouvettes de soudure

#### 3.1.1 Principe

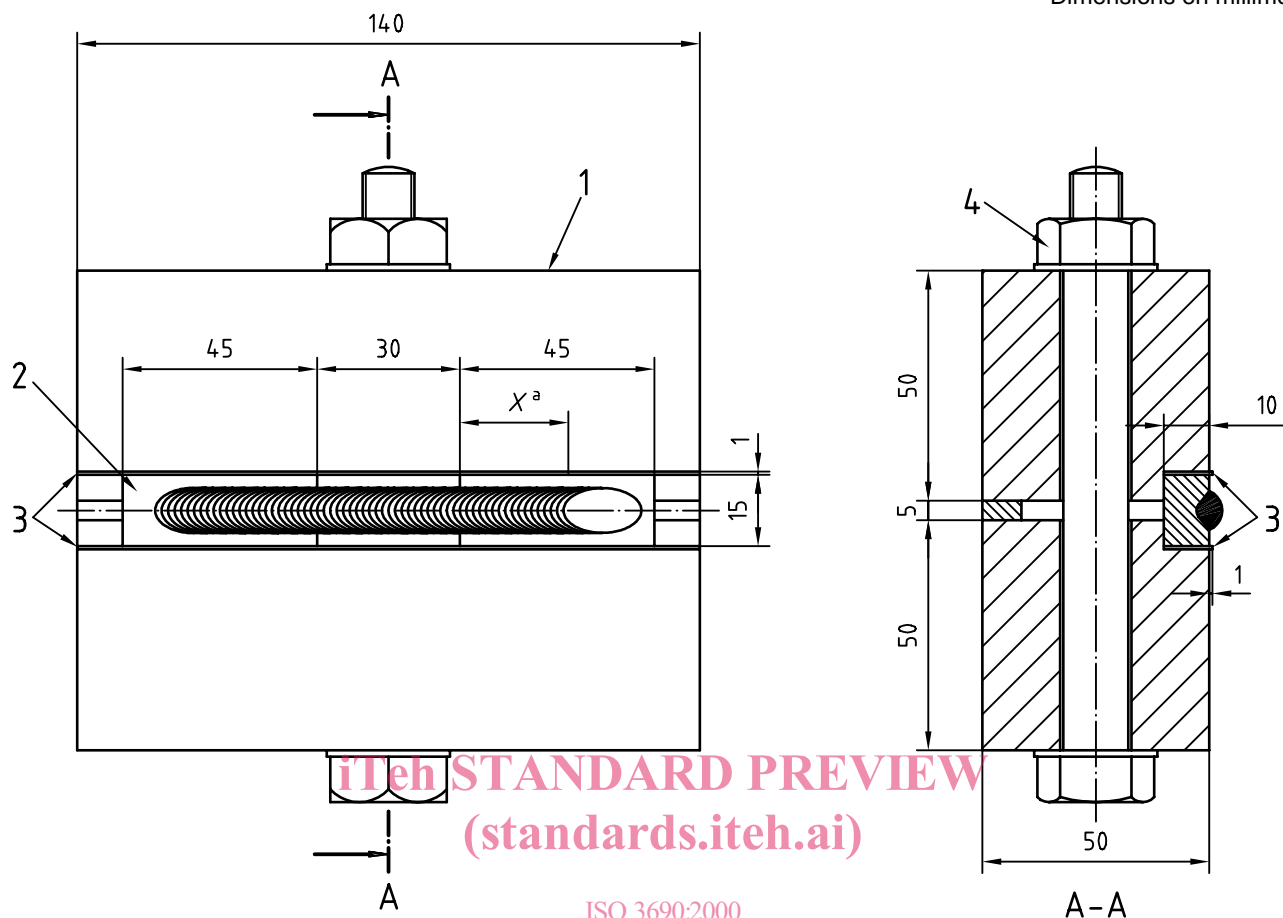
Le procédé de soudage, objet de l'essai, est utilisé pour déposer un cordon de soudure unique qui est trempé et entreposé ensuite à une température de  $-78\text{ °C}$  ou inférieure comme exigée par la préparation et l'analyse.

#### 3.1.2 Montage de soudage

La Figure 1 montre un gabarit de soudage en cuivre qui peut être refroidi à l'eau pour des énergies de soudage allant jusqu'à  $2\text{ kJ/mm}$ . Il est conçu pour assurer l'alignement et le blocage corrects des assemblages d'essai par un dispositif de serrage unique à réglage par une clé à œil ou par d'autres moyens adaptés. Voir en 3.1.4, la manière d'obtenir un alignement et un bridage corrects. Un gabarit de soudage sans refroidissement par eau peut être utilisé à condition que les mêmes dimensions soient retenues et que la température soit maîtrisée de la manière décrite en 3.1.4.

Le montage de soudage représenté à la Figure 2 permet l'exécution des soudures d'essai avec une énergie de soudage supérieure à  $2\text{ kJ/mm}$  et limitée à environ  $3\text{ kJ/mm}$ .

Dimensions en millimètres



STANDARD PREVIEW  
 (standards.iteh.ai)  
 ISO 3690:2000  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/378b2d56-b3ce-4619-93d7-005822bd3b87/iso-3690-2000>

**Légende**

- 1 Bloc de cuivre
- 2 Assemblage d'essai
- 3 Feuillard de cuivre
- 4 Boulon M12

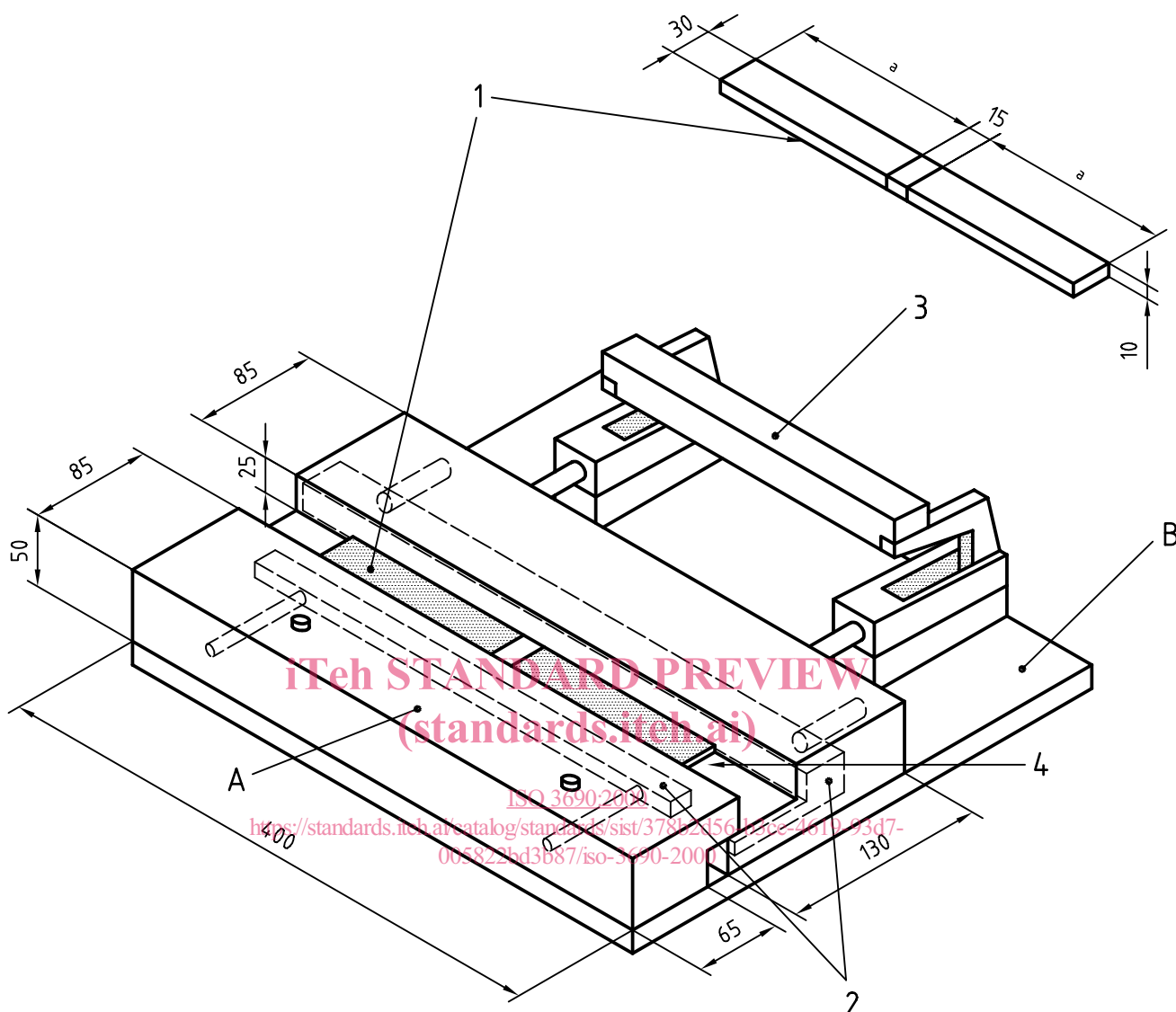
NOTE Les canaux de refroidissement par circulation d'eau peuvent être utilisés.

<sup>a</sup>  $X \leq 25$  mm.

**Figure 1 — Montage de soudage et assemblage d'essai pour un dépôt soudé réalisé avec une énergie de soudage limitée à 2 kJ/mm**



Dimensions en millimètres



### Légende

- 1 Assemblage d'essai
- 2 Refroidissement par eau
- 3 Levier de bridage
- 4 Feuillard de cuivre à insérer ici
- A Fabriqué en cuivre
- B Fabriqué en acier doux

NOTE 1 Les inserts de cuivre d'épaisseur 1 mm (non illustrés) sont de dimensions 300 mm × 45 mm pour le soudage sous flux.

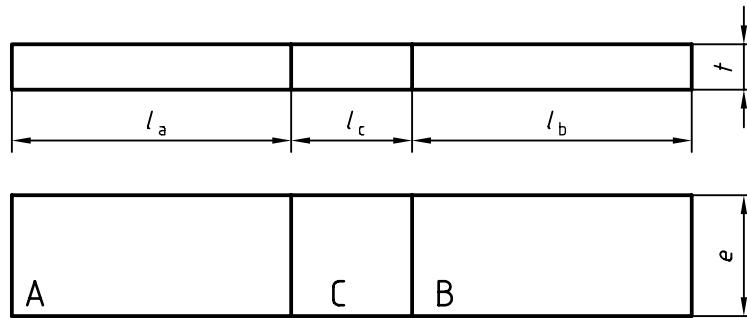
NOTE 2 La longueur du cordon sur l'appendice doit être telle que le bord fuyant du cratère soit sur l'appendice de fin mais au plus à 25 mm de la pièce d'essai. Voir la distance X à la Figure 1 pour plus d'explication.

<sup>a</sup> 135 mm pour soudage à l'arc sous flux ou 85 mm pour soudage avec ou sans gaz de protection.

**Figure 2 — Montage de soudage et assemblage d'essai pour des dépôts soudés réalisés avec des énergies de soudage supérieures à 2 kJ/mm et limitées à 3 kJ/mm**

3.1.3 Assemblages d'essai

L'assemblage d'essai doit être préparé avec un acier plat au carbone non effervescent contenant une teneur en carbone inférieure à 0,18 % et une teneur en soufre inférieure à 0,02 %. L'assemblage d'essai doit être exécuté conformément aux dimensions données à la Figure 3 avec une tolérance de ± 0,25 mm sur toutes les dimensions, à l'exception des longueurs des appendices de fin et de début de pièce. Les longueurs des appendices de fin et de début de pièce sont données à la Figure 3, à titre indicatif seulement.



Dimensions en millimètres

Assemblage d'essai		$l_a = l_b$	$l_c$	$e$	$t$
Figure 1		45	30	15	10
Figure 2	Paragraphe 3.2.2	135	15	30	10
	Paragraphe 3.2.3	85	15	30	10
A/B	Appendices de début et de fin de pièce d'essai.				
C	Partie centrale de la pièce d'essai.				
NOTE	La partie centrale de la pièce d'essai a les mêmes dimensions dans les trois cas.				

Figure 3 — Dimensions de l'assemblage d'essai de soudage

Toutes les surfaces doivent se rejoindre à angle droit pour assurer un bon contact avec les pièces adjacentes pendant l'opération de soudage. Chaque assemblage d'essai peut être fini par une rectification des surfaces pour obtenir une largeur uniforme, ou bien une maîtrise plus sévère des dimensions peut être adoptée pour obtenir un bridage correct. Voir en 3.1.4, la manière de réaliser un bridage correct.

Trois jeux, ou plus, de pièces d'essai sont préparés et numérotés par gravure ou par poinçonnage du côté opposé à celui utilisé pour le soudage. Numéroté et dégraisser la partie centrale de la pièce d'essai de chaque jeu. Déterminer le poids de chaque partie centrale de la pièce d'essai ( $m_1$ ) à 0,01 g près. Dégazer la partie centrale de la pièce d'essai sous vide, ou sous gaz inerte sec, à 650 °C ± 10 °C pendant 1 h et refroidir sous vide ou sous gaz inerte avant pesage. Il est permis de dégazer l'acier qui constitue l'assemblage d'essai avant les opérations d'usinage, auquel cas il n'est pas nécessaire de dégazer la partie centrale de la pièce d'essai après usinage. Il est également permis de dégazer dans l'air lorsque cette opération est suivie par une élimination complète des oxydes de surface par sablage avec des abrasifs propres et secs. En cas de litige, les appendices de début et de fin de pièce doivent aussi être dégazés.

Certains procédés de soudage, tels que le soudage à l'arc sous flux, ou ceux qui utilisent des intensités de courant élevées, peuvent produire des cordons de soudure incompatibles avec les dimensions de l'assemblage d'essai aligné tel que représenté à la Figure 1. Dans ce cas, l'assemblage d'essai représenté à la Figure 2 doit être utilisé. La partie centrale de la pièce d'essai est la même pour les deux assemblages: elle est tournée de 90° selon l'axe vertical. Il convient que les appendices de début et de fin de pièce soient compatibles avec la nouvelle section et que la longueur soit augmentée pour l'adapter à un cordon de soudure plus long. Les procédés de soudage ou paramètres de soudage qui nécessitent cet autre assemblage d'essai sont indiqués en 3.2. Pour tous les procédés

de soudage, l'assemblage d'essai est bridé dans le montage de soudage en utilisant un feuillard de cuivre recuit comme indiqué aux Figures 1 et 2. Le feuillard de cuivre recuit peut être utilisé pour prévenir l'usure du montage. Le feuillard peut être recuit plusieurs fois et trempé dans l'eau après chaque opération de recuit. La couche d'oxyde issue du recuit est enlevée par décapage avec de l'acide nitrique dilué (10 %) suivi d'un rinçage à l'eau distillée et d'un séchage.

### 3.1.4 Soudage et stockage des pièces d'essai

La température du gabarit de soudage avant chaque opération de soudage doit être la température ambiante ou une température au plus supérieure de 25 °C à la température ambiante. Si des difficultés sont dues à la condensation d'eau sur le gabarit ou sur l'assemblage d'essai, il est nécessaire d'utiliser de l'eau de refroidissement régulée par thermostat à la température ambiante ou à une température au plus supérieure de 25 °C à la température ambiante. Au moyen du procédé de soudage défini en 3.2, et des paramètres appropriés pour le type d'investigation, effectuer un cordon de soudure unique sur l'assemblage d'essai qui est bridé dans le gabarit de soudage comme indiqué à la Figure 1 ou à la Figure 2.

- a) Le soudage doit être commencé sur l'appendice de début de pièce à un point suffisamment éloigné de la partie centrale de la pièce d'essai pour qu'un arc et une forme de dépôt stable soient obtenus avant d'atteindre cette partie.
- b) Le soudage doit être terminé avec le bord fuyant du cratère situé à 25 mm du centre de la pièce.
- c) Après extinction de l'arc, et sans aucun délai, débrider le montage, enlever et tremper aussi rapidement que possible l'assemblage d'essai dans de l'eau glacée agitée pour le ramener au-dessous de la température ambiante, et ensuite, le transférer dans un bain à basse température saturé avec de la neige carbonique (dioxyde de carbone) ou dans de l'azote liquide.
- d) Une fois refroidie, la face inférieure de la partie centrale de la pièce d'essai doit être examinée pour estimer l'uniformité et l'étendue de la coloration due à la chaleur. Correctement alignés et bridés, les assemblages d'essai présentent une coloration due à la chaleur parallèle et uniforme sur la face inférieure de la partie centrale de la pièce d'essai et une oxydation de couleur sombre ne doit pas s'étendre jusqu'aux bords de la face inférieure de la partie centrale d'essai.
- e) Enlever le laitier, casser les appendices de début et de fin de pièce puis replacer la partie centrale de la pièce en stockage au froid. Les parties centrales des pièces d'essai peuvent être stockées avant analyse à – 78 °C dans un bain de dioxyde de carbone solide pour une durée maximale de trois jours, ou à – 196 °C dans l'azote liquide durant plusieurs semaines, si nécessaire.
- f) Dans le but de classer des produits consommables pour le soudage, l'humidité ambiante absolue doit être au moins de 3 g de vapeur d'eau pour 1 000 g d'air sec pendant le soudage de l'assemblage d'essai. (Cela correspond par exemple à 20 °C et 20 % d'humidité relative.) Si l'humidité absolue, mesurée en utilisant un psychromètre portatif ou un autre dispositif étalonné, est égale ou dépasse cette condition, l'essai doit être considéré comme satisfaisant aux exigences de la présente Norme internationale à condition que les résultats réels de l'essai satisfassent les exigences de teneur en hydrogène diffusible de la norme de classification de produit consommable applicable.

### 3.1.5 Enregistrement des données

Toutes les informations relatives au soudage telles que le courant, la tension, la vitesse de soudage, le type de produit d'apport et sa composition, etc. doivent être enregistrées sur la feuille de données de soudage appropriée telle que donnée en 3.2. Il est particulièrement important d'enregistrer la température et l'humidité atmosphériques au poste de soudage. Toutes ces données sont consignées avec les résultats de l'analyse.

## 3.2 Modes opératoires de soudage pour la réalisation d'éprouvettes

Pour le procédé de soudage à l'étude, les paramètres doivent être définis de façon à permettre la réalisation d'un cordon de soudure unique sur l'assemblage d'essai décrit en 3.1. Les paragraphes 3.2.1 à 3.2.3 décrivent les modes opératoires pour différents procédés de soudage.