
**Bouteilles à gaz — Méthodes
d'établissement des critères
d'acceptation/de rejet des défauts dans
les bouteilles en acier et en alliages
d'aluminium, sans soudure, lors des
contrôles et essais périodiques**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Gas cylinders — Methods for establishing acceptance/rejection criteria
for flaws in seamless steel and aluminium alloy cylinders at time of
periodic inspection and testing*

[ISO/TR 22694:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9914cf3e-4a1b-4318-9fb0-36f879ffc84d/iso-tr-22694-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9914cf3e-4a1b-4318-9fb0-36f879ffc84d/iso-tr-22694-2008>



PDF – Exonération de responsabilité

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

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

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

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22694:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9914cf3e-4a1b-4318-9fb0-36f879ffc84d/iso-tr-22694-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9914cf3e-4a1b-4318-9fb0-36f879ffc84d/iso-tr-22694-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

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

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

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles relatifs aux bouteilles	3
5 Approche technique	4
6 Modélisation et analyse des dimensions des défauts	5
6.1 Base et théorie	5
6.2 Résumé de la méthode d'analyse d'aptitude au service	5
7 Résultats expérimentaux	8
8 Vérification de l'analyse des dimensions des défauts	9
8.1 Bouteilles en acier sans soudure	9
8.2 Bouteilles en alliages d'aluminium sans soudure	13
8.3 Analyse et vérification des tailles de défauts critiques	17
9 Analyse et vérification des dimensions admissibles de défaut	24
10 Discussion	38
10.1 Signification de l'analyse	38
10.2 Signification des tailles de défauts critiques (CFS)	39
10.3 Signification des dimensions admissibles de défaut	39
10.4 Signification des autres modes de défaillance	39
10.5 Considérations relatives à la détermination des critères d'acceptation/de rejet	40
11 Résumé et conclusions	40
Annexe A (informative) Essais effectués sur des bouteilles en acier sans soudure pour l'analyse d'aptitude au service	41
Bibliographie	57

Avant-propos

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

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

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

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

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

L'ISO/TR 22694 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 58, *Bouteilles à gaz*, sous-comité SC 4, *Contraintes de service des bouteilles à gaz*.

Introduction

Il est requis que les bouteilles en acier sans soudure et les bouteilles en alliages d'aluminium sans soudure utilisées pour transporter des gaz sous haute pression obéissent aux exigences de sécurité fondées sur des normes ISO et aux exigences des autorités nationales. Ces exigences couvrent la conception, les matériaux, la fabrication, les contrôles et essais initiaux, et les contrôles et essais périodiques des bouteilles. Dans le cadre de ces exigences, les bouteilles ont besoin d'être contrôlées périodiquement et soumises à essai à intervalles réguliers pendant leur durée de vie.

Les contrôles et essais périodiques ont traditionnellement été réalisés en combinant un contrôle visuel (interne et externe) et des épreuves de pression hydrostatique (comprenant parfois des mesures de l'expansion volumétrique pendant la mise en pression). En utilisant ces méthodes traditionnelles de contre-épreuve, les bouteilles sont rejetées en raison d'une expansion volumétrique excessive, de défauts de surface excessivement grands détectés par un contrôle visuel, d'une fuite ou d'un éclatement. Les dimensions maximales admissibles des défauts de surface à l'origine d'un rejet des bouteilles étaient essentiellement qualitatives et étaient déterminées sur la base d'un retour d'expérience passée. Aucun des critères de rejet n'était fondé sur une évaluation quantitative des caractéristiques de performance ou des caractéristiques mécaniques de la bouteille.

Néanmoins, des méthodes de contrôles et d'essais périodiques des bouteilles faisant appel à un contrôle par ultrasons ont été récemment mises au point. Ces nouvelles méthodes de contre-épreuve permettent la détermination quantitative de l'épaisseur de paroi des bouteilles et des dimensions des défauts présents dans les bouteilles. Les normes ISO relatives aux contrôles périodiques et les exigences de certaines autorités nationales permettent l'utilisation de méthodes d'essai par ultrasons pour la contre-épreuve des bouteilles en acier et en alliages d'aluminium sans soudure. Ces méthodes d'essai par ultrasons permettent la détermination quantitative des dimensions de tout défaut détecté dans les bouteilles. Néanmoins, pour utiliser les méthodes d'essai par ultrasons, il est nécessaire de déterminer des «dimensions admissibles de défaut» quantitatives pour définir les limites d'acceptation/de rejet des bouteilles lors des contrôles et essais périodiques.

NOTE Les principales conclusions et les critères d'acceptation/de rejet sont fondés sur ceux fournis par le Département des transports américain (bouteilles DOT), qui ont un rapport pression de service/pression d'épreuve de 3:5. L'application aux bouteilles ISO, utilisant un rapport pression de service/pression d'épreuve de 2:3, nécessite des calculs ultérieurs.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22694:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9914cf3e-4a1b-4318-9fb0-36f879ffc84d/iso-tr-22694-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9914cf3e-4a1b-4318-9fb0-36f879ffc84d/iso-tr-22694-2008>

Bouteilles à gaz — Méthodes d'établissement des critères d'acceptation/de rejet des défauts dans les bouteilles en acier et en alliages d'aluminium, sans soudure, lors des contrôles et essais périodiques

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique vise à établir une base technique permettant de déterminer des dimensions admissibles de défaut et de définir des limites d'acceptation/de rejet des bouteilles lors des contrôles et essais périodiques, en se fondant sur les caractéristiques de performance et sur les propriétés mécaniques des bouteilles.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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).

API RP 579, *Recommended Practice for Fitness-for-Service*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9914cf3e-4a1b-4318-9fb0-36f879ffc84d/iso-tr-22694-2008>

3 Termes et définitions

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

3.1

dimension admissible d'un défaut

défaut le plus important qui ne se développera pas jusqu'à la taille de défaut critique lors de l'intervalle des contrôles et des essais périodiques de la bouteille

3.2

éclatement

rupture de la bouteille due à la pression interne sans extension importante du défaut

3.3

amas de piqûres

petits défauts approximativement ronds qui sont proches les uns des autres dans une zone limitée

3.4

corrosion

perte générale d'épaisseur de paroi sur la surface intérieure ou extérieure de la bouteille, ou corrosion localisée pouvant former une ligne ou bande longitudinale ou circonférentielle étroite, ou cratères ou piqûres isolés qui sont presque réunis en une ligne

3.5

fissure

fente dans le métal

3.6
dimension critique de défaut
CFS

dimension d'un défaut qui provoque une rupture de la bouteille à une pression désignée

3.7
entaille/goujure

empreinte nette sur l'extérieur de la bouteille où le métal a été enlevé ou redistribué et dont la profondeur dépasse 5 % de l'épaisseur de paroi de la bouteille

3.8
rupture par déformation plastique

rupture de la bouteille comportant un défaut due à la pression interne dans la bouteille par rupture du ligament résiduel sous le défaut sans extension importante du défaut

3.9
vitesse de propagation d'une fissure de fatigue

ampleur moyenne du développement d'un défaut pour chaque cycle de charge de pression

3.10
cassure

extension instable d'un défaut dans la bouteille

3.11
ténacité à la rupture

terme générique pour la mesure de la résistance à la propagation d'une fissure

3.12
fuite

décharge de gaz de la bouteille sans extension significative du défaut

NOTE Elle peut être due à la pression interne ou à la corrosion.

3.13
zone de faible épaisseur
LTA

zone d'épaisseur de paroi réduite dont la longueur et la largeur sont approximativement égales

NOTE Les LTA peuvent être circulaires ou rectangulaires.

3.14
entaille

défaut normalement bidimensionnel, long et étroit, dont la largeur est beaucoup plus petite que la longueur

3.15
contrôles et essais périodiques

mention à un contrôle visuel et/ou par ultrasons et/ou à une épreuve de pression

3.16
facteur résiduel de résistance
RSF

rapport suivant: pression de rupture d'une bouteille comportant un défaut divisée par pression de rupture de la même bouteille sans défaut

4 Symboles relatifs aux bouteilles

A	surface du défaut
a	profondeur du défaut
a_i	profondeur initiale du défaut
C	largeur du défaut (dimension circonférentielle du défaut)
D	diamètre nominal extérieur de la bouteille
da/dN	vitesse de propagation d'une fissure de fatigue
ID	diamètre intérieur de la bouteille
K_{IC} (J)	ténacité à la rupture déterminée par la méthode d'essai de l'intégrale J
L	longueur du défaut (dimension longitudinale du défaut)
M_p	facteur d'amplification des contraintes pour un «défaut traversant partiel»
M_t	facteur d'amplification des contraintes de Folias pour un «défaut traversant la paroi»
N	nombre de cycles de pression
p_b	pression de rupture pour une bouteille sans défaut
p_f	pression de rupture pour une bouteille comportant un défaut
p_f/p_b	facteur résiduel de résistance ¹⁾
p_h	pression d'épreuve de la bouteille
p_s	pression de service de la bouteille
R_e	valeur minimale garantie de la limite d'élasticité
R_m	valeur réelle de résistance à la traction déterminée par un essai de traction
$(R_m + R_e)/2$	contrainte d'écoulement
R_t	rapport d'épaisseur de paroi résiduelle ($= t_{mm}/t$)
t	épaisseur minimale de paroi mesurée
t_a	épaisseur réelle de paroi au niveau du défaut
t_d	épaisseur minimale calculée de conception de la paroi
t_{mm}	épaisseur minimale du ligament (matériau sous le défaut)

1) Le facteur résiduel de résistance est parfois appelé rapport de pression de rupture.

5 Approche technique

Dans le présent Rapport technique, les performances des bouteilles sélectionnées ont été évaluées en se fondant sur les principes d'une analyse de l'intégrité structurale. L'effet de différents types et dimensions de défauts sur les performances des bouteilles en acier et en alliages d'aluminium, sans soudure, a été évalué par une modélisation analytique qui a été vérifiée en utilisant les données issues d'autres études ayant donné lieu à des essais de bouteilles en acier et en alliages d'aluminium contenant des défauts induits artificiellement.

Le contrôle périodique des bouteilles sans soudure nécessite la détermination des dimensions admissibles de défauts pour chaque type de défaut. Les défauts types pouvant apparaître dans des bouteilles à gaz sans soudure sous haute pression pendant le service sont des entailles ou goujures, des fissures, une corrosion générale, une zone de faible épaisseur (LTA) et une corrosion en chaîne/linéaire/par piqûres. Pour déterminer les dimensions admissibles des défauts, une évaluation des défauts types, apparaissant dans les bouteilles sans soudure, a été réalisée en utilisant les procédures analytiques décrites dans la publication de l'API *Recommended Practice for Fitness-for-Service* (API RP 579, ci-après dénommée API 579). Les évaluations analytiques ont ensuite été vérifiées par des essais expérimentaux.

À l'aide de ces procédures, la ou les taille(s) de défauts critiques (CFS) ont tout d'abord été déterminées. La CFS est définie par la dimension (par exemple profondeur et longueur ou surface) du défaut qui entraînera une défaillance des bouteilles à une pression spécifiée, telle que la pression d'épreuve ou la pression de service de la bouteille. Dans la présente étude, l'API 579 a été utilisée pour calculer la CFS pour une gamme de dimensions et de niveaux de résistance des bouteilles. Les dimensions admissibles des défauts sont ensuite déterminées en ajustant la CFS pour tenir compte de toute dégradation dans le temps susceptible de se produire en service, par exemple la propagation de fissures par fatigue ou corrosion.

Tout d'abord, pour déterminer la CFS, les procédures décrites dans l'API 579 ont été utilisées pour prédire, par une analyse, l'effet de différentes dimensions de défauts (corrosions localisées, piqûres, entailles et fissures) sur la pression d'éclatement de la bouteille, calculée pour les dimensions et les niveaux de résistance sélectionnés des bouteilles. Ensuite, pour vérifier les méthodes d'analyse de l'API 579, les données expérimentales obtenues lors de nombreux essais de rupture sous pression hydrostatique réalisés sur des bouteilles sélectionnées comportant des défauts de différentes dimensions, ont été comparées aux résultats d'analyse. Ces résultats ont montré que l'analyse réalisée selon l'API 579 avait permis d'estimer de manière fiable la pression d'éclatement réelle mesurée des bouteilles pour toutes les dimensions et tous les types de défauts.

Les CFS ont été déterminées pour différents types de défauts (1) à la pression de service désignée et (2) à la pression d'épreuve hydrostatique de la bouteille. Cela détermine les CFS (profondeur en fonction de la surface ou de la longueur) pour chaque type de défaut dans une bouteille. Les CFS calculées à la pression de service désignée prédisent les dimensions des défauts susceptibles de provoquer une rupture de la bouteille en service. Les CFS calculées à la pression d'épreuve hydrostatique prédisent les dimensions des défauts susceptibles de provoquer une rupture de la bouteille pendant l'épreuve de pression hydrostatique.

Après avoir calculé les CFS susceptibles de provoquer une rupture des bouteilles aux pressions d'épreuve et de service, les dimensions admissibles de défauts devant être utilisées comme critères d'acceptation ou de rejet, lors des contrôles et essais périodiques, ont été déterminées pour une vaste gamme de types et de niveaux de résistance des bouteilles. Pour cela, les valeurs des CFS ont été modifiées (réduites) pour chaque bouteille pour tenir compte de la dégradation dans le temps, telle que la propagation de fissure de fatigue ou la corrosion susceptible d'apparaître pendant l'utilisation de la bouteille. Lors de la préparation du présent Rapport technique, seuls les effets de la propagation des fissures de fatigue ont été évalués. Le mode opératoire d'essai de fatigue utilisé pour réaliser cet ajustement comprenait 3 500 cycles (environ un remplissage par jour pour l'intervalle de contre-épreuve de 10 ans) à la pression de service désignée de la bouteille. Les dimensions admissibles de défauts ainsi obtenues peuvent être utilisées pour déterminer les critères d'acceptation ou de rejet des bouteilles, lors des contrôles et essais périodiques. Les critères d'acceptation ou de rejet final(e) utilisés lors des contrôles et essais périodiques peuvent également tenir compte d'autres facteurs tels que la capacité des instruments et des méthodes de contrôle.

Les dimensions admissibles des défauts sont fondées sur l'hypothèse qu'il n'y a pas d'humidité libre à l'intérieur de la bouteille et donc pas de risque de corrosion.

6 Modélisation et analyse des dimensions des défauts

6.1 Base et théorie

L'approche adoptée pour définir les dimensions admissibles des défauts pour les bouteilles sans soudeure a consisté à déterminer l'effet de différents types et dimensions de défauts sur les performances des bouteilles. En particulier, la réduction de la pression de rupture des bouteilles contenant des défauts a été déterminée par une modélisation analytique. Ces résultats d'analyse ont ensuite été vérifiés en utilisant les données obtenues lors d'études ayant donné lieu à des essais expérimentaux de bouteilles sélectionnées contenant des défauts.

Pour évaluer l'importance des défauts dans les bouteilles, les principes d'une analyse de l'intégrité structurale sont appliqués. Plusieurs méthodes d'analyse générale, théorique, empirique et semi-empirique, ont été mises au point pour modéliser les défauts dans des récipients sous pression, tels que des bouteilles, et pour évaluer l'importance des défauts. Le but de ces méthodes d'analyse est de déterminer dans quelle mesure la pression de rupture d'une bouteille contenant un défaut est réduite par rapport à une bouteille similaire ne contenant pas de défaut. La rupture de la bouteille peut se manifester par un éclatement, une cassure, une fuite ou d'autres modes de défaillance. Ces méthodes d'analyse peuvent être utilisées pour évaluer l'état courant de la bouteille, c'est-à-dire la pression de rupture courante de la bouteille. Ces méthodes d'analyse peuvent également être utilisées pour déterminer un état futur prévu de la bouteille, dû à l'augmentation de la dimension des défauts dans le temps par des mécanismes tels que la fatigue, la corrosion, la corrosion sous contrainte ou une autre dégradation dans le temps.

Après avoir examiné les méthodes d'analyse qui ont été mises au point pour évaluer l'importance des défauts dans des récipients sous pression, les méthodes d'analyse décrites dans l'API 579 ont été choisies pour évaluer les bouteilles utilisées dans la préparation du présent Rapport technique et pour déterminer les CFS et les dimensions admissibles des défauts pour des bouteilles sans soudeure. La méthode d'analyse d'aptitude au service fournit une évaluation quantitative des bouteilles contenant des défauts permettant de déterminer leur aptitude à une utilisation continue.

ISO/TR 22694:2008

La méthode d'analyse d'aptitude au service peut être utilisée pour évaluer tous les types de défauts généralement rencontrés dans les bouteilles. Des méthodes d'analyse sont disponibles pour analyser différents types de défauts, tels qu'une corrosion générale, une zone de corrosion localisée (LTA), des piqûres de corrosion étendues, des piqûres de corrosion localisées, des fissures ou des défauts de type fissure. Il est possible d'évaluer la rupture fragile, la fissuration par fatigue et la fissuration sous contrainte due à l'environnement.

6.2 Résumé de la méthode d'analyse d'aptitude au service

6.2.1 Application de la méthode d'analyse d'aptitude au service de l'API 579

L'application de la méthode d'analyse d'aptitude au service de l'API 579 nécessite les étapes suivantes:

- 1) identification du type de défaut (c'est-à-dire fissure, LTA, piqûre, etc.) et du type de dommage ayant engendré le défaut (c'est-à-dire corrosion, fatigue, fissuration, entailles, goujures, etc.);
- 2) identification du mode de défaillance (c'est-à-dire rupture fragile, éclatement, fuite, etc.);
- 3) sélection de la méthode d'analyse spécifique (c'est-à-dire analyse de la cassure, analyse de l'éclatement, analyse de la fuite, etc.);
- 4) obtention des données nécessaires (c'est-à-dire propriétés des matériaux, contraintes appliquées, caractérisation et dimensions des défauts, etc.);
- 5) sélection du niveau d'évaluation;
- 6) sélection des critères d'acceptation appropriés;
- 7) évaluation de la durée de vie résiduelle d'une bouteille en raison de l'élargissement des défauts.

6.2.2 Étape 1, identification du type de défaut

Les types de défauts qui peuvent apparaître dans des bouteilles en acier et en alliages d'aluminium sans soudure ont été respectivement identifiés dans l'ISO 6406 et l'ISO 10461. Les types de défauts qui ont été identifiés sont les fissures, les entailles, les goujures, la corrosion générale, une zone de corrosion localisée (c'est-à-dire la corrosion d'une LTA), la corrosion par piqûres comprenant une piqûre isolée et des piqûres multiples (c'est-à-dire une corrosion linéaire), les brûlures d'arc et les dommages causés par le feu.

Néanmoins, dans cette étude, les seuls défauts évalués sont

- la LTA,
- les fissures,
- les entailles,
- la corrosion générale/localisée, et
- les piqûres de corrosion.

Par conséquent, dans le présent Rapport technique, les seuls types de dommages évalués sont liés à des défauts causés par la corrosion ou par un dommage mécanique se propageant ensuite par fatigue.

6.2.3 Étape 2, identification du mode de défaillance

Les modes de défaillance susceptibles de provoquer une rupture en service des bouteilles sans soudure sont de type éclatement ou fuite. Les bouteilles peuvent éclater lorsqu'un défaut de dimensions suffisantes est présent dans la paroi de la bouteille. La contrainte de rupture dépend des propriétés de ténacité à la rupture et de résistance à l'écoulement du matériau. Pour un matériau ayant une ténacité relativement élevée, ce qui est le cas pour les bouteilles sous haute pression, la contrainte d'éclatement de la bouteille est principalement contrôlée par la contrainte d'écoulement. Les bouteilles peuvent fuir lorsque le défaut est suffisamment profond pour que la paroi restante se rompe. Les bouteilles peuvent se casser ou se fragmenter en service lorsque la combinaison d'un défaut suffisamment grand et d'une contrainte suffisamment élevée sur la paroi excède la ténacité à la rupture de la bouteille.

6.2.4 Étape 3, sélection d'une méthode d'analyse spécifique

Chacun des différents modes de défaillance peut être évalué de façon fiable par les méthodes d'analyse d'aptitude au service. Néanmoins, chaque mode de défaillance (éclatement ou fuite) doit être analysé par un modèle analytique différent. La sélection du mode de défaillance le plus probable dépend de la conception de la bouteille, des propriétés de ses matériaux et des dimensions des défauts dans la bouteille. Le seul mode de défaillance évalué était la rupture par éclatement due à la pression interne dans les bouteilles.

6.2.5 Étape 4, obtention des données nécessaires

Les données nécessaires pour conduire l'analyse d'aptitude au service de bouteilles contenant des défauts sont (1) les propriétés des matériaux (c'est-à-dire la limite d'élasticité, la résistance à la traction, la ténacité à la rupture, etc.); (2) la contrainte appliquée due à la pression dans la bouteille; et (3) les dimensions, la forme et l'emplacement des défauts devant être évalués. Seules les contraintes appliquées dues à la pression interne dans les bouteilles sont prises en compte. Lorsque les valeurs exactes de certaines des données nécessaires ne sont pas disponibles pour la bouteille spécifique évaluée, il peut s'avérer nécessaire de supposer les données nécessaires ou d'utiliser des données génériques pour une bouteille type.

6.2.6 Étape 5, sélection du niveau d'évaluation

La sélection du niveau d'évaluation dépend des données disponibles et de l'exactitude exigée pour l'évaluation. Par exemple, les méthodes d'analyse décrites dans la Section 5 de l'API 579 (Assessment of Local Metal Loss) permettent trois niveaux d'évaluation selon les données disponibles et l'exactitude exigée pour l'évaluation.

L'évaluation de Niveau 1 nécessite une quantité minimale de données sur les dimensions du défaut, la contrainte appliquée et les propriétés des matériaux. Ce niveau d'évaluation est le plus facile à utiliser, mais la pression de rupture prédite pour une bouteille ayant un défaut de dimensions spécifiées peut être nettement inférieure à la pression de rupture réelle mesurée de la bouteille comportant le défaut.

L'évaluation de Niveau 2 nécessite des données supplémentaires plus détaillées que l'évaluation de Niveau 1 pour les dimensions du défaut, la contrainte appliquée et les propriétés des matériaux. Ce niveau d'évaluation utilise davantage de calculs complexes et donne une prédiction plus exacte de la pression de rupture de la bouteille, c'est-à-dire que la pression de rupture prévue d'une bouteille ayant un défaut de dimensions spécifiées est plus proche de la pression de rupture réelle mesurée de la bouteille comportant le défaut.

L'évaluation de Niveau 3 nécessite l'utilisation de méthodes avancées d'analyse des contraintes et de modélisation des matériaux et des mesures exactes des dimensions du défaut. Ce niveau d'évaluation aboutit généralement à une bonne prédiction de la pression de rupture de la bouteille, c'est-à-dire que la pression de rupture prévue d'une bouteille ayant un défaut de dimensions spécifiées est très proche de la pression de rupture réelle mesurée de la bouteille comportant le défaut. Toutefois, en raison des besoins accrus en données supplémentaires et de la plus grande complexité des calculs, l'évaluation de Niveau 3 n'est utilisée que pour des applications spéciales et très exigeantes.

Dans les bouteilles sans soudure, les méthodes d'évaluation de Niveau 1, qui sont raisonnables et concises, ont été utilisées pour l'analyse des dimensions des défauts.

6.2.7 Étape 6, sélection d'une base appropriée pour les critères d'acceptation

L'étape suivante dans l'utilisation des méthodes d'évaluation de l'aptitude au service est le choix d'une base pour les critères d'acceptation. La base des critères d'acceptation est choisie pour chaque cas spécifique analysé. Les critères d'acceptation peuvent être (1) la contrainte maximale admissible, (2) le facteur résiduel de résistance (RSF) ou (3) le diagramme d'évaluation de la défaillance.

Le critère de contrainte maximale admissible est utilisé lorsque la conception est fondée sur une fraction spécifiée de la limite d'élasticité ou de la résistance à la traction. Il s'agit du critère utilisé pour spécifier l'épaisseur de paroi dans la conception de nouvelles bouteilles. Ce critère a un usage limité dans l'analyse de l'aptitude au service parce que les niveaux de contrainte maximale admissible adéquats ne peuvent pas être facilement déterminés pour des bouteilles contenant des défauts. La seule situation dans laquelle le critère peut être utilisé est l'évaluation de la corrosion générale lorsque la contrainte dans la paroi restante peut être calculée et reliée à la contrainte maximale admissible de la paroi.

Le RSF peut être utilisé pour l'analyse de la plupart des types de défauts dans les bouteilles. Le critère d'acceptation est ensuite spécifié sous forme d'une valeur fixe du RSF. Il s'agit du critère principalement utilisé dans cette étude.

Pour des défauts de type fissure, il est nécessaire d'utiliser le critère du diagramme d'évaluation de la défaillance.

Les bouteilles contenant des défauts de type fissure peuvent se rompre soit par une cassure instable, soit par une déformation plastique. La déformation plastique se produit dans des bouteilles ayant des défauts relativement importants qui sont fabriquées à l'aide de matériaux présentant une ténacité élevée. La plupart des bouteilles à gaz en acier sans soudure contenant des défauts de type fissure se rompent par le mécanisme de déformation plastique. Les bouteilles en acier contenant des défauts qui ont été évaluées dans le présent Rapport technique se sont rompues par une déformation plastique. (Cette déclaration est valable pour les défauts se situant dans la plage d'acceptation indiquée dans le présent Rapport technique.)

6.2.8 Étape 7, évaluation de la durée de vie résiduelle d'une bouteille

Après avoir évalué l'état actuel de la bouteille contenant un défaut (c'est-à-dire la pression de rupture prédite de la bouteille), la méthode d'analyse de l'aptitude au service peut également être utilisée pour évaluer la durée de vie résiduelle de la bouteille, si nécessaire. L'évaluation de la durée de vie résiduelle est utilisée pour prendre en compte toute augmentation des dimensions de défauts existants pendant le service prévu, par exemple par corrosion ou par fatigue. Cette évaluation est utilisée (1) pour déterminer les dimensions des

défauts actuellement admissibles et (2) pour définir les intervalles de contre-épreuve appropriés. Une évaluation de l'effet de la fatigue sur les dimensions des défauts existants dans les bouteilles a été effectuée pour déterminer les dimensions admissibles des défauts permettant d'établir des exigences de contre-épreuve.

7 Résultats expérimentaux

Dans le cadre d'un projet conduit par l'ISO/TC 58/SC 4/GT 1 sur les critères de rejet des bouteilles métalliques, des bouteilles en acier et en alliages d'aluminium contenant des défauts usinés ont été soumises à essai par une mise en pression monotone ou cyclique jusqu'à la rupture.

Les bouteilles soumises à essai par une mise en pression monotone présentaient des défauts usinés situés, pour la plupart, sur l'extérieur de la bouteille (défauts sur le diamètre extérieur). Quelques-unes des bouteilles soumises à essai par une mise en pression monotone comportaient des défauts usinés sur la surface intérieure (défauts sur le diamètre intérieur). Les bouteilles contenant des défauts usinés sur le diamètre extérieur comportaient des défauts simulant des entailles, une zone de corrosion localisée ronde (LTA), une zone de corrosion localisée rectangulaire (LTA) et des piqûres (petits défauts ronds). Tous les défauts usinés sur le diamètre intérieur simulaient des défauts de type zone de corrosion localisée ronde (LTA). Les défauts simulés sur les bouteilles soumises à essai par une mise en pression cyclique étaient tous des défauts de type entaille sur le diamètre extérieur. Les résultats de ces essais ont été utilisés (1) pour vérifier que la méthode d'analyse de l'API 579 peut être utilisée de façon fiable pour prédire la pression de rupture de bouteilles contenant des défauts, (2) pour vérifier les CFS calculées pour les bouteilles et (3) pour vérifier les dimensions admissibles de défaut calculées pour les bouteilles. Les résultats d'essai relatifs aux bouteilles en acier soumises à essai dans le cadre du programme de l'ISO/TC 58/SC 4/GT 1 sont présentés dans les Tableaux A.1, A.2, A.3 et A.4 de l'Annexe A.

Dans le cadre de travaux plus anciens menés par l'ISO/TC 58/SC 3/GT 14 sur la ténacité et les niveaux d'acceptation des bouteilles en acier ayant des niveaux de résistance allant de moins de 750 MPa à plus de 1 250 MPa, plusieurs centaines d'essais d'éclatement sous pression hydrostatique monotone ont été réalisés sur des bouteilles comportant des défauts pour évaluer les performances de rupture d'une vaste gamme de bouteilles en acier [5]. Chaque bouteille d'essai comportait une entaille usinée dans la paroi extérieure de la bouteille [voir Figures 1a) et 1b)].



Légende

r_1 rayon d'extrémité (0,2 mm)

r_2 rayon (35 mm)

L = longueur du défaut

a = profondeur du défaut

Figure 1 — Géométrie de l'entaille longitudinale utilisée dans les bouteilles en acier soumises à essai

Dans le programme d'essai de l'ISO/TC 58/SC 3/GT 14 [5], la résistance à la traction des bouteilles soumises à essai variait de 700 MPa à 1 400 MPa. Les bouteilles soumises à essai ont été divisées en cinq groupes de matériaux fondés sur la plage de résistance à la traction du matériau. Les bouteilles avaient un diamètre extérieur (D) compris entre 140 mm et 240 mm, une épaisseur (t_d) comprise entre 3,8 mm et 14,4 mm, et présentaient des défauts (entailles longitudinales usinées) dont la profondeur variait de 20 % à 90 % de l'épaisseur réelle de la paroi et dont la longueur variait de 4 fois l'épaisseur de paroi de la bouteille à 20 fois l'épaisseur de paroi de la bouteille.

Dans le programme d'essai de l'ISO/TC 58/SC 3/GT 14 [5], les bouteilles en acier ont été soumises à essai jusqu'à la rupture par une mise en pression monotone. Dans l'analyse d'«aptitude au service» utilisant les méthodes de l'API 579 pour calculer les «tailles de défauts critiques», celles-ci sont calculées aux pressions spécifiées. Pour l'analyse réalisée, les pressions spécifiées choisies étaient (1) la pression de service et (2) la pression d'épreuve. Par conséquent, pour vérifier l'analyse utilisée (c'est-à-dire pour déterminer si l'analyse est fiable), les valeurs calculées sont comparées aux valeurs expérimentales. À cet effet, les seules données expérimentales pertinentes sont les données d'essai obtenues à la même pression que celle utilisée dans l'analyse, c'est-à-dire la pression de service ou la pression d'épreuve. En conséquence, seuls les points de données expérimentales pour lesquels les bouteilles se sont rompues à la pression de service ou à la pression d'épreuve ont été choisis. Les autres données d'essai pour lesquelles les bouteilles se sont rompues à une pression différente n'ont pas été utilisées, car elles ne sont pas pertinentes. Les résultats d'essai sélectionnés pour les bouteilles en acier soumises à essai dans le cadre du programme de l'ISO/TC 58/SC 3/GT 14 sont indiqués dans les Tableaux A.5 et A.6 de l'Annexe A.

De la même manière, en appliquant le même concept, l'ISO/TC 58/SC3/GT 19 a obtenu des données pour les bouteilles en alliages d'aluminium.

iTeh STANDARD PREVIEW

8 Vérification de l'analyse des dimensions des défauts (standards.iteh.ai)

8.1 Bouteilles en acier sans soudure

ISO/TR 22694:2008

La méthode d'analyse d'aptitude au service de l'API 579 fournit une base technique solide pour évaluer l'importance des défauts dans un type quelconque de récipient sous pression. Pour démontrer que ces méthodes d'analyse peuvent être appliquées de manière fiable à l'évaluation des défauts dans des bouteilles sans soudure, un nombre limité de bouteilles en acier sans soudure contenant des défauts de différents types et de différentes dimensions a été soumis à des épreuves hydrostatiques jusqu'à rupture par éclatement. Pour vérifier que la méthode d'analyse de l'API 579 prédit de manière fiable les performances de bouteilles contenant des défauts, les résultats de ces essais d'éclatement ont été comparés à la pression de rupture prédite par les résultats de l'analyse de l'API 579.

L'analyse préliminaire a montré que la rupture des bouteilles en acier soumises à essai pouvait être évaluée en calculant le RSF pour les bouteilles contenant des défauts. Pour ces bouteilles, la ténacité à la rupture était suffisamment élevée pour que la rupture des bouteilles contenant des défauts soit un éclatement lorsque la contrainte dans la paroi de la bouteille provoquait une rupture par déformation plastique quand la pression interne augmentait.

Pour cette analyse de vérification, des défauts de type LTA et des défauts de type entaille ont été évalués. Un défaut de type LTA est un défaut représentant une surface type de réduction d'épaisseur de la paroi due à la corrosion dans la bouteille. Le défaut de type entaille utilisé dans le présent Rapport technique est une entaille en V dont la longueur est beaucoup plus élevée que la largeur. Ce type de défaut représente un défaut de type fissure dans la bouteille. Pour les exemples analysés ici, la méthode d'évaluation de Niveau 1 de l'API 579 s'est avérée adéquate. La contrainte dans la paroi de la bouteille à l'emplacement du défaut n'était provoquée que par la pression interne dans la bouteille.

Pour vérifier l'utilisation des méthodes de l'API 579, le RSF a été calculé pour chaque bouteille soumise à essai. Le RSF est défini ici par le rapport de pressions de rupture (p_f/p_b) où p_f est la pression de rupture de la bouteille contenant le défaut et p_b est la pression de rupture d'une bouteille du même type et de mêmes dimensions ne comptant pas de défaut.