



# CONTRÔLE SOUDAGE 2

EXTRAIT DU CODE API 1104

## **5.3 SPECIFICATION DE MODE OPERATOIRE**

### **5.3.1 Généralités**

Présente spécification de mode opératoire doit comporter les renseignements spécifiés au paragraphe 5.3.2, le cas échéant.

### **5.3.2 Renseignements relatifs à la spécification**

#### **5.3.2.1 Procédé**

Le procédé ou la combinaison de procédés spécifiques utilisés doivent être identifiés. L'usage d'un procédé de soudage manuel, semi-automatique, ou automatique ou toute combinaison desdits procédés doit être spécifié.

#### **5.3.2.2 Matériaux de tubes et raccords**

Les matériaux auxquels s'applique le mode opératoire doivent être identifiés. Les tubes selon la spécification API 5L, ainsi que les matériaux conformes à des spécifications ASTM acceptables, peuvent être regroupés (voir 5.4.2.2.) à condition que l'essai de qualification soit effectué sur le matériau ayant la plus haute limite élastique minimale spécifiée dans le groupe.

#### **5.3.2.3 Diamètres et épaisseurs de paroi**

Les gammes de diamètres et d'épaisseurs de paroi auxquelles le mode opératoire est applicable doivent être identifiées. Des exemples de groupages suggérés sont donnés au paragraphe 6.2.2., points d. et e.

#### **5.3.2.4 Conception du joint**

La spécification du joint doit comporter un ou des croquis du joint montrant l'angle de chanfrein, la taille du méplat, et l'écartement des bords ou l'espace entre les membres en about. La forme et la taille des soudures d'angle doivent être indiquées. Au cas où un support envers est utilisé, son type doit être précisé.

#### **5.3.2.5 Métal d'apport et nombre de cordons**

Les tailles et le numéro de classification du métal d'apport ainsi que le nombre minimum et la séquence des cordons doivent être spécifiés.

#### **5.3.2.6 Caractéristiques électriques**

Le courant et la polarité doivent être précisés, et la gamme de tension et intensité pour chaque électrode, baguette, ou fil doit être indiquée.

#### **5.3.2.7 Caractéristiques de la flamme**

La spécification doit préciser si la flamme est neutre, carburante ou oxydante. La taille de l'orifice sur la buse de chalumeau doit être spécifiée pour chaque taille de baguette ou de fil.

#### **5.3.2.8 Position**

La spécification doit préciser s'il s'agit de soudage en position ou en rotation.

#### **5.3.2.9 Sens du soudage**

La spécification doit préciser si le soudage doit être réalisé en remontant ou en descendant.

#### **5.3.2.10 Intervalle entre passes**

L'intervalle de temps maximum entre l'achèvement de la passe de fond et le début de la deuxième passe, ainsi que l'intervalle maximum entre l'achèvement de la deuxième passe et le début des autres passes doivent être précisés.

#### **5.3.2.11 Type et retrait du ligneur**

La spécification doit préciser si le ligneur doit être interne ou externe ou si la présence d'un ligneur est exigée. En cas d'utilisation d'un ligneur, le pourcentage minimum de soudage de fond devant être réalisé avant de libérer le ligneur doit être précisé.

#### **5.3.2.12 Nettoyage et/ou meulage**

La spécification doit indiquer si des outils mécaniques ou manuels doivent être utilisés pour le nettoyage, le meulage, ou les deux.

#### **5.3.2.13 Traitement thermique pré- et post-soudage**

Les méthodes, la température, les méthodes de régulation de la température et la gamme de températures ambiantes pour le traitement thermique pré- et post-soudage doivent être spécifiées (voir 7.11).

Référence : Norme API 1104, 5.2

**SPECIFICATION DU MODE OPERATOIRE No.**\_\_\_\_\_

Pour \_\_\_\_\_ Soudage de \_\_\_\_\_ tubes et raccords

Procédé \_\_\_\_\_

Matériaux \_\_\_\_\_

Diamètre et épaisseur de paroi \_\_\_\_\_

Conception du joint \_\_\_\_\_

Métal d'apport et quantité de cordons \_\_\_\_\_

Caractéristiques électriques ou du chalumeau \_\_\_\_\_

Position \_\_\_\_\_

Direction du soudage \_\_\_\_\_

Nombre de soudeurs \_\_\_\_\_

Intervalle de temps entre cordons \_\_\_\_\_

Type et retrait de ligneur \_\_\_\_\_

Nettoyage et/ou meulage \_\_\_\_\_

Préchauffage et/ou traitement thermique \_\_\_\_\_

Gaz de protection et débit \_\_\_\_\_

Flux de protection \_\_\_\_\_

Vitesse d'avancement \_\_\_\_\_

Composition du gaz plasma \_\_\_\_\_ Débit du gaz plasma \_\_\_\_\_

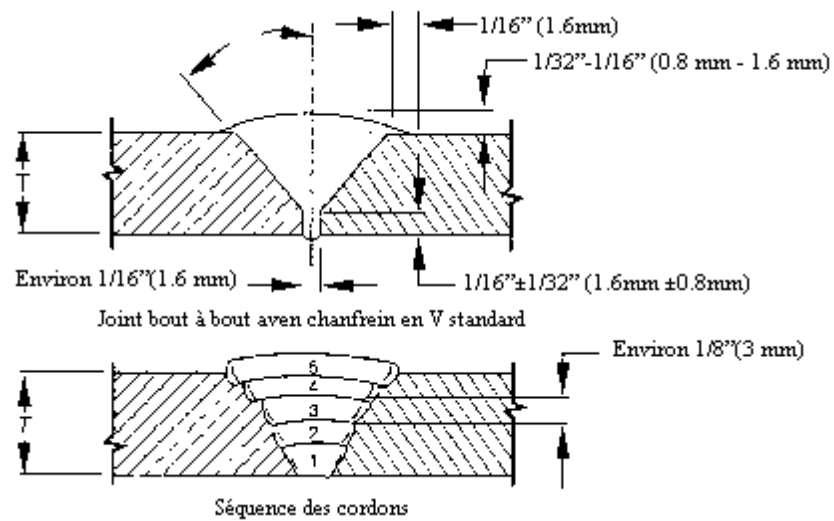
Taille d'orifice de gaz plasma \_\_\_\_\_

Croquis et tableaux joint \_\_\_\_\_

Contrôlé \_\_\_\_\_ Soudeur \_\_\_\_\_

Approuvé \_\_\_\_\_ Superviseur de soudage \_\_\_\_\_

Accepté \_\_\_\_\_ Ingénieur en chef \_\_\_\_\_



Note: Les dimensions sont données à titre d'exemple seulement.

#### TAILLE DES ELECTRODES ET NOMBRE DE CORDONS

Numéro du cordon	Taille et type d'électrodes	Tension	Intensité et Polarité	Vitesse

Figure 1 – Modèle de spécification de mode opératoire

## RAPPORT D'ESSAI D'ÉPROUVETTE

Date \_\_\_\_\_ No. d'essai \_\_\_\_\_

Lieu \_\_\_\_\_

Etat \_\_\_\_\_ Position \_\_\_\_\_ Roulé ( ) Fixe ( )

Soudeur \_\_\_\_\_ Numéro du soudeur \_\_\_\_\_

Durée du soudage \_\_\_\_\_ Heure \_\_\_\_\_

Température moyenne \_\_\_\_\_ Paravent utilisé \_\_\_\_\_

Condition  
météorologiques \_\_\_\_\_

Tension \_\_\_\_\_ Intensité \_\_\_\_\_

Type d'équipement de soudage \_\_\_\_\_ Capacité de l'équipement de soudage \_\_\_\_\_

Métal d'apport \_\_\_\_\_

Taille du renforcement \_\_\_\_\_

Type et nuance du tube \_\_\_\_\_

Epaisseur de paroi \_\_\_\_\_ Diamètre extérieur \_\_\_\_\_

	1	2	3	4	5	6	7
Identification de l'éprouvette							
Dimension originale de l'éprouvette							
Surface originale de l'éprouvette							
Charge maximal							
Résistance à la traction							
Emplacement de la rupture							

( ) Mode opératoire ( ) Essai de qualification ( ) Qualifié  
( ) Soudeur ( ) Essai de ligne ( ) Disqualifié

Résistance à la traction maximale \_\_\_\_\_ minimale \_\_\_\_\_ moyenne \_\_\_\_\_  
Remarques sur les essais de résistance à la traction

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

3. _____	
4. _____	
Remarques sur les essais de pliage	
1. _____	
2. _____	
3. _____	
4. _____	
Remarques sur les essais de rupture avec entaille	
1. _____	
2. _____	
3. _____	
4. _____	
Essai réalisé à _____	Date _____
Vérificateur _____	Superviseur _____
<p>Note: Utiliser le verso pour toutes remarques complémentaires. La présente formule peut servir à rapporter un essai</p> <p style="text-align: center;">de qualification, de mode opératoire ou de qualification de soudeur.</p>	

Figure 2 – Modèle de rapport d’essai d’éprouvettes

#### 5.3.2.14 Gaz de protection et débit

La composition du gaz de protection et la gamme de débits doivent être précisées.

#### 5.3.2.15 Flux de protection

Le type de flux de protection doit être précisé.

**5.3.2.16 Vitesse d’avancement** La gamme de vitesse d’avance, en pouces (millimètres) par minute, doit être spécifiée pour chaque passe.

### 5.4 VARIABLES ESSENTIELLES

#### 5.4.1 Généralités

Un mode opératoire de soudage doit être ré-établi à titre de nouvelle spécification de mode opératoire et

doit être entièrement requalifié lors de la modification de toute variable essentielle mentionnée au paragraphe 5.4.2. Des modifications autres que celles mentionnées au paragraphe 5.4.2 peuvent être effectuées dans le mode opératoire sans avoir besoin de requalification si la spécification du mode opératoire est révisée en conséquence.

## **5.4.2 Changements exigeant une requalification**

### **5.4.2.1 Procédé de soudage ou mode d'application**

Tout changement par rapport au procédé de soudage ou mode d'application établi dans la spécification de mode opératoire (voir 5.3.2.1) constitue une variable essentielle.

### **5.4.2.2 Matériau de base**

Tout changement du matériau de base constitue une variable essentielle. Lors du soudage de matériaux de deux groupes séparés, il convient d'utiliser le mode opératoire relatif au groupe de résistance supérieure. Pour les besoins de la présente norme, tous les matériaux doivent être groupés comme suit :

- A Limite élastique minimale spécifiée inférieure ou égale à 42.000 psi (290 MPa).
- B Limite élastique minimale spécifiée supérieure à 42.000 psi (290 MPa) mais inférieure à 65.000 psi (448 MPa).
- C Pour les matériaux ayant une limite élastique minimale spécifiée supérieure ou égale à 65.000 psi (448 MPa), chaque nuance fera l'objet d'un essai de qualification séparé.

Note : Les groupages spécifiés à l'alinéa 5.4.2.2 n'impliquent pas que les matériaux de base ou les métaux d'apport d'analyses différentes au sein d'un groupe peuvent remplacer sans distinction un matériau utilisé lors de l'essai de qualification sans tenir compte de la compatibilité des matériaux de base et des métaux d'apport du point de vue des propriétés métallurgiques et mécaniques et des

exigences relatives au traitement thermique pré- et post-soudage.

### **5.4.2.3 Conception du joint**

Tout changement important dans la conception du joint (par exemple, changement d'un joint en V en un joint en U) constitue une variable essentielle. Des changements mineurs dans l'angle du chanfrein ou le talon de la gorge de soudage ne sont pas des variables essentielles.

### **5.4.2.4 Position**

Un changement de position de calaminage à fixe, ou vice versa, constitue une variable essentielle.

### **5.4.2.5 Epaisseur de paroi**

Un changement d'un groupe d'épaisseur de paroi à un autre constitue une variable essentielle.

### **5.4.2.6 Métal d'apport**

Les changements suivants dans le métal d'apport constituent des variables essentielles :

- A Un changement d'un groupe de métal d'apport à un autre (voir tableau 1).
- B Pour les matériaux de tubes dont la limite élastique minimale spécifiée est supérieure ou égale à 65.000 psi (448 MPa), un changement de classification AWS du métal d'apport (voir 5.4.2.2).

Des changements dans le métal d'apport au sein de groupes de métal d'apport peuvent être effectués au sein des groupes de matériaux spécifiés au paragraphe 5.4.2.2. La compatibilité du matériau de base et du métal d'apport devrait être prise en compte du point de vue des propriétés mécaniques.

### **5.4.2.7 Caractéristiques électriques**



Un changement de CC-électrode positive à CC-électrode négative, ou vice versa, ou bien un changement de courant CC à CA, ou vice versa, constitue une variable essentielle.

#### 5.4.2.8 Temps entre passes

Une augmentation du temps maximum entre l'achèvement de la passe de fond et le début de la deuxième passe constitue une variable essentielle.

#### 5.4.2.9 Sens du soudage

Un changement de sens du soudage de vertical descendant à vertical remontant, ou vice versa, constitue une variable essentielle.

#### 5.4.2.10 Gaz de protection et débit

Le changement d'un gaz de protection à un autre, ou d'un mélange de gaz à un autre constitue une variable essentielle. Une augmentation ou diminution importante des débits du gaz de protection constitue également une variable essentielle.

#### 5.4.2.11 Flux de protection

Se reporter au tableau 1, note A en bas de page, pour les changements dans le flux de protection qui constituent des variables essentielles.

#### 5.4.2.12 Vitesse d'avancement

Un changement dans la gamme de vitesse d'avance constitue une variable essentielle.

#### 5.4.2.13 Préchauffage

Une diminution de la température de préchauffage minimale spécifiée constitue une variable essentielle.

**Tableau 1 – Groupes de métal d'apport**

Groupe	Spécification		Flux <sup>c</sup>
	AWS	Electrodes	
1	A5.1	E6010,E6011	
	A5.5	E7010,E7011	
2	A5.5	E8010,E8011 E9010	
3	A5.1,A5.5	E7015,E7016,E7018	

A5.5 E8015,E8016,E8018  
E9018

4<sup>a</sup> A5.17 EL8 P6XZ  
EL8K F6X0  
EL12 F6X2  
EM5K F7XZ  
EM12K F7X0  
EM13K F7X2  
EM15K

5<sup>b</sup> A5.18 ER70S-2  
A5.18 ER70S-6  
A5.28 ER80S-D2

Groupe	Spécification		Flux <sup>c</sup>
	AWS	Electrodes	
	A5.28	ER90S-G	
6	A5.2	RG60,RG65	
7	A5.20	E61T-GS <sup>d</sup> E71T-GS <sup>d</sup>	
8	A5.29	E71T8-K6	
9	A5.29	E91T8-G	

Note : D'autres électrodes, métaux d'apport et flux peuvent être utilisés mais ils exigent une qualification de mode opératoire séparée.

<sup>a</sup> N'importe quelle combinaison de flux et d'électrode dans le Groupe 4 peut être utilisée pour qualifier un mode opératoire. La combinaison doit être identifiée par son numéro de classification AWS complet, tel que F7A0-EL12 ou F6A2-EM12K. Seules des substitutions qui donnent le même numéro de classification AWS sont permises sans requalification.

<sup>b</sup> Un gaz de protection (voir 5.4.2.10) doit être utilisé avec les électrodes du Groupe 5.

<sup>c</sup> Dans la désignation du flux, le X peut être soit « A » ou « P » pour « as welded » (tel que soudé) ou « post-weld heat treated » (traité thermiquement après soudage).

<sup>d</sup> Pour le soudage de passe de fond seulement.

#### **5.4.2.14 Traitement thermique post-soudage (PWHT)**

L'adjonction de traitement thermique ou tout changement par rapport aux gammes ou valeurs spécifiées dans le mode opératoire constitue une variable essentielle.

### **5.5 SOUDAGE DE JOINTS D'ESSAI – SOUDURES BOUT À BOUT**

Pour souder le joint d'essai avec des soudures bout à bout, deux mamelons de tube doivent être joints en suivant tous les détails de la spécification de mode opératoire.

### **5.6 CONTRÔLE DE JOINTS SOUDÉS – SOUDURES BOUT À BOUT**

#### **5.6.1 Préparation**

Pour contrôler un joint soudé bout à bout, des éprouvettes doivent être découpées dans le joint aux endroits indiqués à la figure 3. (Voir les exigences d'essais pour le mode opératoire de soudage par étincelage à la section 13.) Le nombre minimum

d'éprouvettes et les essais auxquels elles seront soumises sont indiqués au tableau 2. Les éprouvettes doivent être préparées tel qu'indiqué aux figures 4, 5, 6 ou 7. Pour les tubes de diamètre extérieur inférieur à 2,375 pouces (60,3 mm), deux soudures d'essai doivent être effectuées pour obtenir le nombre requis d'éprouvettes. Les éprouvettes doivent être refroidies à l'air à la température ambiante avant d'être contrôlées. Pour les tubes de diamètre extérieur inférieur ou égal à 1,315 pouces (33,4 mm), une éprouvette représentant un tronçon entier peut remplacer les quatre éprouvettes de tronçons réduits pour les essais de rupture avec entaille et de pliage à l'envers. L'éprouvette à tronçon entier doit être contrôlée conformément au paragraphe 5.6.2.2 et satisfaire aux exigences du paragraphe 5.6.2.3.

#### **5.6.2 Essai de traction**

##### **5.6.2.1 Préparation**

Les éprouvettes pour l'essai de traction (voir la figure 4) doivent être environ 9 pouces (2340 mm) de long et environ 1 pouce (25 mm) de large. Elles peuvent être découpées à la machine ou oxycoupées, et aucune préparation n'est nécessaire sauf si les côtés sont entaillés ou ne sont pas parallèles. Selon les besoins, les éprouvettes doivent être dressées de manière à ce que les côtés soient lisses et parallèles.

##### **5.6.2.2 Méthode**

Les éprouvettes d'essai de traction doivent être cassées sous effort de traction au moyen de matériel capable de mesurer l'effort auquel la rupture se produit. La résistance à la traction doit être calculée en divisant l'effort maximum à la rupture par la plus petite surface transversale de l'éprouvette, mesurée avant l'application de l'effort.

##### **5.6.2.3 Exigences**

La résistance à la traction de la soudure, y compris la zone de fusion de chaque éprouvette, doit être supérieure ou égale à la résistance à la traction minimale spécifiée du matériau tubulaire, mais n'a pas besoin d'être supérieure ou égale à la résistance à la traction réelle du matériau. Si l'éprouvette casse en dehors de la soudure et de la zone de fusion (à savoir dans la matière originale du tube) et satisfait aux exigences de résistance à la traction minimale de la spécification, la soudure sera acceptée comme ayant satisfait aux exigences.

Si l'éprouvette casse dans la soudure ou la zone de fusion et la résistance observée est supérieure ou égale à la résistance à la traction minimale spécifiée du matériau du tube et satisfait aux exigences d'intégrité du paragraphe 5.6.3.3, la soudure sera acceptée comme ayant satisfait aux exigences.

Si l'éprouvette casse en dessous de la résistance à la traction minimale spécifiée du matériau du tube, la soudure sera mise de côté et une nouvelle soudure d'essai sera réalisée.

#### **5.6.3 Essai de rupture avec entaille**

##### **5.6.3.1 Préparation**

Les éprouvettes pour l'essai de rupture avec entaille (voir la figure 5) doivent être environ 9 pouces (230 mm) de long et environ 1 pouce (25 mm) de large ;

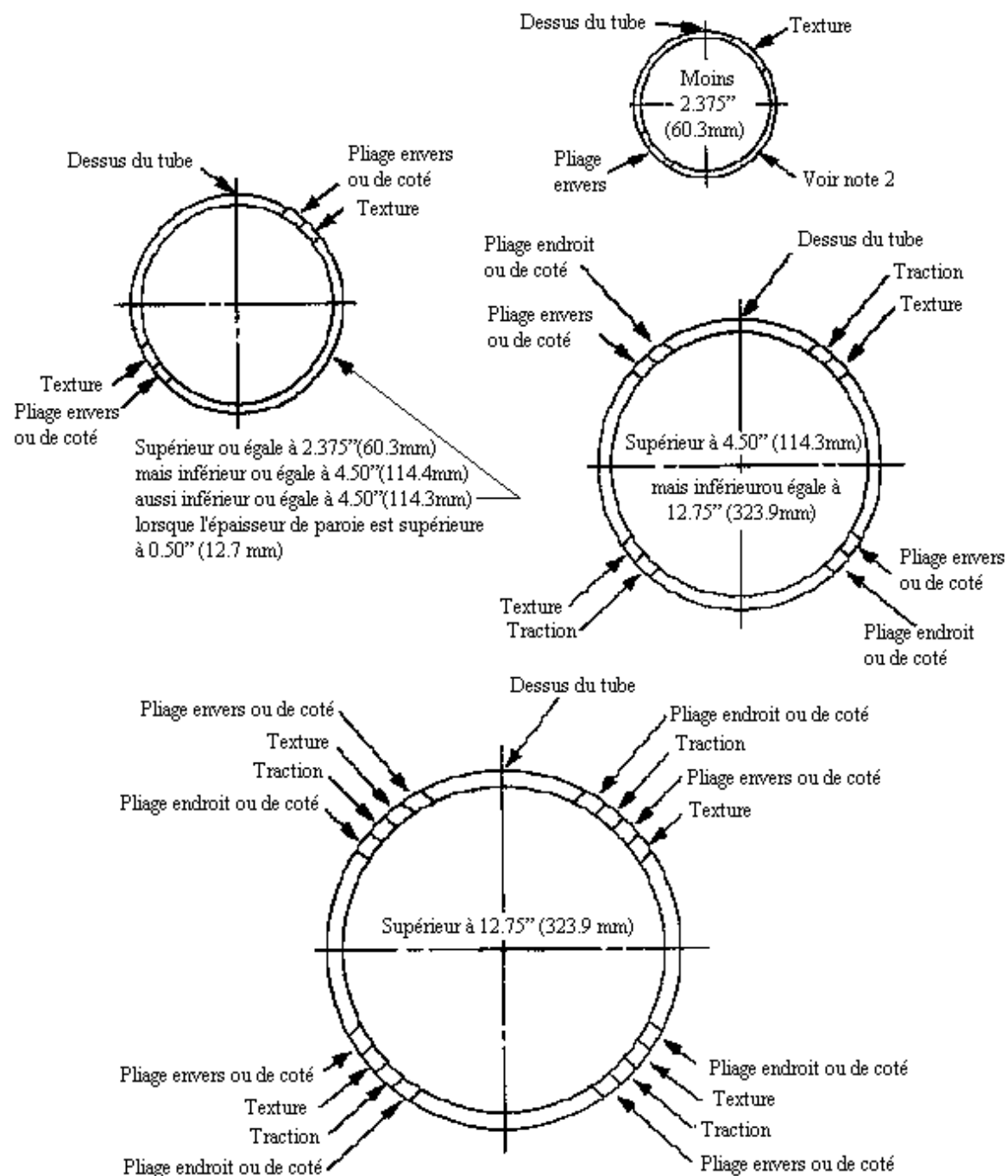
elles peuvent être découpées à la machine ou oxycoupées. Elles doivent être entaillées au moyen d'une scie à métaux de chaque côté au centre de la soudure, et chaque entaille doit avoir une profondeur d'environ 1/8 pouce (3 mm).

Tableau 2 ----Type et quantité d'éprouvettes pour l'essai de qualification du mode opératoire

Diamètre extérieur du tube		Quantité d'éprouvettes					
Pouces	Millimètre	Rési Tra	Essai de Text	Plia enve	Plia endr	Plia coté	Total
Epaisseur de paroi $\leq 0.500''$ (12.7 mm)							
<2.375	<60.2	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4 <sup>a</sup>
2.375 – 4.500	60.2-114.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4
>4.500-12.750	114.3-323.9	2	2	2	2	0	8
>12.750	>323.9	4	4	4	4	0	16
Epaisseur de paroi $>0.500''$ (12.7 mm)							
$\leq 4.500$	$\leq 114.3$	0 <sup>b</sup>	2	0	0	2	4
>4.500-12.750	>114.3-323.9	2	2	0	0	4	8
>12.750	>323.9	4	4	0	0	8	16

<sup>a</sup> Une éprouvette d'essai de rupture avec entaille et une éprouvette d'essai de pliage à l'envers doivent être prélevées sur chacune des deux soudures d'essai, ou pour les tubes de diamètre inférieur ou égal à 1,315 pouces (33,4 mm), il y aura lieu de prélever une éprouvette d'essai de traction correspondant à un tronçon entier.

<sup>b</sup> Pour les matériaux ayant des limites élastiques minimales spécifiées supérieures à 42,000 psi (290 MPa), au minimum un essai de traction sera requis.



Notes:

1. Au choix de la société, les emplacements peuvent être tournés à condition d'être répartis uniformément autour du tube; toutefois, les éprouvettes ne doivent pas inclure la soudure longitudinale.
2. Une éprouvette d'essai de traction sous forme de tube entier peut être utilisée pour les tubes d'un diamètre inférieur ou égale à 1,315" (33.4 mm)

Figure 3 – Emplacement des éprouvettes à soudure bout à bout pour l'essai de

Qualification du mode opératoire

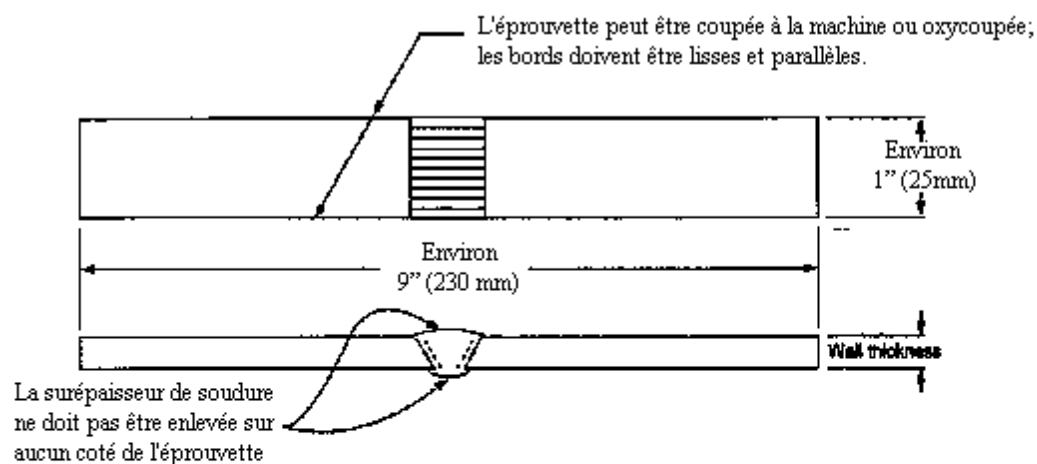


Figure 4, Epreuve d'essai de traction

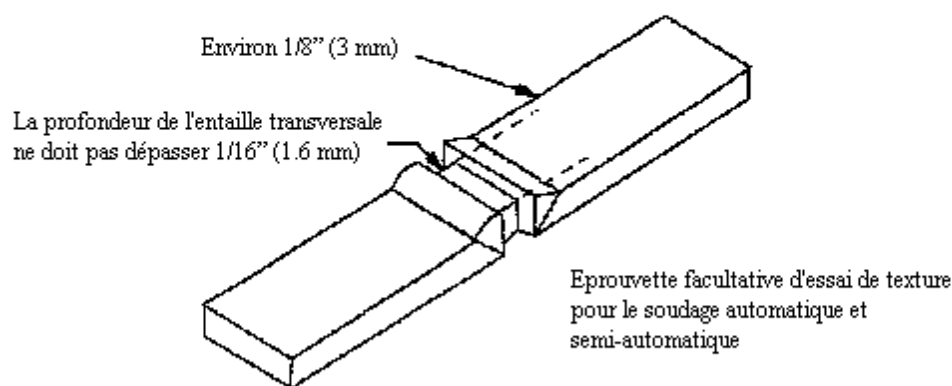
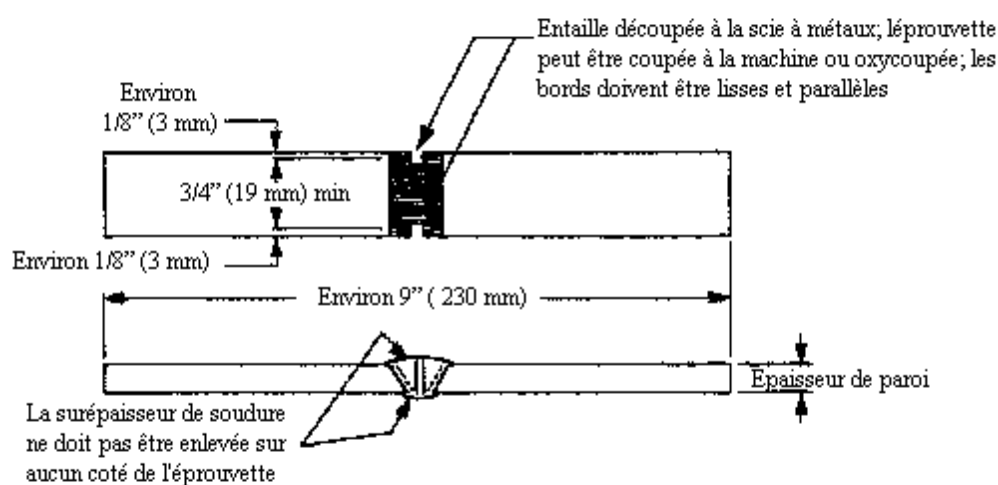


Figure 5 – Epreuve d'essai de texture

Les éprouvettes d'essai de texture avec entaille préparées de cette manière à partir de soudures effectuées par certains procédés automatiques et semi-automatiques peuvent faire l'objet de ruptures à travers le tube au lieu de la soudure. Lorsque l'expérience antérieure en matière d'essais indique qu'on peut s'attendre à des ruptures dues au tube, la surépaisseur externe peut être entaillée à une profondeur ne devant pas dépasser 1/16 pouce (1,6 mm), mesurée à partir de la surface initiale de la soudure.

Au choix de la société, les éprouvettes de rupture avec entaille destinées à la qualification d'un mode opératoire faisant appel à un procédé de soudage semi-automatique ou automatique peuvent être soumises à une attaque macrographique avant d'être entaillées.

#### **5.6.3.2 Méthode**

Les éprouvettes de rupture avec entaille peuvent être cassés en tirant dans une machine de traction, en supportant les extrémités et frappant le centre, ou en

supportant une extrémité et frappant l'autre extrémité avec un marteau. La zone apparente de la fracture doit avoir une largeur d'au moins 3/4 pouce (19 mm).

#### **5.6.3.3 Exigences**

Les surfaces apparentes de chaque éprouvette de rupture avec entaille doivent démontrer une pénétration et fusion complètes. La plus grande dimension de tout souffleur ne doit pas dépasser 1/16 pouce (1,6 mm) et l'aire combinée de tous les souffleurs ne doit pas dépasser 2% de la surface apparente. Les inclusions de laitier ne doivent pas avoir une profondeur supérieure à 1/32 pouce (0,8 mm) ni une longueur supérieure à la moindre valeur d'entre 1/8 pouce (3 mm) ou la moitié de l'épaisseur de paroi nominale. Il doit y avoir une séparation d'au moins 1/2 pouce (13 mm) entre des inclusions de laitier adjacentes. Les dimensions devraient être

mesurées tel qu'indiqué à la figure 8. Les yeux-de-poisson, tels que définis dans AWS A3.0 ne sont pas cause de rejet.

### **5.6.4 Essai de pliage à l'envers et à l'endroit**

#### **5.6.4.1 Préparation**

Les éprouvettes de pliage à l'envers et à l'endroit (voir la figure 6) doivent être environ 9 pouces (230 mm) de long et environ 1 pouce (25 mm) de large, et leurs bords longs doivent être arrondis. Elles peuvent être coupées à la machine ou oxycoupées. Les surépaisseurs de passes de fond et de couverture doivent être mises à niveau avec les surfaces des éprouvettes. Ces surfaces doivent être lisses, et toutes rayures existantes doivent être légères et transversales à la soudure.

#### **5.6.4.2 Méthode**

Les éprouvettes de pliage à l'envers et à l'endroit doivent être pliées dans un gabarit d'essai de pliage dirigé similaire à celui représenté à la figure 9. Chaque éprouvette doit être placée sur la matrice, la soudure se trouvant à mi-portée. Les éprouvettes de pliage à l'endroit doivent être placées l'endroit de la soudure vers l'intercalaire, et les éprouvettes de pliage à l'envers doivent être placées à la racine de la soudure vers l'intercalaire. Le plongeur doit être forcé dans l'intercalaire jusqu'à ce que la courbure de l'éprouvette ait environ une forme en U.

#### **5.6.4.3 Exigences**

L'essai de pliage doit être considéré acceptable si aucune fissure ou autre imperfection dépassant la moindre valeur d'entre 1/8" (3 mm) ou la moitié de l'épaisseur de paroi nominale dans aucun sens n'est présente dans la soudure ou entre la soudure et la zone de fusion après le pliage. Les fissures apparaissant sur le rayon extérieur de la pliure le long des

bords de l'éprouvette pendant l'essai et inférieures à ¼ pouce (6 mm), mesurées dans n'importe quelle direction, ne doivent pas être prises en compte à moins que des

imperfections évidentes soient observées. Chaque éprouvette soumise à l'essai de pliage doit répondre à ces exigences.

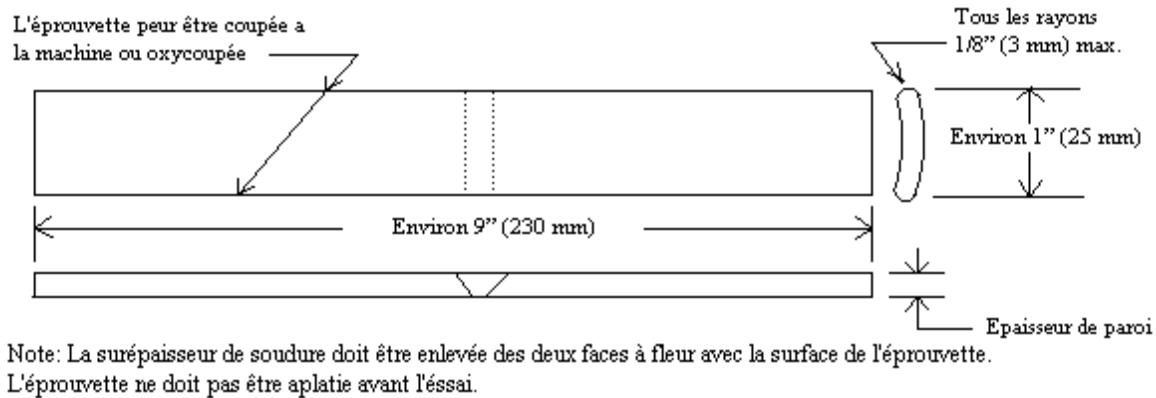
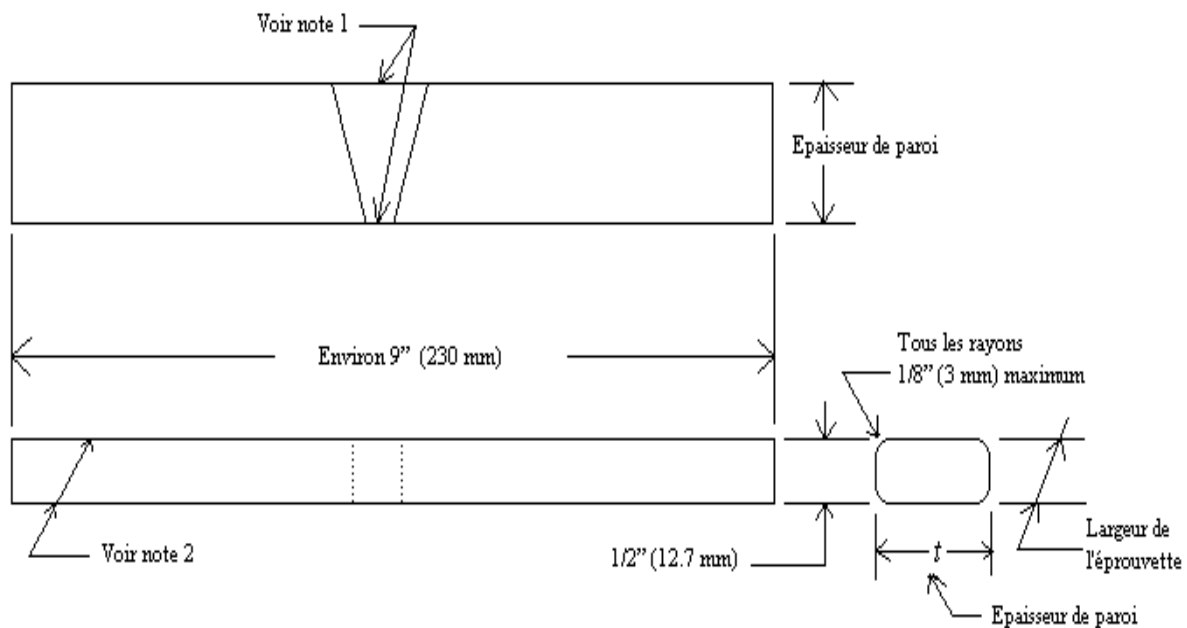


Figure 6 – Eprouvette de pliage à l'envers et à l'endroit, épaisseur de paroi inférieures ou égale à 0.500" (12.7mm)



Notes:

1. La surépaisseur de soudure doit être enlevée des deux faces à fleur avec la surface de l'éprouvette.
2. Les éprouvettes peuvent être coupées à la machine à une largeur de 1/2" (13 mm), ou elles peuvent être oxycoupées à une largeur d'environ 3/4" (19 mm), puis usinées ou meulées lisse à une largeur de 1/2" (13 mm). Les surfaces coupées doivent être lisses et parallèles.

Figure 7 – Eprouvettes d'essai de pliage sur coté : épaisseurs de paroi supérieures à 0.500" ( 13 mm )

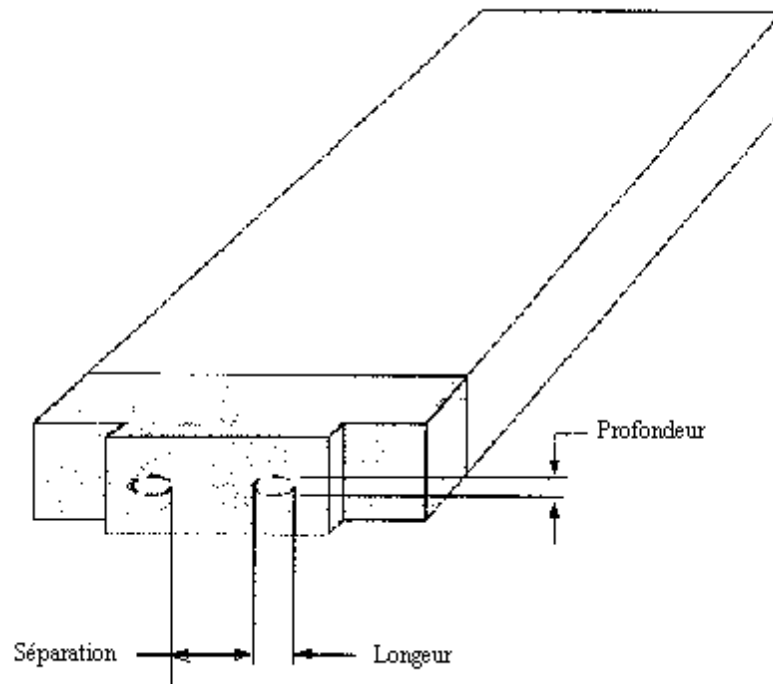


Figure 8 – Dimensionnement des imperfections dans les surfaces apparentes de Soudures

## 5.6.5 Essai de pliage sur le côté

### 5.6.5.1 Préparation

Les éprouvettes d'essai de pliage sur le côté (voir la figure 7) doivent être environ 9 pouces (230 mm) de long et environ ½ pouce (13 mm) de large, et leurs bords longs doivent être arrondis. Elles doivent être coupées à la machine ou elle peuvent être oxycoupées à environ ¾ pouce (19 mm) de largeur puis usinées ou meulées à la largeur de ½ pouce (13 mm). Les côtés doivent être lisses et parallèles. Les surépaisseurs de passe de fond et de couverture doivent être mises à niveau avec les surfaces de l'éprouvette.

### 5.6.5.2 Méthode

L'éprouvette de pliage sur le côté doit être pliée dans un gabarit d'essai de pliage dirigé similaire à celui représenté à la figure 9. Chaque éprouvette doit être placée sur la matrice, la

soudure se trouvant à mi-portée, et la face de la soudure étant perpendiculaire à l'intercalaire. Le mandrin doit être forcé dans l'intercalaire jusqu'à ce que la courbure de l'éprouvette ait environ une forme en U.

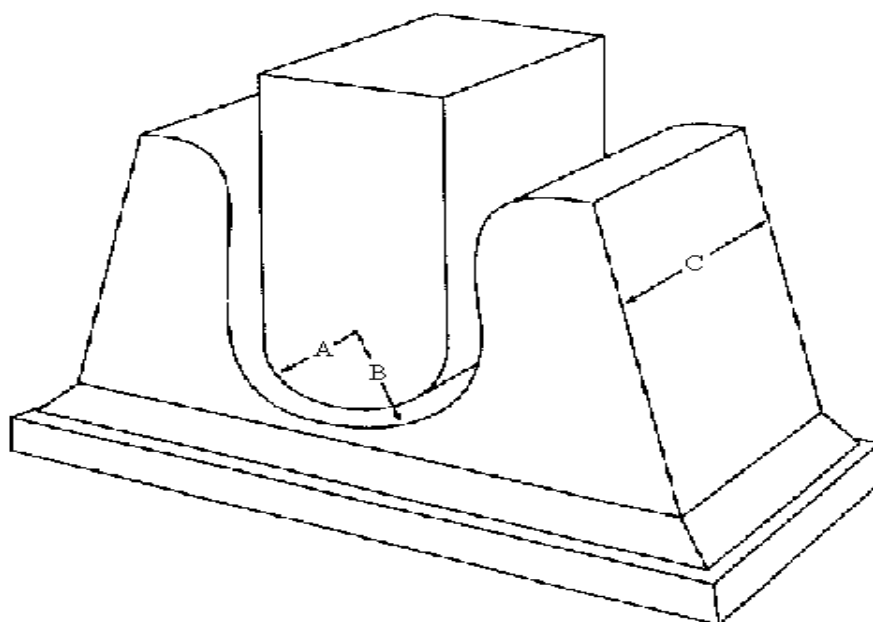
### 5.6.5.3 Exigences

Chaque éprouvette de pliage sur le côté doit satisfaire aux exigences d'essai de pliage à l'envers et la l'endroit spécifiées au paragraphe 5.6.4.3.

## 5.7 SOUDAGE DE JOINTS D'ESSAI – SOUDURES D'ANGLE

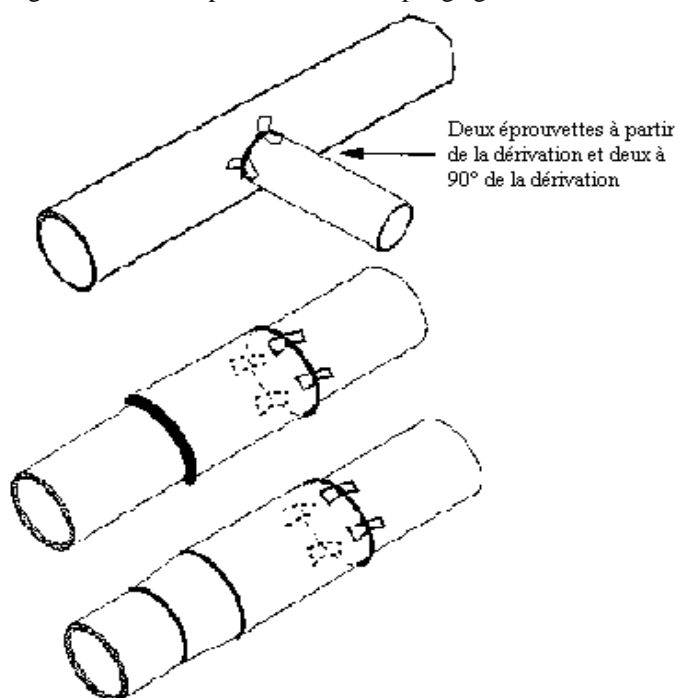
Pour souder le joint d'essai avec une soudure d'angle, on doit effectuer une soudure d'angle selon l'une des configurations représentées à la figure 10 en suivant tous les détails de la spécification de mode opératoire





Note: Cette figure n'est pas dessinée à l'échelle. Rayons du plongeur,  $A = 1\frac{3}{4}"$  ( 45 mm)  
rayons de la matrice,  $B = 2-5/16"$  ( 60 mm): largeur de la matrice,  $C = 2"$  ( 50 mm)

Figure 9 – Gabarit pour les essais de pliage guider.



Note : Cette figure indique l'emplacement des éprouvettes pour les joints de diamètre extérieur supérieur ou égal à 2,375 pouces (60,3 mm). Pour les joints de diamètre inférieur à 2,375 pouces (60,3 mm), les éprouvettes doivent être coupées au même emplacement général, mais deux éprouvettes doivent être prélevées sur chacune des deux soudures d'essai.

Figure 10 – Emplacement des éprouvettes d'essai de rupture avec entaille : soudures d'essais de qualification des soudeurs et du mode opératoire pour les soudures d'angle

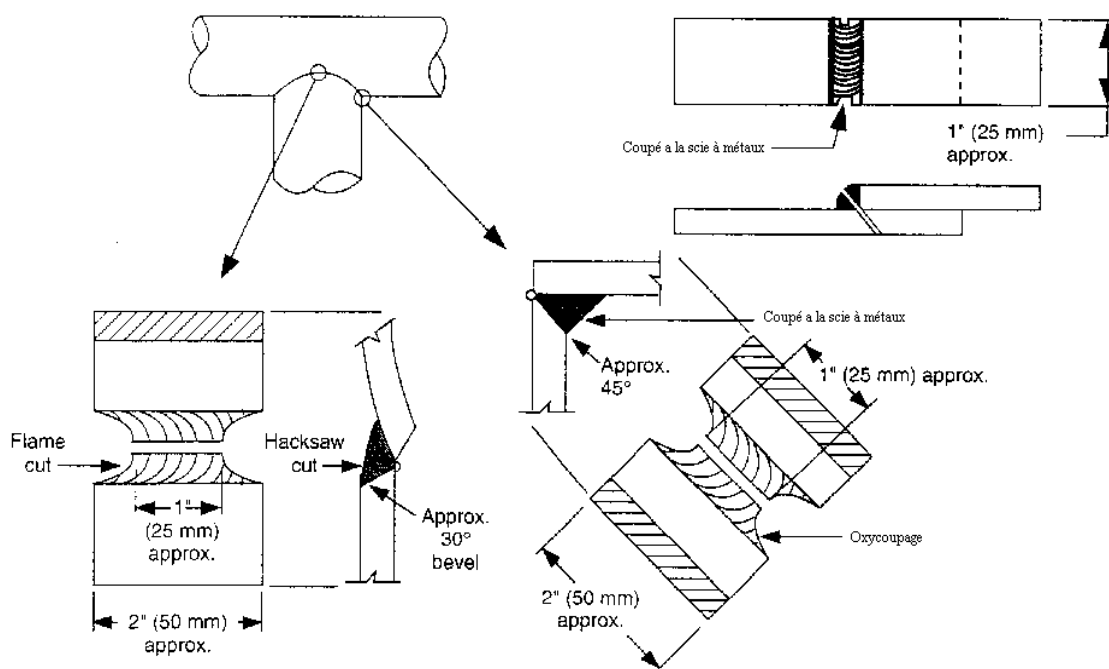


Figure 11 – Emplacement des éprouvettes d'essai de rupture avec entaille : soudures d'essai de qualification des soudeurs et du mode opératoire pour les soudures d'angle, y compris l'essai de qualification des soudeurs sur tubes de même dimension et piquages

## 5.8 CONTRÔLE DE JOINTS SOUDES – SOUDURES D'ANGLE

### 5.8.1 Préparation

Pour contrôler un joint à souder d'angle, des éprouvettes doivent être découpées dans le joint aux endroits indiqués à la figure 10. Au minimum, quatre éprouvettes doivent être prélevées et préparées tel qu'indiqué à la figure 11. Les éprouvettes peuvent être coupées à la machine ou oxycoupées. Elles doivent être au minimum 1 pouce (25 mm) de large et suffisamment longues pour examiner la structure de la soudure. Pour les tubes de diamètre extérieur inférieur à 2,375 pouces (60,3 mm), il peut s'avérer nécessaire d'effectuer deux soudures d'essai pour obtenir le nombre requis d'éprouvettes. Les éprouvettes doivent être refroidies à l'air à la température ambiante avant d'être contrôlées.

### 5.8.2 Méthode

Les éprouvettes de soudures d'angle doivent être cassées dans la soudure par toute méthode appropriée.

### 5.8.3 Exigences

Les surfaces apparentes de chaque éprouvette de soudure à angle doivent démontrer une pénétration et fusion complètes et a) la plus grande dimension de toute soufflure ne doit pas dépasser 1/16 pouce (1,6 mm), b) l'aire combinée de toutes les soufflures ne doit pas dépasser 2% de la surface apparente, c) les inclusions de laitier ne doivent pas avoir une profondeur supérieure à 1/32 pouce (0,8 mm) ni une longueur supérieure à la moindre valeur d'entre 1/8 pouce (3 mm) ou la moitié de l'épaisseur de paroi nominale, et d) il doit y avoir une séparation d'au moins 1/2 pouce (12 mm) entre des inclusions de laitier adjacentes. Les dimensions devraient être mesurées tel qu'indiqué à la figure 8.

## 6. Qualification des soudeurs

### 6.1 GENERALITES

L'essai de qualification des soudeurs a pour but de déterminer l'aptitude des soudeurs à effectuer des soudures bout à bout ou d'angles sains au moyen de modes opératoires préalablement qualifiés. Avant d'effectuer tout

soudage de production, les soudeurs doivent être qualifiés conformément aux exigences applicables des paragraphes 6.2 à 6.8 inclus. L'intention de la présente norme est que tout soudeur qui réalise l'essai de qualification de mode opératoire de manière satisfaisante est un soudeur qualifié à condition que le nombre d'éprouvettes requis à la section 6.5 ait été prélevé, contrôlé et satisfasse aux critères d'acceptation du paragraphe 5.6, pour chaque soudeur.

Avant de commencer les essais de qualification, le soudeur doit disposer d'un temps raisonnable pour ajuster le matériel de soudage à utiliser. Le soudeur doit utiliser la même technique de soudage et avancer à la même vitesse qu'il utilisera s'il passe l'essai et est autorisé à effectuer du soudage de production. La qualification des soudeurs doit se faire en présence d'un représentant agréé à la société.

Un soudeur se qualifiera pour le soudage en effectuant un essai sur des segments de mamelons de tube ou sur des mamelons pleine grandeur, tel que spécifié au paragraphe 6.2.1. Lorsque des segments de mamelons de tubes sont utilisés, ils doivent être supportés de manière à produire des soudures plates, verticales et aériennes typiques.

Les variables essentielles associées aux qualifications des soudeurs et du mode opératoire ne sont pas identiques. Les variables essentielles pour la qualification des soudeurs sont spécifiées aux paragraphes 6.2.2 et 6.3.2.

## **6.2 QUALIFICATION SIMPLE**

### **6.2.1 Généralités**

Pour la qualification simple, un soudeur doit effectuer une soudure d'essai au moyen d'un mode opératoire qualifié pour assembler des mamelons de tubes ou des segments de mamelons de tubes. Le soudeur doit effectuer une soudure bout à bout dans la position soit fixe soit en rotation. Lorsque le soudeur est qualifié en position fixe, l'axe du tube doit se trouver dans le plan horizontal, dans le plan vertical, ou oblique par rapport au plan horizontal à un angle ne devant pas dépasser 45° C.

Tout soudeur réalisant un essai de qualification simple pour des piquages, soudures d'angle ou autres configurations similaires doit suivre la spécification de mode opératoire correspondante.

Des changements dans les variables essentielles décrites au paragraphe 6.2.2 exigent la requalification du soudeur.

Les soudures seront acceptables si elles satisfont aux exigences des paragraphes 6.4 et 6.5 ou 6.6.

### **6.2.2 Champ d'application**

Un soudeur qui a réalisé avec succès l'essai de qualification décrit au paragraphe 6.2.1 sera qualifié dans les limites des variables essentielles décrites ci-dessous. Si l'une quelconque des variables essentielles suivantes est modifiée, le soudeur utilisant le nouveau mode opératoire doit être requalifié:

A Changement d'un procédé de soudage à un autre ou à une combinaison de procédés, comme suit :

- 1 Changement d'un procédé de soudage à un procédé différent ; ou
- 2 Changement dans la combinaison de procédés de soudage à moins que le soudeur ne se soit qualifié dans le cadre d'essais de qualification séparés, au moyen de chacun des procédés de soudage à utiliser pour la combinaison de procédés de soudage.

B Changement dans le sens du soudage de vertical remontant à vertical descendant, ou vice versa.

C Changement de classification du métal d'apport du Groupe 1 ou 2 au Groupe 3, ou du Groupe 3 au Groupe 1 ou 2 (voir le tableau 1).

D Changement d'un groupe de diamètre extérieur à un autre. Ces groupes sont définis comme suit :

- 1 Diamètre extérieur inférieur à 2,375 pouces (60,3 mm).
- 2 Diamètre extérieur entre 2,375 pouces (60,3 mm) et 12,750 pouces (323,9 mm).

- 3 Diamètre extérieur supérieur à 12,750 pouces (323,9 mm).
- E Changement d'un groupe d'épaisseur de paroi à un autre. Ces groupes sont définis comme suit :
- 1 Epaisseur de paroi de tube nominale inférieure à 0,188 pouce (4,8 mm).
  - 2 Epaisseur de paroi de tube nominale comprise entre 0,188 pouce (4,8 mm) et 0,750 pouce (19,1 mm).
  - 3 Epaisseur de paroi de tube nominale supérieure à 0,750 pouce (19,1 mm).
- F Changement de position par rapport à celle pour laquelle le soudeur s'est déjà qualifié (par exemple, changement de position de rotation à fixe ou changement de vertical à horizontal, ou vice versa). Tout soudeur qui passe avec succès un essai de qualification de soudures bout à bout en position fixe avec l'axe à 45° par rapport au plan horizontal sera qualifié pour effectuer des soudures bout à bout et d'angle à recouvrement dans toutes les positions.
- G Changement dans la conception du joint (par exemple, élimination d'une bande de soutien ou changement d'un chanfrein en V à un chanfrein en U).

## 6.3 QUALIFICATION MULTIPLE

### 6.3.1 Généralités

Pour une qualification multiple, un soudeur doit réaliser avec succès les deux essais décrits ci-dessous au moyen de modes opératoires qualifiés.

Pour le premier essai, le soudeur doit effectuer une soudure bout à bout en position fixe avec l'axe du tube soit dans le plan horizontal, soit oblique par rapport au plan horizontal à un angle ne devant pas dépasser 45° C. Cette soudure bout à bout doit être faite sur un tube de diamètre extérieur de 6,625

pouces (168,3 mm) au minimum et d'une épaisseur de paroi de 0,250 pouces (6,4 mm) au minimum sans bande de soutien. La soudure sera acceptable si elle satisfait aux exigences des paragraphes 6.4 et soit 6.5, soit 6.6. Les éprouvettes peuvent être prélevées sur la soudure d'essai aux endroits indiqués à la figure 12, ou elles peuvent être choisies aux endroits relatifs indiqués à la figure 12 mais sans référence à la génératrice supérieure du tube, ou bien elles peuvent être choisies parmi des emplacements espacés de manière équidistante sur toute la circonférence du tube. La séquence de types d'éprouvettes adjacentes doit être identique à celle indiquée à la figure 12 pour les divers diamètres de tubes.

Pour le deuxième essai, le soudeur doit tracer, couper, ajuster et souder un piquage pleine grandeur. Cet essai doit être effectué avec un tube de diamètre extérieur de 6,625 pouces (168,3 mm) au minimum et d'une épaisseur de paroi nominale de 0,250 pouces (6,4 mm). Un trou pleine grandeur doit être coupé dans la ligne. La soudure sera faite avec l'axe de la ligne de tube en position horizontale et l'axe du piquage en position verticale descendante par rapport à la ligne de tube. La soudure finie doit avoir une belle apparence, uniforme, de travail bien fait.

La soudure doit présenter une pénétration complète autour de toute la circonférence. Les passes de fond réalisées ne doivent contenir aucun perçage supérieur à ¼ pouce (6 mm). La somme des dimensions maximales des perçages non réparés individuels sur toute longueur de soudure continue de 12 pouces (300 mm) ne doit pas dépasser ½ pouce (13 mm).

Quatre éprouvettes de rupture avec entaille doivent être prélevées sur la soudure aux endroits indiqués à la figure 10. Elles seront préparées et contrôlées conformément aux paragraphes 5.8.1 et 5.8.2. Les surfaces apparentes doivent satisfaire aux exigences du paragraphe 5.8.3.

### 6.3.2 Champ d'application

Un soudeur qui a réalisé avec succès l'essai de qualification de soudure bout à bout décrit au paragraphe 6.3.1 sur un tube de diamètre supérieur ou égal à 12,750 pouces (323,9 mm) et une soudure de piquage pleine grandeur sur un tube de diamètre supérieur ou égal à 12,750 pouces (323,9 mm) sera qualifié pour souder dans toutes les positions : sur toutes les épaisseurs de paroi, conceptions de joints et raccords et sur tous les diamètres de tube. Un soudeur qui a rempli avec succès les conditions requises au paragraphe 6.3.1 en matière de soudure bout à bout et piquage sur un tube de diamètre inférieur à 12,750 pouces (323,9 mm) sera qualifié pour souder dans toutes les positions : sur toutes les

épaisseurs de paroi, conceptions de joints et raccords : et sur tous les diamètres de tube inférieurs ou égaux au diamètre utilisé par le soudeur dans les essais de qualification.

Si l'une quelconque des variables essentielles suivantes est modifiée dans une spécification de mode opératoire, le soudeur utilisant le nouveau mode opératoire doit être requalifié :

A. Changement d'un procédé de soudage à un autre ou à une combinaison de procédés, comme suit :

- 1 Changement d'un procédé de soudage à un procédé différent ; ou
- 2 Changement dans la combinaison de procédés de soudage à moins que le soudeur ne se soit qualifié dans le cadre d'essais de qualification séparés, chacun utilisant le même procédé de soudage que celui utilisé pour la combinaison de procédés de soudage.

B. Changement dans le sens du soudage de vertical remontant à vertical descendant , ou vice versa.

C Changement de classification du métal d'apport du Groupe 1 ou 2 au Groupe 3, ou du Groupe 3 au Groupe 1 ou 2 (voir le tableau 1).

## 6.4 EXAMEN VISUEL

Pour qu'une soudure d'essai de qualification réponde aux exigences de l'examen visuel, la soudure doit être exempte de fissures, pénétration insuffisante, et perçage et doit avoir une belle apparence de travail bien fait. La profondeur du caniveau adjacent au cordon final sur l'extérieur du tube ne doit pas dépasser la valeur moindre d'entre 1/32 pouce (0,8 mm) ou 12,5% de l'épaisseur de paroi du tube, et il ne doit pas y avoir plus de 2 pouces (50 mm) de caniveau sur aucune longueur de soudure continue de 12 pouces (300 mm).

En présence de soudage semi-automatique ou automatique, le fil d'apport dépassant à

l'intérieur du tube doit être maintenu à un minimum.

Tout défaut qui ne sont pas acceptable aux exigences de la présente sous-section constituera une raison suffisante pour annuler tout essai supplémentaire.

## 6.5 ESSAIS DESTRUCTIFS

### 6.5.1 Echantillonnage des soudures d'essai bout à bout

Pour contrôler les soudures bout à bout, des échantillons doivent être coupés sur chaque soudure d'essai. La figure 12 montre les endroits où les éprouvettes doivent être prélevées si la soudure d'essai est une soudure périphérique. Si la soudure d'essai se compose de segments de mamelons de tube, il convient de prélever un nombre approximativement égal d'éprouvettes sur chaque segment. Le nombre total d'éprouvettes et les essais auxquels chacune doit être soumise sont indiqués au tableau 3. Les éprouvettes doivent être refroidies à l'air à la température ambiante avant les essais. Pour les tubes de diamètre inférieur ou égal à 1,315 pouces (33,4 mm), une éprouvette de tronçon entier peut remplacer les éprouvettes de pliage à l'envers et de rupture avec entaille. Ce tronçon entier doit être contrôlé conformément au paragraphe 5.6.2.2 et satisfaire aux exigences du paragraphe 5.5.3.

### 6.5.2 Modes opératoires des essais de traction, rupture avec entaille, et pliage pour les soudures bout à bout

Les éprouvettes doivent être préparées pour les essais de traction, rupture avec entaille et pliage et les essais doivent être réalisés, tel que décrit à la section 5.6. Toutefois, pour les besoins de qualification des soudeurs, il n'est pas nécessaire de calculer la résistance à la traction des coupons. L'essai de traction peut même être omis, auquel cas les éprouvettes désignées pour l'essai doivent être soumises à l'essai de rupture avec entaille.

### 6.5.3 Exigences d'essai de traction pour les soudures bout à bout

Pour l'essai de traction, si l'une quelconque des éprouvettes de tronçon réduit ou l'éprouvette de tronçon entier casse dans la soudure ou à la jonction de la soudure et du matériau de base et ne satisfait pas aux exigences d'intégrité du paragraphe 5.6.3.3, le soudeur sera disqualifié.

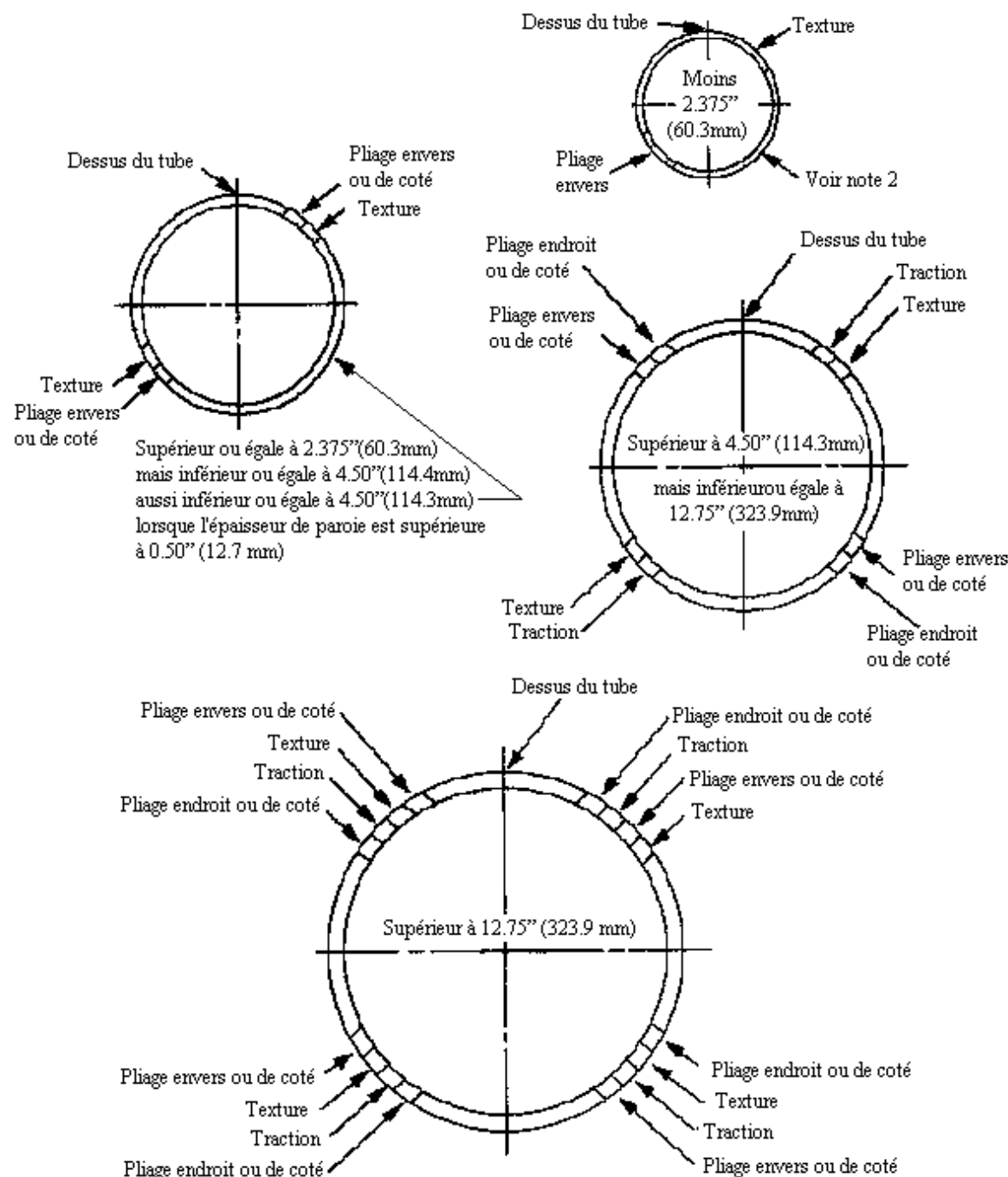
#### **6.5.4 Exigences d'essai de rupture avec entaille pour les soudures bout à bout**

Pour l'essai de rupture avec entaille, si une éprouvette quelconque présente des imperfections dépassant celles admises selon le paragraphe 5.6.3.3, le soudeur sera disqualifié.

#### **6.5.5 Exigences d'essai de pliage pour les soudures bout à bout**

Pour les essais de pliage, si une éprouvette quelconque présente des imperfections dépassant celles admises selon les paragraphes 5.6.4.3 ou 5.6.5.3, le soudeur sera disqualifié. Les soudures sur des tubes haute résistance peuvent ne pas plier en forme complètement en U. Ces soudures seront considérées acceptables si les éprouvettes qui fissurent sont brisent et leurs surfaces apparentes satisfont aux exigences du paragraphe 5.6.3.3.

Si l'une des éprouvettes d'essai de pliage ne satisfait pas à ces exigences, et, de l'avis de la société, l'imperfection observée n'est pas représentative de la soudure, l'éprouvette peut être remplacée par une éprouvette supplémentaire coupée de manière adjacente à celle qui a failli. Le soudeur sera disqualifié si l'éprouvette supplémentaire présente également des imperfections dépassant les limites spécifiées.



Notes:

1. Au choix de la société, les emplacements peuvent être tournés à condition d'être répartis uniformément autour du tube; toutefois, les éprouvettes ne doivent pas inclure la soudure longitudinale.
2. Une éprouvette d'essai de traction sous forme de tube entier peut être utilisée pour les tubes d'un diamètre inférieur ou égale à 1.315" (33.4 mm)

Figure 12 – Emplacement des éprouvettes de soudures d'essai bout à bout pour l'essai de qualification des soudeurs

Tableau 3 – Type et nombre d'éprouvettes de soudures bout à bout par soudeur pour l'essai de qualification des soudeurs et les essais destructifs de soudures de production

Diamètre extérieur du tube		Quantité d'éprouvettes					
Pouces	Millimètre	Rési Trac	Essai de Text	Plia enve	Plia endr	Plia coté	Total
<b>Epaisseur de paroi ≤ 0.500" (12.7 mm)</b>							
<2.375	<60.2	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4 <sup>a</sup>
2.375 – 4.500	60.2-114.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4
>4.500-12.750	114.3-323.9	2	2	2	0	0	6
>12.750	>323.9	4	4	2	2	0	12
<b>Epaisseur de paroi &gt;0.500" (12.7 mm)</b>							
≤ 4.500	≤114.3	0	2	0	0	2	4
>4.500-12.750	>114.3-323.9	2	2	0	0	2	6
>12.750	>323.9	4	4	0	0	4	12

<sup>a</sup> Pour les tubes de diamètre extérieur inférieur ou égal à 1,315 pouces (33,4 mm), il y aura lieu de prélever des éprouvette sur deux soudures ou bien une éprouvette d'essai de traction correspondant à un tronçon entier.



#### **6.5.6 Echantillonnage des soudures d'angle d'essai**

Pour contrôler les soudures d'angle, des échantillons doivent être coupés sur chaque soudure d'essai. La figure 10 montre les endroits où les éprouvettes doivent être prélevées si la soudure d'essai est une soudure périphérique complète. Si la soudure d'essai se compose de segments de mamelons de tube, il convient de prélever un nombre approximativement égal d'éprouvettes sur chaque segment. Les éprouvettes doivent être refroidies à l'air à la température ambiante avant les essais.

#### **6.5.6 Echantillonnage des soudures d'angle d'essai**

Pour contrôler les soudures d'angle, des échantillons doivent être coupés sur chaque soudure d'essai. La figure 10 montre les endroits où les éprouvettes doivent être prélevées si la soudure d'essai est une soudure périphérique complète. Si la soudure d'essai se compose de segments de mamelons de tube, il convient de prélever un nombre approximativement égal d'éprouvettes sur chaque segment. Les éprouvettes doivent être refroidies à l'air à la température ambiante avant les essais.

#### **6.5.7 Méthode et exigences d'essai pour les soudures d'angle**

Les éprouvettes de soudure d'angle doivent être préparées et l'essai réalisé tel que décrit à la section 5.8.

### **6.6 RADIOGRAPHIE – SOUDURES BOUT À BOUT SEULEMENT**

#### **6.6.1 Généralités**

Au choix de la société, la soudure bout à bout de qualification peut faire l'objet d'examen radiographique au lieu des essais spécifiés à la section 6.5.

#### **6.6.2 Exigences d'inspection**

Des radiographies seront faites de chacune des soudures d'essai. Le soudeur sera disqualifié si l'une quelconque des soudures d'essai ne satisfait pas aux exigences de la section 9.3

On ne doit pas utiliser un examen radiographique dans le but de localiser des aires saines ou des aires contenant des imperfections et par la suite effectuer des contrôles de ces aires pour qualifier ou disqualifier un soudeur.

### **6.7 ESSAI REPETE**

Si de l'avis commun de la société et des représentants de l'entrepreneur, un soudeur ne passe pas l'essai de qualification en raison de conditions exceptionnelles ou de conditions indépendantes de sa volonté, le soudeur peut avoir une deuxième chance de se qualifier. Aucun autre essai ne sera répété jusqu'à ce que le soudeur ait démontré la preuve de sa formation ultérieure agréable à la société.

### **6.8 DOSSIERS**

Il sera tenu un dossier des essais donnés à chaque soudeur et des résultats détaillés de chaque essai. Une formule similaire à celle représentée à la figure 2 doit être utilisée. (cette formule doit être établie de manière à satisfaire les besoins particuliers de la société, mais doit être suffisamment détaillée pour démontrer que l'essai de qualification satisfait aux

exigences de la présente norme.) On doit tenir une liste des soudeurs qualifiés et des modes opératoires pour lesquels ils sont qualifiés. Un soudeur peut être tenu de se requalifier si sa compétence est remise en cause par une défaillance.

## **7. Conception et préparation d'un joint pour le soudage de production**

### **7.1 GENERALITES**

La tuyauterie doit être soudée par des soudeurs qualifiés au moyen de modes opératoires qualifiés. Les surfaces à souder doivent être lisses, uniformes et exemptes de dédoubleures, déchirures, calamine, laitier, graisse, peinture et autre matériau nuisible susceptible d'avoir un effet néfaste sur le soudage. La conception du joint et l'espacement entre les extrémités en about doivent être conformes à la spécification de mode opératoire utilisée.

### **7.2 ALIGNEMENT**

L'alignement des extrémités bout à bout doit minimiser le décalage entre les surfaces. Pour les extrémités de tube de la même épaisseur nominale, le décalage ne doit pas dépasser 1/8 pouce (3 mm). De plus grandes variations sont admissibles à conditions que la variation soit consécutive à des variations des dimensions d'extrémités de tube dans les limites des tolérances de la spécification d'achat du tube, et que lesdites variations aient été réparties pratiquement uniformément autour de la circonférence du tube. Le martelage du tube pour obtenir un bon alignement doit être strictement limité.

### **7.3 USAGE DE LIGNEUR POUR LES SOUDURES BOUT À BOUT**

Des ligneurs doivent être utilisés pour les soudures bout à bout conformément à la spécification de mode opératoire. Lorsqu'il est permis de retirer le ligneur avant l'achèvement de la passe de fond, la partie achevée du cordon doit se trouver dans des segments approximativement égaux espacés à des distances approximativement égales sur la circonférence du joint. Toutefois, quand un ligneur interne est utilisé et que les conditions font qu'il s'avère difficile d'empêcher le tube de bouger, ou si la soudure sera soumise à des efforts indus, la passe de fond doit être achevée avant de détensionner le ligneur. Les segments de passe de fond utilisés avec des ligneurs externes doivent être espacés uniformément sur la circonférence du tube et avoir une longueur globale d'au moins 50% de la circonférence du tube avant de retirer le ligneur.

### **7.4 CHANFREIN**

#### **7.4.1 Chanfrein en usine**

Tous les chanfreins en usine sur les extrémités de tube doivent être conformes à la conception de joint utilisée dans la spécification de mode opératoire.

#### **7.4.2 Chanfrein au chantier**

Les extrémités de tubes doivent être chanfreinées sur le chantier à la machine-outil ou par oxycoupage mécanique. Si la société le permet, un oxycoupage manuel peut également être utilisé. Les extrémités chanfreinées doivent être correctement lisses et uniformes, et les dimensions doivent être conformes à la spécification de mode opératoire.

### **7.5 CONDITIONS METEOROLOGIQUES**

Le soudage ne doit pas avoir lieu lorsque la qualité de la soudure réalisée serait compromise par les conditions météorologiques dominantes, y compris sans que la liste soit exhaustive, l'humidité

ambiante, les tempêtes de sable, ou des vents violents. Des paravents peuvent être utilisés, le cas échéant. La société doit décider si les conditions météorologiques sont propices au soudage.

## **7.6 DEGAGEMENT**

Lorsque le tube est soudé en hauteur, le dégagement de travail autour du tube au niveau de la soudure ne devrait pas être inférieur à 16 pouces (400 mm). Quand le tube est soudé dans une tranchée, la niche doit être assez grande pour permettre au soudeur ou aux soudeurs d'avoir facilement accès au joint.

## **7.7 NETTOYAGE ENTRE CORDONS**

La calamine et la laitier doivent être enlevés de chaque cordon et rainure. Des outils mécaniques peuvent être utilisés lorsque la spécification de mode opératoire le spécifie ; sinon, le nettoyage peut se faire au moyen d'outils à main ou mécaniques.

En présence de soudage semi-automatique ou automatique, les nids de piqures, débuts de cordon et points hauts doivent être éliminés par meulage avant le dépôt de métal de soudure.

## **7.8 SOUDAGE EN POSITION**

### **7.8.1 Mode opératoire**

Toutes les soudures en position doivent être effectuées avec les parties à assembler tenues immobiles et avec un dégagement suffisant autour du joint pour assurer un espace de travail au soudeur ou aux soudeurs.

### **7.8.2 Cordons d'apport et de finition**

Pour le soudage en position, le nombre de cordons d'apport et de finition doit assurer à la soudure achevée une section sensiblement uniforme tout autour de la circonférence du tube. La surface de crête ne doit en aucun point tomber en dessous de la surface extérieure du tube ni dépasser le métal de base de plus de 1/16 pouce (1,6 mm).

Deux cordons ne peuvent pas commencer au même endroit. L'endroit de la soudure achevée doit être environ 1/8 pouce (3 mm) plus large que la largeur de la gorge initiale. La soudure achevée doit être brossée et nettoyée à fond.

## **7.9 SOUDAGE EN ROTATION**

### **7.9.1 Alignement**

Au choix de la société, le soudage par calaminage doit être permis à condition de maintenir l'alignement au moyen de patins ou d'une ossature avec un nombre suffisant de chariots à rouleaux pour empêcher tout affaissement sur les longueurs de tube supportées.

### **7.9.2 Cordons d'apport et de finition**

Pour le soudage par rotation, le nombre de cordons d'apport et de finition doit être tel que la soudure achevée a une section sensiblement uniforme tout autour de la circonférence du tube. La surface de crête ne doit en aucun point tomber en dessous de la surface extérieure du tube ni dépasser le métal de base de plus de 1/16 pouce (1,6 mm).

L'endroit de la soudure achevée doit être environ 1/8 pouce (3 mm) plus large que la largeur de la gorge initiale. A mesure de l'avancement du soudage, le tube doit être roulé afin de maintenir le soudage sur ou près de la génératrice supérieure du tube. La soudure achevée doit être brossée et nettoyée à fond.

## **7.10 IDENTIFICATION DES SOUDURES**

Chaque soudeur doit identifier son travail de la manière prescrite par la société.

## **7.11 TRAITEMENT THERMIQUE PRE- ET POST-SOUDAGE**

La spécification de mode opératoire doit spécifier les pratiques de traitement thermique pré- et post-soudage à suivre lorsque les matériaux ou les conditions météorologiques rendent nécessaires l'un ou l'autre ou les deux traitements.

# **8 Inspection et contrôle des soudures de production**

## **8.1 DROITS D'INSPECTION**

La société doit avoir le droit d'inspecter toutes les soudures par des moyens non destructifs ou par retrait des soudures et soumission à des essais mécaniques. L'inspection doit se faire pendant le soudage ou après achèvement de la soudure. La fréquence d'inspection doit être telle que spécifiée par la société.

## **8.2 METHODES D'INSPECTION**

Les essais non destructifs peuvent consister en un examen radiographique ou toute autre méthode spécifiée par la société. La méthode utilisée doit produire des indications des imperfections pouvant être interprétées et évaluées avec précision. Les soudures doivent être évaluées selon le chapitre 9 ou, au choix de la société, l'annexe A. Dans ce dernier cas, une inspection plus approfondie est requise pour déterminer la taille de l'imperfection.

Les essais destructifs doivent consister en le retrait de soudures achevées, la division des soudures en éprouvettes et l'examen de ces éprouvettes. Les éprouvettes doivent être préparées conformément à la section 6.5 et satisfaire à ses exigences. La société aura le droit d'accepter ou de rejeter toute soudure qui ne satisfait pas aux exigences de la méthode par laquelle elle est inspectée. Le soudeur réalisant une soudure non conforme aux exigences peut être disqualifié en ce qui concerne tout travail ultérieur.

Les opérateurs de matériel d'essais non destructifs peuvent être tenus de démontrer la capacité du mode opératoire d'inspection à détecter des défauts et l'aptitude de l'opérateur à correctement interpréter les indications données par le matériel.

Des méthodes de contrôle par trépanage ne doivent pas être utilisées.