
**Bouteilles à gaz — Tubes en acier
sans soudure rechargeables d'une
contenance en eau de 150 l à 3000 l —
Conception, construction et essais**

*Gas cylinders — Refillable seamless steel tubes of water capacity
between 150 l and 3000 l — Design, construction and testing*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11120:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c195664-c5fb-4155-a933-889ee0be7516/iso-11120-2015>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11120:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c195664-c5fb-4155-a933-889ee0be7516/iso-11120-2015>



COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT

© ISO 2015

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized otherwise in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, or posting on the internet or an intranet, without prior written permission. Permission can be requested from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

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

Published in Switzerland

Contents

	Page
Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Symboles	3
5 Contrôle et essais	3
6 Matériaux	3
6.1 Exigences générales.....	3
6.2 Contrôles de la composition chimique.....	4
6.3 Traitement thermique.....	5
6.4 Propriétés mécaniques.....	6
6.5 Non-conformité aux exigences relatives aux essais.....	6
7 Conception	6
7.1 Calcul de l'épaisseur de l'enveloppe cylindrique.....	6
7.2 Conception des extrémités des tubes.....	7
7.3 Dessin de conception.....	7
8 Construction et exécution	7
8.1 Généralités.....	7
8.2 Imperfections de surface.....	7
8.3 Contrôle par ultrasons.....	8
8.4 Fermeture des extrémités (raccord).....	8
8.5 Tolérances dimensionnelles.....	8
8.5.1 Ovalisation.....	8
8.5.2 Diamètre extérieur.....	8
8.5.3 Rectitude.....	8
8.5.4 Excentration.....	8
8.5.5 Longueur.....	9
8.5.6 Capacité en eau.....	9
8.5.7 Masse.....	9
9 Procédure d'approbation de type	9
9.1 Exigences générales.....	9
9.2 Essais de prototype.....	10
9.3 Rapport d'essais d'approbation de type.....	10
9.4 Certificat d'approbation de type.....	10
10 Essais sur lots	10
10.1 Exigences générales.....	10
10.2 Essais mécaniques.....	11
10.2.1 Exigences générales.....	11
10.2.2 Essai de traction.....	11
10.2.3 Essai de flexion par choc.....	11
10.3 Interprétation des résultats.....	12
11 Essais sur chaque tube	12
11.1 Généralités.....	12
11.2 Épreuve hydraulique.....	12
11.2.1 Essai de pression d'épreuve.....	12
11.2.2 Essai d'expansion volumétrique.....	13
11.3 Essai de dureté.....	13
11.4 Inspection visuelle.....	13

11.5	Contrôle dimensionnel.....	14
11.5.1	Épaisseur.....	14
11.5.2	Diamètre et longueur.....	14
11.5.3	Contenance en eau et masse.....	14
11.5.4	Filetages du goulot et ouvertures.....	14
11.6	Essai non destructif par ultrasons.....	14
12	Exigences particulières pour les tubes destinés à être utilisés avec des gaz fragilisants.....	14
12.1	Généralités.....	14
12.2	Matériaux.....	14
12.3	Conception.....	15
12.4	Construction et exécution.....	15
12.4.1	Généralités.....	15
12.4.2	Imperfections de surface.....	15
12.5	Essais mécaniques.....	16
12.5.1	Essais de traction et de flexion par choc.....	16
12.5.2	Essai de dureté.....	16
13	Certificat d'inspection.....	16
14	Marquage.....	16
Annexe A	(informative) Compositions chimiques types des matériaux constitutifs des tubes en acier sans soudure.....	18
Annexe B	(normative) Contrôle par ultrasons.....	19
Annexe C	(informative) Description et évaluation des imperfections de fabrication et critères de rejet des tubes en acier sans soudure au moment de l'inspection finale par le fabricant.....	24
Annexe D	(informative) Certificat de réception.....	30
Annexe E	(informative) Certificat d'approbation de type.....	32
Annexe F	(informative) Calcul des contraintes de flexion.....	33
Bibliographie	34

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c195664-c5fb-4155-a933-889ee0bz7516/iso-11120-2015).

L'ISO 11120 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 58, *Bouteilles à gaz*, sous-comité SC 3, *Construction des bouteilles*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 11120:1999), qui a fait l'objet de la révision technique suivante:

- l'[Annexe A](#) «Compositions chimiques types des matériaux constitutifs des tubes en acier sans soudure» est informative;
- l'acier nickel-chrome-molybdène a été ajouté en [6.1.1](#) et à l'[Annexe A](#) en tant que Groupe V;
- la teneur maximale en soufre indiquée en [6.2.2](#) a été réduite de 0,020 % à 0,010 %; de plus, la somme des teneurs en soufre et en phosphore a été réduite de 0,030 % à 0,025 %;
- les dispositions relatives au contrôle par ultrasons en [8.3](#) ont été modifiées pour inclure aussi le contrôle par ultrasons de l'épaisseur de paroi et des imperfections sur les tubes fournis;
- une «Procédure d'approbation de type» a été introduite à l'[Article 9](#);
- les dispositions relatives à la conception des tubes destinés à être utilisés avec des gaz fragilisants ont été révisées.

Elle incorpore également l'ISO 11120:1999/Amd 1:2013.

Introduction

L'objet de la présente Norme internationale est de définir une spécification pour la conception, la fabrication, le contrôle et les essais des tubes au moment de leur fabrication, pour usage dans le monde entier. L'objectif est d'arriver à équilibrer l'efficacité conceptuelle et économique par rapport aux critères d'acceptation internationaux et d'utilité universelle.

La présente Norme internationale vise à éliminer toute préoccupation relative au climat, aux contrôles multiples et aux restrictions existant actuellement en raison du manque de Normes internationales définitives. La présente Norme européenne ne reflète pas le caractère approprié ou non de la pratique de quelque pays ou région que ce soit.

La présente Norme internationale traite des exigences générales relatives à la conception, à la construction et aux contrôles et essais initiaux des récipients sous pression, spécifiées dans les *Recommandations sur le Transport des Marchandises Dangereuses: Règlement type* de l'Organisation des Nations Unies.

Elle est destinée à être utilisée dans le cadre de divers régimes réglementaires, mais est adaptée à une utilisation avec le système d'évaluation de la conformité relatif aux récipients sous pression des Nations Unies du Règlement type mentionné ci-dessus.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11120:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c195664-c5fb-4155-a933-889ee0be7516/iso-11120-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c195664-c5fb-4155-a933-889ee0be7516/iso-11120-2015>

Bouteilles à gaz — Tubes en acier sans soudure rechargeables d'une contenance en eau de 150 l à 3000 l — Conception, construction et essais

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences minimales relatives au matériau, à la conception, à la construction et à l'exécution, aux procédés de fabrication, aux contrôles et aux essais au moment de la fabrication des tubes en acier sans soudure, trempés et revenus, rechargeables, d'une contenance en eau de plus de 150 litres à 3 000 litres inclus, destinés aux gaz comprimés et liquéfiés exposés à des températures ambiantes extrêmes, généralement comprises entre -50 °C et +65 °C.

La présente Norme internationale s'applique aux tubes de résistance à la traction maximale, $R_{m\alpha}$, inférieure à 1 100 MPa. Ces tubes peuvent être utilisés seuls ou en batteries afin d'équiper des remorques ou des conteneurs à gaz à éléments multiples (modules ISO ou skids) pour le transport et la distribution de gaz comprimés.

La présente Norme internationale est applicable aux tubes ayant une ouverture à chaque extrémité.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 148-1, *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 148-2, *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 2: Vérification des machines d'essai (mouton-pendule)*

ISO 148-3, *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 3: Préparation et caractérisation des éprouvettes Charpy à entaille en V pour la vérification indirecte des machines d'essai mouton-pendule*

ISO 9712, *Essais non destructifs — Qualification et certification du personnel END*

ISO 6506-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Brinell — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 6506-2, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Brinell — Partie 2: Vérification et étalonnage des machines d'essai*

ISO 6506-3, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Brinell — Partie 3: Étalonnage des blocs de référence*

ISO 6892-1, *Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante*

ISO 11114-1, *Bouteilles à gaz — Compatibilité des matériaux des bouteilles et des robinets avec les contenus gazeux — Partie 1: Matériaux métalliques*

ISO 11114-4, *Bouteilles à gaz transportables — Compatibilité des matériaux des bouteilles et des robinets avec les contenus gazeux — Partie 4: Méthodes d'essai pour le choix de matériaux métalliques résistants à la fragilisation par l'hydrogène*

ISO 13769, *Bouteilles à gaz — Marquage*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 limite d'élasticité

valeur correspondant à la limite supérieure d'élasticité, R_{eH} , ou, pour les aciers ne présentant pas de limite définie, la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2}$ (allongement non proportionnel)

Note 1 à l'article: Voir l'ISO 6892-1.

3.2 trempe

traitement thermique de durcissement au cours duquel un tube qui a été porté à une température uniforme supérieure à celle du point critique supérieur, Ac_3 , de l'acier, est refroidi rapidement dans un milieu adapté

3.3 revenu

traitement thermique d'adoucissement qui suit la trempe, au cours duquel un tube est porté à une température uniforme inférieure à celle du point critique inférieur, Ac_1 , de l'acier

3.4 tube

récipient sous pression transportable sans soudure d'une contenance en eau supérieure à 150 l mais au maximum égale à 3 000 l

3.5
lot
quantité de 30 tubes maximum de même diamètre nominal, même épaisseur et même conception, fabriqués successivement à partir de la même coulée et soumis au même traitement thermique (c'est-à-dire traitement dans un four continu ou dans un four discontinu pour l'austénisation et le revenu) en utilisant les mêmes paramètres de traitement thermique

3.6 pression d'épreuve

p_h
pression requise appliquée pendant un essai de pression

Note 1 à l'article: Elle doit être utilisée pour le calcul de l'épaisseur de paroi des tubes.

3.7 facteur de contrainte théorique

F
rapport de la contrainte équivalente de paroi à la pression d'épreuve, p_h , à la valeur minimale garantie de limite d'élasticité, R_{eg}

3.8 dédoublure

toute imperfection sensiblement parallèle à la surface du tube, située dans l'épaisseur du produit

3.9 pression de de service

pression établie d'un gaz comprimé à une température de référence uniforme de 15 °C dans un tube plein

4 Symboles

a	Épaisseur minimale calculée de l'enveloppe cylindrique, exprimée en millimètres
a'	Épaisseur minimale garantie de l'enveloppe cylindrique, exprimée en millimètres
A	Pourcentage d'allongement à la rupture
D	Diamètre extérieur nominal du tube, exprimé en millimètres
f	Constante du facteur de contrainte théorique (voir 12.3)
F	Facteur de contrainte théorique (variable) (voir 3.7)
L_0	Longueur initiale entre repères, exprimée en millimètres, conformément à l'ISO 6892-1
p_h	Pression d'épreuve hydraulique, exprimée en bar relatif ¹⁾
p_w	Pression de service, exprimée en bar relatif
R_{eg}	Valeur minimale garantie de la limite d'élasticité, exprimée en mégapascals
R_{ea}	Valeur réelle de la limite d'élasticité, telle que déterminée par l'essai de traction (voir 10.2.2), exprimée en mégapascals
R_{mg}	Valeur minimale garantie de résistance à la traction, exprimée en mégapascals
R_{ma}	Valeur réelle de la résistance à la traction, telle que déterminée par l'essai de traction (voir 10.2.2), exprimée en mégapascals
$R_{m \max}$	Valeur maximale garantie de résistance à la traction, exprimée en mégapascals
S_0	Section initiale de l'éprouvette de traction, exprimée en millimètres carrés, conformément à l'ISO 6892-1

¹⁾ 1 bar = 10⁵ Pa = 10⁵ N/m²

5 Contrôle et essais

L'évaluation de la conformité doit être effectuée conformément aux réglementations applicables des pays utilisateurs.

Afin de garantir que les tubes sont conformes à la présente Norme internationale, ils doivent être soumis à un contrôle et des essais conformément aux [Articles 9, 10 et 11](#) par un organisme de contrôle (ci-après désigné «Organisme de Contrôle» (autorisé à le faire).

Les équipements de mesure, d'essai et de contrôle utilisés pendant la production doivent être entretenus et étalonnés dans le cadre d'un système de management de la qualité documenté.

6 Matériaux

6.1 Exigences générales

6.1.1 Les matériaux utilisés pour la fabrication des tubes doivent être conformes aux exigences données en [6.2](#), [6.3](#) et [6.4](#).

Les aciers servant à la fabrication des tubes doivent être de composition reconnue sur le plan national ou international et de fiabilité prouvée. Les tubes doivent être fabriqués en acier au carbone, en acier

carbone manganèse, en acier chrome-molybdène, en acier nickel-chrome-molybdène, en acier chrome-molybdène-vanadium ou un acier allié similaire.

NOTE L'expérience a démontré que les aciers des types mentionnés à l'[Annexe A](#) sont acceptables.

L'acier doit contenir au moins 95 % de fer. Les nouvelles compositions d'acier et les aciers pour lesquels on ne dispose que d'une expérience réduite pour l'application aux tubes doivent être intégralement soumis aux essais et agréés par un organisme autorisé et avoir été fabriqués à partir d'au moins cinq coulées d'acier. Le fabricant du tube fini doit fournir, avec les tubes livrés, une spécification détaillée donnant les tolérances concernant:

- la composition chimique,
- les dimensions, et
- l'état de surface.

6.1.2 Le matériau utilisé pour la fabrication des tubes doit être en acier, autre qu'un acier effervescent, calmé à l'aluminium et/ou au silicium.

Le matériau doit présenter des qualités de non-vieillessement, avec une quantité suffisante d'éléments de piégeage en azote (par exemple: Al 0,015 %).

Lorsque le client demande la vérification des qualités de non-vieillessement, les critères à prendre en compte doivent être spécifiés d'un commun accord et apparaître dans la commande.

6.1.3 Afin de démontrer l'aptitude au traitement thermique d'un type de tube donné, il est conseillé au fabricant de tubes de fournir un certificat attestant des propriétés mécaniques, comme un guide permettant au fabricant des tubes d'obtenir les propriétés requises par la présente Norme internationale. Ce certificat est obtenu en procédant à un traitement thermique de référence, représentatif du traitement thermique final, sur un échantillon de tubes.

6.1.4 Le fabricant de tubes doit établir des moyens permettant d'identifier les tubes avec la coulée d'acier à partir de laquelle ils ont été fabriqués.

6.1.5 Les nuances d'acier utilisées pour la fabrication des bouteilles doivent être compatibles avec le service de gaz prévu, par exemple, gaz corrosifs et gaz fragilisants (voir l'ISO 11114-1).

NOTE Des exigences supplémentaires relatives aux tubes destinés à être utilisés avec des gaz fragilisants sont données à l'[Article 12](#).

6.2 Contrôles de la composition chimique

6.2.1 Un acier est défini par sa méthode de fabrication et par sa composition chimique.

La fabrication de l'acier doit être définie par référence à un procédé donné (convertisseur à l'oxygène, four électrique ou équivalent) et à la méthode par laquelle il est calmé.

La composition chimique doit être définie au minimum, en indiquant:

- la teneur en carbone, en manganèse et en silicium dans tous les cas,
- la teneur en chrome, en nickel, en molybdène, en vanadium ou en niobium lorsqu'il s'agit d'éléments d'alliage introduits intentionnellement dans l'acier, et
- la teneur maximale en soufre et phosphore, dans tous les cas.

Les teneurs en carbone, manganèse, silicium et, le cas échéant, en chrome, nickel, molybdène, vanadium ou niobium doivent être indiquées avec des tolérances telles que la différence entre les valeurs maximale et minimale de l'analyse de coulée n'excède pas les plages données dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Tolérances de composition chimique

Élément	Teneur maximale (fraction massique)	Plage autorisée (fraction massique)
	%	%
Carbone	<0,30	0,06
	≥0,30	0,07
Manganèse	Toutes les valeurs	0,30
Silicium	Toutes les valeurs	0,30
Chrome	<1,50	0,30
	≥1,50	0,50
Nickel	Toutes les valeurs	0,40
Molybdène	Toutes les valeurs	0,15

Les éléments non inclus dans la composition chimique déclarée ne doivent pas être ajoutés intentionnellement. La teneur de ces éléments doit être limitée de manière à garantir qu'ils n'ont aucun effet dommageable sur les propriétés du produit fini.

La teneur combinée des éléments vanadium, niobium, titane, bore et zirconium, ne doit pas être supérieure à 0,15 %. Cette exigence ne doit pas s'appliquer aux aciers du Groupe IV selon l'Annexe A.

La teneur réelle de chaque élément volontairement ajouté doit être consignée et la teneur maximale de chaque élément doit être conforme aux règles de bonne pratique applicables à la fabrication de l'acier.

6.2.2 Les teneurs maximales en soufre et en phosphore déterminées lors des analyses de coulée et de vérification ne doivent pas dépasser 0,010 % et 0,020 %, respectivement, et leur somme ne doit pas être supérieure à 0,025 %.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c195664-c5fb-4155-a933-889ee0be7516/iso-11120-2015>

6.2.3 Le fabricant des tubes finis doit obtenir et mettre à disposition le certificat d'analyses (thermiques) de coulée pour l'acier fourni en vue de la construction du tube.

6.3 Traitement thermique

6.3.1 Chaque tube doit subir un traitement thermique et le mode opératoire de traitement thermique doit, pour chaque étape de traitement, c'est-à-dire la trempe et le revenu, comprendre l'enregistrement des données suivantes:

- la température,
- la durée de maintien de la température, et
- le milieu de refroidissement.

6.3.2 Le traitement thermique doit être effectué de telle manière qu'il n'engendre pas de contraintes excessives susceptibles de provoquer des dommages irréversibles dans le tube.

6.3.3 La température d'austénisation précédant la trempe doit être égale, à ± 30 °C près, à la température retenue pour le type d'acier concerné, mais elle ne doit en aucun cas être inférieure à celle du point critique supérieur (A_{c3}) de l'acier concerné.

6.3.4 La trempe dans un milieu différent de l'huile ou de l'air est autorisée à condition que la méthode permette d'obtenir des tubes exempts de fissures, comme vérifié par le contrôle non destructif.

6.3.5 La température de revenu doit être égale, à ± 30 °C près, à la température garantissant les propriétés mécaniques spécifiées, mais ne doit en aucun cas être inférieure à 540 °C.

6.4 Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques du tube fini ou de l'anneau d'essai doivent être vérifiées conformément aux paragraphes 10.2 et 11.3 et les résultats doivent être conformes au dessin de conception.

6.5 Non-conformité aux exigences relatives aux essais

6.5.1 Dans le présent article, les exigences relatives aux essais concernent uniquement les essais spécifiés aux Articles 9, 10 et 11.

6.5.2 En cas de non-conformité aux exigences relatives aux essais, de nouveaux essais ou un traitement thermique accompagné de nouveaux essais doivent être réalisés comme suit:

- a) S'il existe une preuve qu'un essai a été mal effectué ou qu'une erreur de mesurage a été commise, un nouvel essai doit être effectué. Si le résultat est satisfaisant, le premier essai doit être ignoré.
- b) Si l'essai a été réalisé de manière satisfaisante, l'origine de l'échec de l'essai doit être identifiée.
 - 1) Si les tubes ne présentent pas les propriétés mécaniques requises en raison du traitement thermique appliqué, le fabricant peut soumettre tous les tubes du lot à un nouveau traitement thermique ou rejeter les tubes correspondants. Si un ou plusieurs essais s'avèrent même partiellement non concluants, tous les tubes du lot doivent être rejetés.
 - 2) Si la non-conformité est due à autre chose que le traitement thermique appliqué, tous les tubes défectueux doivent être refusés ou réparés par une méthode approuvée. Si les bouteilles réparées satisfont à l'essai ou aux essais requis pour la réparation, elles doivent être considérées comme faisant partie du lot d'origine.

6.5.3 Si un nouveau traitement thermique est nécessaire, les tubes doivent être trempés ou trempés et revenus une nouvelle fois. Deux traitements d'austénisation au maximum sont autorisés. Si les tubes sont soumis à un nouveau traitement thermique, l'épaisseur de paroi peut être affectée par la formation de calamine et, par conséquent, l'épaisseur minimale garantie doit être vérifiée sur le tube fini.

7 Conception

7.1 Calcul de l'épaisseur de l'enveloppe cylindrique

L'épaisseur minimale garantie de l'enveloppe cylindrique, a' , ne doit pas être inférieure à l'épaisseur calculée avec la formule de Lamé-Von Mises suivante:

$$a = \frac{D}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{10FR_{eg} - \sqrt{3}p_h}{10FR_{eg}}} \right) \quad (1)$$

où la valeur de F est la plus petite entre $0,65/(R_{eg}/R_{mg})$ et $0,85$.

R_{eg}/R_{mg} ne doit pas être supérieur à $0,90$.

Des exigences supplémentaires relatives aux tubes destinés à être utilisés avec des gaz fragilisants sont données à l'Article 12.

NOTE 1 Il est généralement admis que, pour les gaz comprimés, $p_h = 1,5p_w$ pour les tubes conçus et fabriqués conformément à la présente Norme internationale.

NOTE 2 Pour certaines applications telles que celles où des tubes sont assemblés en batteries pour équiper des remorques, des skids (modules ISO) ou des conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM) pour le transport et la distribution de gaz, il est important que les contraintes associées au montage des tubes (par exemple, contraintes de flexion, voir [Annexe F](#), contraintes de torsion, sollicitations dynamiques, etc.) soient prises en compte par le fabricant des assemblages et le fabricant des tubes.

NOTE 3 De plus, pendant l'épreuve de pression hydraulique, les tubes peuvent être soutenus ou soulevés par leurs goulots; par conséquent, il peut être nécessaire de tenir compte des éventuelles contraintes de flexion. Voir [l'Annexe F](#) pour des recommandations générales.

7.2 Conception des extrémités des tubes

Les extrémités des tubes doivent être pratiquement hémisphériques et d'une épaisseur supérieure à l'épaisseur de paroi minimale calculée, a . Les dimensions des profilés des extrémités du tube doivent être spécifiées pour chaque conception en prenant en compte la répartition des contraintes et le procédé de fabrication.

Afin de permettre l'examen visuel interne du tube, une ouverture adaptée doit être prévue au niveau des extrémités du goulot. Le diamètre nominal de l'ouverture doit être supérieur à $D/12$. Les diamètres intérieurs des ouvertures du goulot peuvent néanmoins être plus faibles à condition d'utiliser des outils appropriés pour réaliser l'examen visuel, c'est-à-dire endoscope, miroirs, éclairage de haute intensité, etc.

Si les extrémités du tube sont filetées, l'épaisseur à la racine du filetage doit être assez importante pour supporter la contrainte développée dans cette partie.

NOTE Il convient de réaliser une analyse des contraintes pour s'assurer que les limites théoriques ne sont pas dépassées, en particulier s'il s'agit d'une grande ouverture.

7.3 Dessin de conception

Un dessin entièrement coté et contenant la spécification du matériau, tel que le traitement thermique, les propriétés mécaniques garanties et la masse du tube, doit être préparé.

8 Construction et exécution

8.1 Généralités

Le tube doit être fabriqué à partir de tubes en acier sans soudure, généralement laminés à chaud, étirés/extrudés ou forgés. Les extrémités doivent être formées à chaud soit par forgeage, soit par repoussage.

Aucun métal ne doit être ajouté au cours de la fermeture de l'extrémité.

Les défauts ne doivent pas être réparés par soudage.

8.2 Imperfections de surface

Les surfaces interne et externe du tube fini ne doivent comporter aucune imperfection pouvant avoir un effet négatif sur le bon fonctionnement du tube.

NOTE Voir [l'Annexe C](#) pour des exemples d'imperfections et des lignes directrices concernant leur évaluation.

Les surfaces usinées du goulot doivent être examinées par une méthode de contrôle non destructif acceptable pour l'organisme de contrôle, par exemple un contrôle par magnétoscopie (voir l'ISO 10893-5), un contrôle par ressuage (voir l'ISO 10893-4), un contrôle par courants de Foucault (voir l'ISO 10893-2), etc., pour s'assurer qu'elles sont exemptes d'imperfections.