
NORME INTERNATIONALE 2604/II

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

Produits en acier pour appareils à pression — Spécifications de qualité — Partie II : Tubes laminés sans soudure

Steel products for pressure purposes — Quality requirements — Part II : Wrought seamless tubes

Première édition — 1975-05-01

ITeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 2604-2:1975](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b6ace1f6-239d-4187-91cd-3e56183a7549/iso-2604-2-1975)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b6ace1f6-239d-4187-91cd-3e56183a7549/iso-2604-2-1975>



CDU 669.14.018.452-462.3

Réf. no : ISO 2604/II-1975 (F)

Descripteurs : matériel à pression, tube métallique, tuyau sans soudure, canalisation avec pression, acier, spécification, composition chimique, propriété mécanique, traitement thermique, conditions d'essai.

Prix basé sur 32 pages

AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques ISO. Chaque Comité Membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du Comité Technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les Projets de Normes Internationales adoptés par les Comités Techniques sont soumis aux Comités Membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes Internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme Internationale ISO 2604/11 (précédemment ISO/DIS 2605) a été établie par le Comité Technique ISO/TC 17, *Acier*, et soumise aux Comités Membres en octobre 1971.

Elle a été approuvée par les Comités Membres des pays suivants <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b6ace1f6-239d-4187-91cd-3e561838-2604-2-1975>

Afrique du Sud, Rép. d'	Finlande	Roumanie
Allemagne	Hongrie	Royaume-Uni
Australie	Inde	Suisse
Autriche	Irlande	Tchécoslovaquie
Belgique	Italie	Thaïlande
Corée, Rép.de	Japon	Turquie
Danemark	Nouvelle-Zélande	U.R.S.S.
Égypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas	
Espagne	Portugal	

Les Comités Membres des pays suivants ont désapprouvé le document pour des raisons techniques :

France
Norvège
Suède
U.S.A.

Produits en acier pour appareils à pression – Spécifications de qualité – Partie II : Tubes laminés sans soudure

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme Internationale fixe les spécifications de qualité pour les tubes sans soudure à extrémités lisses en acier laminé, fabriqués dans les nuances d'acier indiquées dans le tableau 3, à utiliser pour la construction d'appareils à pression.

NOTE – Les mots «tubes» et «tuyaux» sont équivalents.

La présente Norme Internationale ne concerne pas les produits suivants :

- tubes de cuvelage, tubes de production, tiges de forage et tubes de conduite.
- tuyaux pour le transport du gaz, de l'eau, et des eaux résiduelles.

2 RÉFÉRENCES

ISO/R 85, *Essai de pliage pour l'acier*;

ISO 148, *Acier – Essai de résilience Charpy (entaille en V)*.¹⁾

ISO/R 165, *Essai de rabattement de collerette sur tubes en acier*.

ISO/R 166, *Essai d'évasement sur tubes en acier*.

ISO/R 202, *Essai d'aplatissement sur tubes en acier*.

ISO/R 205, *Détermination et méthode de vérification de la limite conventionnelle d'élasticité de l'acier à température élevée*.

ISO 375, *Acier – Essai de traction des tubes*.

ISO/R 377, *Prélèvement et préparation des échantillons et des éprouvettes pour l'acier corroyé*.

ISO/R 404, *Conditions générales techniques de livraison pour l'acier*.

ISO/R 643, *Détermination micrographique de la grosseur du grain austénitique des aciers*.

ISO/R 783, *Essais mécaniques de l'acier à température élevée – Détermination de la limite inférieure d'écoulement et de la limite conventionnelle d'élasticité et méthode de vérification*.

ISO 2566/1, *Acier – Conversion des valeurs d'allongement – Partie I : Aciers au carbone et aciers faiblement alliés*.

ISO 2605/1, *Produits en acier pour récipients à pression – Dérivation et vérification des valeurs à température élevée – Partie I : Limite d'écoulement ou limite conventionnelle d'élasticité des produits en acier au carbone ou faiblement allié*.²⁾

ISO 2605/II, *Produits en acier pour récipients à pression – Dérivation et vérification des valeurs à température élevée – Partie II : Limite conventionnelle d'élasticité des produits en acier austénitique*.²⁾

ISO 2694, *Appareils à pression*.²⁾

ISO/DATA n° 1, *Résumé des caractéristiques moyennes de contrainte de rupture pour les aciers corroyés pour chaudières et appareils à pression pour des durées de 10 000 à 250 000 heures et courbes types*.

3 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

3.1 Indications à fournir par l'acheteur

3.1.1 Dans sa demande d'offre et dans sa commande, l'acheteur doit fournir les indications suivantes :

- dimensions et tolérances des tubes (voir 3.8);
- nuance d'acier (voir tableau 3);
- catégorie des essais (voir 3.11);
- méthodes de contrôle et type de documents (voir 3.9, 3.15, 4.2 et 5.2).

3.1.2 Certaines variantes sont admises par la présente Norme Internationale, et l'acheteur peut également indiquer, dans sa demande d'offre et sa commande, les

1) Actuellement au stade de projet. (Révision de l'ISO/R 148.)

2) Actuellement au stade de projet.

prescriptions ci-après; à défaut de ces indications, le fabricant aura toute liberté en ce qui concerne les points visés par ces prescriptions :

- e) procédé de désoxydation (voir 3.2.3);
- f) état de traitement thermique de la fourniture (voir 3.4);
- g) si une analyse de contrôle du produit est exigée (voir 3.5.2);
- h) si des essais mécaniques supplémentaires sont exigés (voir 3.6.1.2);
- i) toutes exigences spéciales concernant l'absence de défauts (voir 3.7.2);
- j) toutes exigences spéciales de rectitude (voir 3.7.4);
- k) si une protection spéciale est exigée (voir 3.7.6);
- l) si une séparation des coulées est exigée (voir 3.12.1.3);
- m) si des essais de choc à la température ambiante sont exigés et, dans ce cas, le nombre d'éprouvettes (voir 3.12.1.6);
- n) si l'épreuve hydraulique doit être supprimée (voir 3.12.3);
- o) si un essai d'évasement sur mandrin ou un essai de rabatement de collerette, quand ils sont indiqués, est nécessaire (voir 3.13.3);
- p) détail des essais non destructifs, s'ils sont exigés (voir 3.13.6);
- q) si des essais de détermination de la limite conventionnelle d'élasticité à température élevée sont exigés et, dans l'affirmative, la température d'essai choisie dans le tableau 5 (voir 4.2.2.2);
- r) si des essais de choc sur éprouvette entaillée en V à basse température sont exigés et, dans l'affirmative, la température d'essai choisie dans le tableau 7 (voir 5.2.2);
- s) si une teneur maximale en cuivre est spécifiée (voir tableau 3, note 1).

3.2 Élaboration de l'acier

3.2.1 Sauf indication contraire dans la demande d'offre et la commande, le procédé d'élaboration de l'acier et le procédé de désoxydation seront laissés au choix du fabricant d'acier, dans la limite des prescriptions indiquées en 3.2.2 et 3.2.3 et dans le tableau 3.

3.2.2 L'acier doit être élaboré au four Martin, au four électrique ou par l'un des procédés basiques à l'oxygène. D'autres procédés peuvent être utilisés, par accord entre les parties intéressées¹⁾. L'acheteur doit être, sur sa demande, informé du procédé d'élaboration de l'acier utilisé.

3.2.3 Le procédé de désoxydation doit être celui qui est défini dans le tableau 3 pour la nuance d'acier spécifiée.

NOTE – Les documents ISO concernant l'emploi des tubes pour appareils à pression imposent des limitations supplémentaires au procédé de désoxydation pour certaines applications. Pour ces dernières, l'acheteur doit s'assurer que ces limitations sont indiquées dans la demande d'offre et la commande.

3.3 Fabrication du produit

Les tubes doivent être fabriqués par un procédé sans soudure et peuvent être finis soit à chaud, soit à froid. Les termes « fini à chaud » et « fini à froid » s'appliquent à l'état du tube avant le traitement thermique suivant 3.4.

3.4 Traitement thermique

3.4.1 Les tubes doivent être livrés soit à l'état fini à chaud, soit à l'état de traitement thermique indiqué dans le tableau 3 pour la nuance d'acier particulière commandée. Lorsque plusieurs niveaux de caractéristiques sont indiqués dans le tableau 3 pour une nuance d'acier donnée, le niveau exigé doit être indiqué dans la demande d'offre et la commande.

3.4.2 Par accord entre les parties intéressées, les tubes peuvent être livrés dans un état différent de celui du traitement thermique final indiqué dans le tableau 3; dans ce cas, ils doivent être aptes à subir un traitement ultérieur et le client doit être informé du traitement thermique nécessaire pour leur conférer les caractéristiques exigées (voir également 3.6.1 et 3.12.1.4).

3.5 Composition chimique

3.5.1 Analyse de coulée

À l'analyse de coulée, l'acier doit présenter la composition indiquée dans le tableau 3, correspondant à la nuance d'acier spécifiée.

3.5.2 Analyse du produit

3.5.2.1 Si une analyse de contrôle du produit est exigée, les écarts admissibles indiqués dans le tableau 4 par rapport à l'analyse de coulée spécifiée dans le tableau 3 sont valables pour des échantillons prélevés dans les conditions indiquées en 3.5.2.2.

Si une analyse de contrôle de réception est exigée, la demande d'offre et la commande doivent l'indiquer.

3.5.2.2 Si une analyse de contrôle sur le produit est exigée, le nombre d'échantillons à prélever doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

Les échantillons doivent être prélevés soit sur les éprouvettes utilisées pour la vérification des caractéristiques mécaniques, soit sur des copeaux de perçage pris sur l'épaisseur totale du tube, au même emplacement que ces éprouvettes.

1) Telles que utilisateur, acheteur et fabricant du matériel, fabricant du matériau de construction fourni et organisme de contrôle et/ou de certification.

Les prescriptions indiquées en 3.2 et 3.3 de l'ISO/R 377 sur le prélèvement et la préparation des échantillons pour l'analyse chimique, doivent être appliquées.

3.5.3 Litiges

En cas de litige, les méthodes d'analyse chimique doivent être conformes aux dispositions des documents ISO appropriés. Si aucun document ISO n'existe, la méthode à utiliser doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

3.6 Caractéristiques mécaniques et technologiques

3.6.1 Caractéristiques mécaniques

3.6.1.1 Le tableau 3 indique les propriétés mécaniques à la température ambiante, qui doivent être obtenues sur les éprouvettes prélevées, préparées et essayées conformément à 3.12.1 et 3.13.

3.6.1.2 Si, après la livraison des tubes, des traitements thermiques différents ou supplémentaires (pouvant affecter les caractéristiques mécaniques par rapport au traitement thermique de référence) doivent être effectués, le client peut spécifier, au moment de la commande, des essais mécaniques supplémentaires sur des échantillons supplémentaires ayant subi des traitement thermiques différents ou supplémentaires par rapport à ceux spécifiés au tableau 3. Dans ce cas, le traitement thermique des échantillons et les caractéristiques mécaniques à obtenir sur ceux-ci doivent faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées au moment de la demande d'offre et de la commande.

NOTE – Les caractéristiques mécaniques peuvent être affectées par des traitements thermiques effectués en cours de fabrication. Les acheteurs ayant l'intention de procéder à de tels traitements doivent discuter avec le fournisseur de l'utilisation du produit et du traitement thermique prévus.

3.6.2 Soudabilité

Les aciers concernés par la présente Norme Internationale sont généralement considérés comme soudables. Toutefois, la soudabilité générale de l'un quelconque de ces aciers et spécialement des aciers à teneur en éléments d'alliage relativement élevée ne peut être garantie quand le comportement de cet acier, pendant et après le soudage, dépend non seulement de celui-ci, mais aussi des conditions de soudage et de son utilisation finale. C'est pourquoi le processus de soudage doit faire l'objet, si c'est nécessaire, d'un accord entre les parties intéressées au moment de la demande d'offre et de la commande.

3.7 Aspect et santé

3.7.1 Les tubes doivent présenter un fini normal de fabrication et doivent être propres et exempts de défauts de surface et de défauts internes tels que ceux relevés par les essais suivant la catégorie (voir 3.11).

3.7.2 Toute exigence spéciale relative à l'absence de défauts doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées au moment de la demande d'offre et de la commande.

3.7.3 Pour les défauts superficiels, leur élimination et les défauts internes, les prescriptions indiquées en 8.1, 8.2 et 8.3 de l'ISO/R 404 doivent être appliquées.

3.7.4 Les tubes doivent être raisonnablement rectilignes. Une rectitude absolue ne peut être garantie. Les exigences spéciales concernant la rectitude doivent faire l'objet d'un accord.

3.7.5 Les extrémités doivent être coupées d'équerre par rapport à l'axe du tube.

3.7.6 Les tubes peuvent être livrés non revêtus ou avec le revêtement de protection normal du fabricant, sauf spécification contraire.

3.8 Dimensions et tolérances

3.8.1 Les dimensions doivent être conformes aux documents ISO appropriés.

3.8.2 Les tolérances sur le diamètre extérieur et l'épaisseur de paroi des tubes dépendent du procédé de fabrication, de la nuance d'acier et du traitement thermique; elles doivent être choisies dans le document ISO approprié.

3.8.3 Les prescriptions indiquées en 8.4 de l'ISO/R 404 doivent être appliquées.

3.9 Méthodes de contrôle

L'acheteur doit indiquer dans sa demande d'offre et sa commande la méthode de contrôle qui doit être appliquée parmi les cinq indiquées au chapitre 4 de l'ISO/R 404.

NOTE – La méthode de contrôle choisie doit, le cas échéant, être compatible avec les prescriptions du document ISO traitant de l'utilisation du produit.

3.10 Règles générales d'exécution des essais de réception

On doit appliquer les prescriptions du chapitre 5 de l'ISO/R 404 en ce qui concerne :

- le lieu des essais de réception;
- la mise à disposition pour le contrôle;
- les droits du contrôleur;
- la réception.

3.11 Catégories d'essais

Les tubes doivent être soumis aux essais indiqués dans le tableau 1 pour la catégorie d'essais appropriée.

TABLEAU 1 – Catégories d'essais

Essais ¹⁾	Catégories d'essais			
	II	III	IV	V
Contrôle visuel	X	X	X	X
Hydraulique	X	X	X ²⁾	X ²⁾
Traction	X	X	X	X
Aplatissement ou pliage	X	X	X	X
Évasement sur mandrin ou rabattement de collerette		X		X
Essais non destructifs			X ²⁾	X ²⁾

1) Si nécessaire, un essai de choc à la température ambiante peut être effectué pour l'une quelconque de ces catégories d'essais (voir 3.12.1.6).

2) Voir 3.12.3.

3.12 Nombre, prélèvement et préparation des échantillons et éprouvettes

3.12.1 Essais mécaniques à température ambiante

3.12.1.1 Les prescriptions indiquées en 2.3 et 2.4 de l'ISO/R 377 concernant l'identification et la préparation des échantillons et des éprouvettes, doivent être appliquées.

3.12.1.2 Pour les catégories d'essais II et III, le nombre de tubes sur lesquels doivent être effectués les essais mécaniques à la température ambiante, doit être le suivant :

- a) diamètre extérieur jusqu'à 323,9 mm : un tube pour chaque lot de 200 tubes à l'état de fabrication;
- b) diamètre extérieur au-dessus de 323,9 mm : un tube pour chaque lot de 100 tubes à l'état de fabrication.

Les échantillons doivent être prélevés au hasard, parmi des lots présentés au contrôle et ne comprenant pas plus de 200 tubes. Si l'application de cette règle conduit, s'il s'agit d'une commande particulière, à une fraction de l'unité, celle-ci sera traitée comme une unité entière.

Un lot est une quantité convenable de tubes de la même nuance d'acier, de même diamètre et de même épaisseur de paroi, telle qu'un nombre convenable de tubes échantillons prélevés au hasard dans ce lot en vue des essais représente le lot complet d'une manière satisfaisante.

3.12.1.3 Pour les catégories d'essais IV et V, le nombre de tubes sur lesquels doivent être effectués des essais mécaniques à la température ambiante, doit être le suivant :

- a) sans traitement thermique : 2 % des tubes de chaque lot;
- b) avec traitement thermique : 2 % des tubes de chaque charge de traitement thermique.

Pour les tubes non traités thermiquement, un lot doit être composé seulement de tubes de même diamètre, de même épaisseur de paroi et de même nuance d'acier. Pour les tubes traités, un lot doit être composé seulement de tubes de même diamètre, de même épaisseur de paroi et de même nuance d'acier, soumis au même traitement de finition dans un four continu ou traités thermiquement dans la même charge d'un four discontinu.

Une séparation par coulée peut être effectuée quand celle-ci est spécifiée dans la demande d'offre et la commande et a fait l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

NOTE – La séparation par coulée est exigée pour tous les tubes ayant des caractéristiques spécifiées à température élevée et à basse température et qui sont soumis à des essais de réception pour ces caractéristiques.

3.12.1.4 L'éprouvette d'essai doit être prélevée sur le tube après le traitement thermique final. Si les tubes doivent être livrés dans un état différent de celui du traitement thermique final spécifié, les éprouvettes d'essai doivent être dans l'état de traitement thermique de référence exigé par le tableau 3.

3.12.1.5 Sur chaque tube destiné aux essais, une éprouvette doit être prélevée pour chacun des essais mécaniques indiqués en 3.11.

Pour l'essai de traction, l'éprouvette peut être prélevée longitudinalement ou transversalement, au choix du fabricant. Les dimensions de cette éprouvettes doivent être conformes aux spécifications des documents ISO appropriés.

Pour l'essai de pliage, l'éprouvette doit consister en un segment d'anneau découpé sur le tube et de l'épaisseur totale de ce tube; dans le cas des tubes de grand diamètre, elle doit consister en un segment d'anneau de section rectangulaire de 38 mm de largeur et de 19 mm d'épaisseur. Les arêtes peuvent être arrondies suivant un rayon de 1,6 mm.

3.12.1.6 Dans le cas où les dimensions du tube permettent le prélèvement d'une éprouvette de section normale (10 mm X 10 mm), et, si cela est convenu entre les parties intéressées ou exigé par le code d'utilisation (voir, par exemple, ISO 2694). Une ou trois éprouvettes à entaille en V (selon accord au moment de la demande d'offre et de la commande) pour essai de choc doivent être prélevées sur l'un des tubes choisis.

La forme et les dimensions de ces éprouvettes doivent être conformes aux prescriptions de l'ISO 148.

Les éprouvettes doivent être découpées de telle manière que leur axe longitudinal soit transversal à l'axe longitudinal du tube. L'entaille doit être perpendiculaire à la surface initiale du tube.

3.12.2 Examen visuel

Tous les tubes doivent faire l'objet d'un examen visuel.

3.12.3 Épreuve hydraulique

Une épreuve hydraulique doit être effectuée sur chaque tube, sauf dans le cas où, après accord entre les parties intéressées, pour les tubes des catégories d'essais IV et V soumis à un contrôle par ultrasons, conformément à l'annexe, cette épreuve peut être supprimée.

3.12.4 Essais non destructifs

Pour les catégories d'essais IV et V, tous les tubes doivent être soumis à des essais non destructifs de réception.

3.13 Méthodes et résultats d'essais

3.13.1 Essai de traction à la température ambiante

3.13.1.1 L'essai de traction doit être effectué conformément aux prescriptions de l'ISO 375.

3.13.1.2 La résistance à la traction R_m , la limite inférieure d'écoulement R_{eL} ou la limite conventionnelle d'élasticité R_p , et l'allongement A doivent être déterminés. Les résultats obtenus doivent satisfaire aux spécifications du tableau 3.

Pour les essais de réception, on peut déterminer la limite conventionnelle d'allongement R_t correspondant à l'allongement total. Pour les aciers ferritiques ayant une limite inférieure d'écoulement spécifiée R_{eL} ou une limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2}$, on utilisera la limite d'extension correspondant à un allongement total de 0,5 %, $R_{t0,5}$. Pour les aciers austénitiques ayant une limite conventionnelle d'élasticité spécifiée de 1,0 % on utilisera la limite d'extension correspondant à un allongement total de 1,0 %, $R_{t1,0}$. Cependant, en cas de litige, la limite inférieure d'écoulement R_{eL} , ou la limite conventionnelle d'élasticité $R_{p0,2}$ ($R_{p1,0}$ pour les aciers austénitiques) doivent être déterminées.

L'allongement pour cent doit être rapporté à une longueur entre repères de $5,65\sqrt{S_0}$. Si d'autres longueurs entre repères sont utilisées, l'allongement correspondant sur $5,65\sqrt{S_0}$ doit être obtenu conformément à l'ISO 2566/1. En cas de litige, la longueur entre repères de $5,65\sqrt{S_0}$ doit être utilisée.

3.13.2 Essais d'aplatissement ou de pliage

3.13.2.1 On doit effectuer, au choix du fabricant et suivant les dimensions du tube, soit un essai d'aplatissement (voir 3.12.2.2), soit un essai de pliage (voir 3.13.2.3).

3.13.2.2 L'essai d'aplatissement doit être effectué conformément à l'ISO/R 202. L'éprouvette ne doit présenter ni fissure, ni amorce de crique lorsque la distance entre les plateaux n'est pas supérieure à la valeur donnée par la formule

$$H = \frac{(1 + C)a}{C + (a/D)}$$

où

H est la distance, en millimètres, entre les plateaux;

a est l'épaisseur de paroi spécifiée, en millimètres;

D est le diamètre extérieur spécifié, en millimètres;

C est une constante dépendant de la nuance d'acier (voir tableau 3).

3.13.2.3 L'essai de pliage doit être effectué conformément à l'ISO/R 85. L'éprouvette doit être repliée à froid, dans le sens de la courbure initiale, autour d'une barre ayant le diamètre spécifié dans le tableau 3, approprié à la nuance d'acier spécifiée, sans présenter de fissures, ni d'amorces de crique; toutefois, une légère amorce de rupture aux arêtes ne doit pas être considérée comme une cause de rebut.

3.13.3 Essai d'évasement sur mandrin ou essai de rabatement de collerette

Sauf accord contraire au moment de la demande d'offre et de la commande, le fabricant de tubes peut à son choix effectuer soit un essai d'évasement sur mandrin, soit un essai de rabatement de collerette.

3.13.3.1 L'essai d'évasement sur mandrin doit être effectué conformément à l'ISO/R 166. L'éprouvette doit être évasée, sans se fissurer, par un mandrin ayant un angle au sommet de 30°, 45° ou 60°, au choix du fabricant, jusqu'à atteindre un diamètre extérieur conforme aux spécifications du tableau 3, appropriée à la nuance d'acier.

3.13.3.2 L'essai de rabatement de collerette doit être effectué conformément à l'ISO/R 165. Le diamètre extérieur de la collerette doit dépasser celui du tube de la quantité indiquée dans le tableau 3, appropriée à la nuance d'acier. Après rabatement de la collerette, le tube ne doit présenter ni fissure, ni amorce de crique.

3.13.4 Essai de choc à la température ambiante

3.13.4.1 L'essai de choc doit être effectué conformément à l'ISO 148.

3.13.4.2 Si l'on utilise une seule éprouvette, la valeur obtenue doit satisfaire aux exigences indiquées dans le tableau 3.

3.13.4.3 Si l'on utilise trois éprouvettes, la valeur moyenne obtenue doit satisfaire aux exigences indiquées dans le tableau 3. L'une des valeurs individuelles peut être inférieure à la valeur spécifiée, sans être inférieure à 70 % de cette valeur.

3.13.5 Épreuve hydraulique

Chaque tube doit subir une épreuve hydraulique dans l'usine du fabricant, sauf dans le cas prévu en 3.12.3.

La pression hydraulique doit être égale, pour toutes les catégories d'essais, à 1,5 fois la pression de calcul, mais elle

ne doit pas être supérieure à la pression calculée à l'aide de la formule

$$P = \frac{20 S a}{D}$$

où

P est la pression d'essai, en bars;

D est le diamètre extérieur spécifié, en millimètres;

a est l'épaisseur de paroi spécifiée, en millimètres;

S est la contrainte, en newtons par millimètre carré, correspondant à 80 % de la limite inférieure d'écoulement, à la température ambiante spécifiée dans la commande pour les aciers ferritiques et à 70 % de la limite conventionnelle d'élasticité à 1,0 %, $R_{p1,0}$, pour les aciers austénitiques.

La pression d'essai doit être maintenue suffisamment longtemps pour l'épreuve et le contrôle. Tout tube qui ne résiste pas à cette épreuve hydraulique doit être considéré comme non conforme à la présente Norme Internationale.

3.13.6 Essais non destructifs

Les essais non destructifs doivent être effectués sur des tubes essayés pour les catégories de qualité IV et V, selon une méthode qui doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées. On utilisera l'annexe comme base d'accord si l'on doit soumettre les tubes à un contrôle aux ultrasons.

3.14 Contre-essais

Les exigences formulées en 6.5 et 7.6 de l'ISO/R 404 sont applicables, sauf dans le cas des essais de choc pour lesquels on prend la moyenne des résultats sur trois éprouvettes. Dans ce dernier cas, la méthode suivante doit être utilisée :

Si la moyenne des trois résultats est inférieure à la valeur spécifiée, ou si l'une quelconque de ces valeurs est inférieure à 70 % de cette valeur spécifiée, on doit prélever trois éprouvettes supplémentaires sur le même échantillon et on doit procéder à de nouveaux essais sur ces éprouvettes. La valeur moyenne des six résultats d'essai ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée. Il ne doit pas y avoir plus de deux valeurs individuelles inférieures à cette valeur spécifiée ni plus d'une inférieure à 70 % de cette valeur.

3.15 Documents

Le client doit indiquer, au moment de la demande d'offre et de la commande, quels sont les documents indiqués par le chapitre 4 de l'ISO/R 404, qui doivent être fournis (voir aussi 3.9).

3.16 Marquage

3.16.1 Les tubes doivent porter lisiblement indiquées les marques suivantes :

- a) symboles d'identification de la nuance d'acier indiqués dans le tableau 3;

- b) marque du fabricant de tubes;

- c) désignation de la méthode de fabrication;

- d) symboles, lettres ou chiffres qui indiquent la relation entre les certificats d'essais, les éprouvettes et les produits.

3.16.2 Si l'on utilise la peinture pour le marquage, celle-ci doit être exempte de plomb, de cuivre, de zinc et d'étain.

3.16.3 Sur les tubes de petit diamètre, qui sont rassemblés en bottes ou mis en caisses, on peut porter les renseignements indiqués en 3.16.1 sur une étiquette solidement fixée à la botte ou à la caisse dans laquelle les tubes sont expédiés.

4 PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES POUR LES TUBES FABRIQUÉS EN NUANCES D'ACIER AYANT DES PROPRIÉTÉS SPÉCIFIÉES À TEMPÉRATURE ÉLEVÉE

4.1 Caractéristiques mécaniques

4.1.1 Pour les nuances d'acier qui ont des propriétés spécifiées à température élevée, les valeurs minimales de la limite conventionnelle d'élasticité obtenues conformément au chapitre 2 de l'ISO 2605/I (dans le cas des aciers austénitiques, ISO 2605/II), sont indiqués dans le tableau 5.

4.1.2 Pour les mêmes nuances d'acier, les caractéristiques moyennes de résistance à la rupture sont indiquées dans le tableau 6.

4.2 Vérification et essais

4.2.1 Toutes les catégories d'essais indiquées en 3.11 sont applicables.

4.2.2 Essais de détermination de la limite conventionnelle d'élasticité à température élevée

4.2.2.1 Les valeurs de la limite conventionnelle d'élasticité à température élevée doivent être vérifiées soit par des essais de réception à ces températures, soit selon le procédé indiqué au chapitre 3 de l'ISO 2605/I ou, dans le cas des aciers austénitiques, dans l'ISO 2605/II.

4.2.2.2 VÉRIFICATION PAR DES ESSAIS DE RÉCEPTION

On doit effectuer un essai sur chaque coulée en utilisant un échantillon préparé conformément à 3.12.1, l'éprouvette étant prélevée à un emplacement adjacent à l'une de celles utilisées pour l'essai de traction à la température ambiante. Si l'on doit fournir des tubes à épaisseurs différentes à partir d'une même coulée, on doit effectuer l'essai sur le tube le plus épais.

Les essais sous charge à la limite conventionnelle d'élasticité à température élevée doivent être effectués conformément à l'ISO/R 205 ou l'ISO/R 783, à une température choisie dans le tableau 5, et selon un accord entre les parties intéressées au moment de la demande d'offre et de la commande.

Les exigences indiquées en 6.5 de l'ISO/R 404 sont applicables aux contre-essais.

4.2.2.3 VÉRIFICATION SANS ESSAIS DE RÉCEPTION

Les valeurs de la limite conventionnelle d'élasticité à température élevée doivent être contrôlées selon le procédé indiqué au chapitre 3 de l'ISO 2605/I ou, dans le cas des aciers austénitiques, dans l'ISO 2605/II. Les limites inférieures de confiance à 95 % de ces valeurs, nécessaires à l'application de ce procédé, sont indiquées sur les figures 1 à 13 pour les différentes nuances d'acier.

4.2.3 Caractéristiques de résistance à la rupture

Les caractéristiques moyennes de résistance à la rupture indiquées dans le tableau 6 sont valables pour les tubes d'acier répondant à la présente Norme Internationale, à condition que :

- a) le produit ait été fabriqué en conformité stricte avec les exigences techniques de la présente Norme Internationale, afin de garantir que ces exigences de résistance à la rupture sont satisfaites, et
- b) le producteur d'acier fournisse un rapport à cet effet, selon un accord entre les parties intéressées.

5 PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES POUR LES TUBES FABRIQUÉS EN NUANCES D'ACIER AYANT DES PROPRIÉTÉS SPÉCIFIÉES À BASSÉ TEMPÉRATURE

5.1 Caractéristiques mécaniques

Pour les nuances d'acier qui ont des propriétés spécifiées à basse température, les résultats obtenus à l'essai de choc sur éprouvette en long entaillée en V sont indiqués dans le tableau 7 (voir aussi 5.2.6).

5.2 Vérification et essais

5.2.1 Toutes les catégories d'essais indiquées en 3.11 sont applicables aux tubes faisant l'objet du présent paragraphe.

5.2.2 On ne doit effectuer des essais que si la demande d'offre et la commande le spécifient et si l'épaisseur de paroi du tube est égale ou supérieure à 6 mm.

NOTE – Les Normes Internationales concernant l'emploi des tubes dans des appareils à pression contiennent des exigences d'essais à basse température.

5.2.3 Si des essais de choc à basse température sont exigés, le nombre de tubes soumis à ces essais doit être le suivant :

- a) sans traitement thermique : un tube par lot.
- b) avec traitement thermique : un tube par charge de traitement thermique définie en 3.12.1.3.

5.2.4 Trois éprouvettes doivent être prélevées pour l'essai de choc ISO sur le tube échantillon; la forme et les dimensions de ces éprouvettes doivent être conformes à l'ISO 148.

Les éprouvettes doivent être découpées de façon que leur axe longitudinal soit transversal à celui du tube. L'entaille doit être perpendiculaire à la surface initiale du tube.

5.2.5 Les essais doivent être effectués conformément à l'ISO 148, à une température choisie dans le tableau 7 et selon un accord entre les parties intéressées au moment de la demande d'offre et de la commande.

5.2.6 La valeur moyenne des résultats des trois essais doit satisfaire aux exigences indiquées dans le tableau 7. L'une des trois valeurs individuelles peut être inférieure à la valeur moyenne minimale donnée dans ce tableau sans être inférieure à 70 % de cette valeur.

5.2.7 La méthode suivante doit être utilisée pour les contre-essais :

Si la moyenne des trois valeurs est inférieure à la valeur spécifiée ou si l'une quelconque de ces valeurs est inférieure à 70 % de cette valeur spécifiée, on doit prélever trois éprouvettes supplémentaires sur le même échantillon et les soumettre à de nouveaux essais. La valeur moyenne des six résultats d'essai ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée. Il ne doit pas y avoir plus de deux valeurs individuelles inférieures à cette valeur spécifiée ni plus d'une valeur inférieure à 70 % de cette valeur spécifiée.

ANNEXE

ESSAIS DES TUBES AUX ULTRASONS POUR DÉTECTER LES DÉFAUTS LONGITUDINAUX

(Toutes les dimensions sont les dimensions spécifiées.)

A.1 MÉTHODE D'ESSAI

A.1.1 Les tubes doivent être essayés pour détecter les défauts longitudinaux prédominants, en utilisant une méthode de contrôle par ultrasons.

A.1.2 Les tubes à essayer doivent être suffisamment rectilignes et leurs surfaces doivent être exemptes de toute matière étrangère susceptible de gêner l'interprétation de l'essai.

A.1.3 Pendant l'essai, on doit déplacer les tubes ou les palpeurs de manière que ceux-ci se déplacent sur la surface des tubes suivant une hélice. Le pas de celle-ci doit être égal à 25 mm (1 in) au maximum, à moins d'un accord différent entre le client et le fabricant.

A.1.4 Les essais doivent être effectués soit selon l'une des directions de déplacement du faisceau, soit selon les deux directions, soit selon un accord entre le client et le fabricant.

A.2.2.1.1 Au-dessus d'un alésage de 15 mm (0,59 in) on doit utiliser les deux entailles, extérieure et intérieure.

À partir de l'alésage de 15 mm (0,59 in) jusqu'à celui de 10 mm (0,4 in) inclus, on peut utiliser l'entaille intérieure, au choix du fabricant.

Au-dessous de l'alésage de 10 mm (0,4 in), on ne doit pas utiliser l'entaille intérieure.

A.2.2.1.2 L'entaille étalon intérieure ne doit pas être utilisée quand le rapport D/a est inférieur à 4.

A.2.2.2 *Longueur*

Longueur de l'entaille étalon (à pleine profondeur) : 50 mm (2 in) au minimum.

A.2.2.3 *Largeur*

Largeur de l'entaille étalon :

1 mm (0,04 in) au maximum pour les tubes dont l'épaisseur n'excède pas 25 mm (1 in).

1,5 mm (0,06 in) pour les tubes dont l'épaisseur est supérieure à 25 mm (1 in).

A.2.2.4 *Profondeur*

La profondeur de l'entaille étalon doit être égale à 5 % de l'épaisseur spécifiée, dans les limites suivantes :

A.2.2.4.1 Tolérances sur la profondeur : $\pm 15\%$ de la profondeur spécifiée, avec un minimum de $\pm 0,05$ mm ($\pm 0,002$ in).

A.2.2.4.2 Pour des rapports D/a compris entre 4 et 5, la profondeur de l'entaille étalon intérieure doit être conforme au tableau 2.

A.2 ÉTALONNAGE

A.2.1 Le matériel de contrôle aux ultrasons doit être étalonné sur une entaille étalon longitudinale pratiquée soit sur les surfaces extérieure et intérieure, soit sur la surface extérieure seulement d'une éprouvette tubulaire, conforme aux exigences de la spécification, habituellement dans l'état « de livraison ». Si l'éprouvette est usinée, on peut réduire la profondeur minimale de l'entaille. (Voir A.2.2.4.3.)

Si le tube est en acier ferritique, l'éprouvette doit être en acier ferritique; s'il est en acier austénitique, il doit en être de même de l'éprouvette. Celle-ci doit avoir le même diamètre spécifié et la même épaisseur spécifiée que le tube à essayer.

Lorsque l'on utilise des entailles étalons extérieures et intérieures, leur écartement n'a pas besoin d'être supérieur à celui qui est nécessaire pour bien distinguer leur signaux.

A.2.2 Les dimensions des entailles doivent être les suivantes.

A.2.2.1 *Forme et position*

L'entaille étalon doit être pratiquée dans le sens de la longueur du tube. En principe, ses flancs doivent être parallèles et le fond doit être perpendiculaire aux flancs.

TABLEAU 2 – Profondeurs de l'entaille

Rapport $\frac{\text{diamètre}}{\text{épaisseur}} D/a$	$\frac{\text{profondeur de l'entaille étalon intérieure}}{\text{profondeur de l'entaille étalon extérieure}}$
5	1
4,75	1,6
4,5	1,9
4,25	2,2
4	2,5

A.2.2.4.3 Pour tous les tubes, sauf ceux faisant l'objet de A.2.2.4.4, A.2.2.4.5 et A.2.2.4.6 :

Profondeur minimale : 0,3 mm (0,012 in); sauf pour les éprouvettes usinées pour lesquelles cette profondeur minimale doit être de 0,2 mm (0,008 in).

Profondeur maximale : 1,5 mm (0,06 in).

A.2.2.4.4 Profondeur maximale pour les tubes en acier austénitique :

- tubes d'épaisseur inférieure ou égale à 50 mm (2 in) : 1,5 mm (0,06 in);
- tubes d'épaisseur supérieure à 50 mm (2 in) : 3 % de l'épaisseur spécifiée.

A.2.2.4.5 Pour les tubes en acier austénitique finis à froid et pour les tubes en acier ferritique contenant plus de 12 % de chrome et d'épaisseur inférieure à 3 mm (0,12 in), la profondeur minimale doit être de 0,2 mm (0,008 in).

A.2.2.4.6 Tubes pour utilisation dans l'industrie nucléaire :

Profondeur minimale : 0,2 mm (0,008 in) pour les applications normales, 0,1 mm (0,004 in) pour les applications plus sévères.

Profondeur maximale : comme pour A.2.2.4.3 et A.2.2.4.4.

A.3 ÉTALONNAGE ET VÉRIFICATION DE L'APPAREILLAGE

A.3.1 L'appareillage de contrôle aux ultrasons doit être réglé de façon à détecter les signaux émis par les deux entailles étalons, intérieure et extérieure (ou le signal émis par l'entaille extérieure dans le cas où celle-ci est seule

utilisée). Au cours de l'étalonnage, la vitesse de rotation de l'appareillage automatique ou la vitesse de déplacement de l'appareillage commandé manuellement doivent être comparables à celles atteintes pendant l'essai.

A.3.2 Si l'une ou l'autre des entailles étalons (ou les deux) ne sont pas détectées au cours du contrôle pendant les essais en cours de fabrication, on doit soumettre à un contre-essai tous les tubes essayés depuis le contrôle précédent après réétalonnage de l'appareillage.

A.4 RÉCEPTION

A.4.1 Tout tube qui n'émet pas un signal supérieur au signal émis par l'entaille étalon doit être considéré comme ayant satisfait à cet essai.

A.4.2 Dans le cas où l'on obtient un signal supérieur à celui émis par l'entaille étalon, on doit relever la profondeur du défaut; si l'on constate que celle-ci est inférieure à celle de l'entaille étalon, on négligera le défaut. La profondeur ne doit pas être déduite de l'épaisseur de paroi.

A.4.3 On peut éliminer les défauts qui ont une profondeur supérieure à celle de l'entaille étalon, à condition que l'épaisseur restante après cette élimination ne soit pas inférieure au minimum admissible. On doit alors soumettre le tube à un contre-essai aux ultrasons et, s'il n'émet plus de signal supérieur à celui émis par l'entaille étalon, il doit être accepté. En variante, on peut tronçonner le tube, éliminer la partie contenant le défaut et on peut considérer le reste du tube comme ayant satisfait à l'essai.

A.4.4 La réception d'un tube doit faire l'objet d'un accord spécial entre le client et le fabricant si l'on peut prouver que le défaut qui émet le signal supérieur à celui émis par l'entaille étalon ne s'étend pas jusqu'à la surface du tube.

TABLEAU 3 – Composition chimique, caractéristiques mécaniques à température ambiante et traitements thermiques

Nuance d'acier N°	Composition chimique, % (1,2,3)									Caractéristiques mécaniques spécifiées pour températures basses		Caractéristiques mécaniques à température ambiante ⁷⁾										Traitement thermique				
	C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Autres	élévées		R _{eL} ou R _{p0,2} min. ⁹⁾	R _{p1,0} min. ⁹⁾	R _m	A min. min.	KV	Essai d'aplatissement constant C	Essai de pliage D max	Essai d'évase-ment et de rabotement % accroissement D ₀			Traitement thermique de référence ⁸⁾	Température °C	Conditions de refroidissement ¹⁰⁾	Température °C	Conditions de refroidissement ¹⁰⁾
										dans le tableau									rapport D ₁ /D ₀							
												> 0,6	≤ 0,6	> 0,8												
TS 1	≤ 0,16		0,30 – 0,70	0,050	0,050						195	320 – 440	25			0,10	4a	12	15	19	HF, SCA, A, N	HF – SCA 640 – 700 A 880 – 940 N 880 – 940	a f a			
TS 2	≤ 0,16		0,40 – 0,70	0,050	0,050				5,6	195	320 – 440	25			0,10	4a	12	15	19	HF, N						
TS 4	≤ 0,17	≤ 0,35	0,40 – 0,80	0,045	0,045					215	360 – 480	24			0,10	4a	12	15	19	HF, SCA, A, N						
TS 5	≤ 0,17	≤ 0,35	0,40 – 0,80	0,045	0,045				5,6	215	360 – 480	24			0,10	4a	12	15	19	HF, N						
TS 6	≤ 0,17	≤ 0,35	0,40 – 1,00	0,045	0,045			Al _{met} ≥ 0,015 ^{4,5,6)}	7	215	360 – 480	24			0,10	4a	12	15	19	HF, A, N						
TS 9	≤ 0,21	≤ 0,35	0,40 – 1,20	0,045	0,045					235	410 – 530	22			0,08	4a	10	12	17	HF, N						
TS 9H	≤ 0,21	≤ 0,35	0,40 – 1,20	0,045	0,045				5,6	235	410 – 530	22			0,08	4a	10	12	17	HF, N						
TS 10	≤ 0,19	≤ 0,35	0,60 – 1,20	0,045	0,045			Al _{met} ≥ 0,015 ^{4,5,6)}	/	235	410 – 530	22			0,08	4a	10	12	17	HF, A, N						
TS 13	≤ 0,22	≤ 0,35	0,60 – 1,40	0,045	0,045					265	460 – 580	21			0,07	4a	8	10	15	HF, SCA, A, N						
TS 14	≤ 0,22	≤ 0,35	0,80 – 1,40	0,045	0,045				5,6	265	460 – 580	21			0,07	4a	8	10	15	HF, N						
TS 15	≤ 0,20	≤ 0,35	0,80 – 1,40	0,045	0,045			Al _{met} ≥ 0,015 ^{4,5,6)}	7	265	460 – 580	21			0,07	4a	8	10	15	HF, A, N						
TS 18	≤ 0,23	≤ 0,35	0,80 – 1,50	0,045	0,045				5,6	285	490 – 610	21			0,07	4a	8	10	15	HF, N						
TS 26	0,12 – 0,20	0,10 – 0,35	0,40 – 0,80	0,040	0,040		0,25 – 0,35	Al _{met} ≤ 0,012 ⁴⁾		5,6	250	450 – 600	22			0,07		8	10	15	N, N + T	900 – 940	a	600 – 650	a	
TS 32	0,10 – 0,18	0,10 – 0,35	0,40 – 0,70	0,040	0,040	0,70 – 1,10	0,45 – 0,65	Al _{met} ≤ 0,02 ⁴⁾		5,6	275	440 – 590	22			0,07		8	10	15	N + T	900 – 960	a	640 720	a	
TS 33	0,10 – 0,18	0,10 – 0,35	0,40 – 0,70	0,040	0,040	0,30 – 0,60	0,50 – 0,70	V 0,22 – 0,32 Al _{met} ≤ 0,02 ⁴⁾		5,6	275	460 – 610	15			0,07		8	10	15	N + T	930 – 980	a	670 – 720	a	
TS 34	0,08 – 0,15	≤ 0,50	0,40 – 0,70	0,040	0,040	2,00 – 2,50	0,90 – 1,20	Al _{met} ≤ 0,02 ⁴⁾		5,6	135 275 275	410 – 560 490 – 640 490 – 640	20 16 16			0,07 0,07		8 8 10	10 15 15	a) A b) N + T c) N + T	900 – 960 900 – 960 900 – 960	f a a	650 – 780 650 – 750	a a		
TS 37	≤ 0,15	≤ 0,50	0,30 – 0,60	0,030	0,030	4,00 – 6,00	0,45 – 0,65	Al _{met} ≤ 0,02 ⁴⁾		5,6	205	410 – 560	20			0,07		8	10	15	A	880 – 880	f			
TS 38	≤ 0,15	0,25 – 1,00	0,30 – 0,60	0,030	0,030	8,00 – 10,00	0,90 – 1,10	Al _{met} ≤ 0,02 ⁴⁾		5,6	135 390	410 – 560 590 – 740	20 18			0,07 0,07		8 8	10 15	a) A b) N + T	850 – 950 900 – 1 000	f a	700 – 800	a		
TS 39	≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 1,00	0,040	0,030	11,5 – 14,0		Al _{met} ≤ 0,02 ⁴⁾		5,6	245 380	440 – 590 590 – 740	20 18			0,08 0,08		6 6	8 12	a) A b) Q + T	750 – 800 950 – 1 000	a a, o	700 – 750	a		
TS 40	0,17 – 0,23	≤ 0,50	≤ 1,00	0,030	0,030	10,00 – 12,50	0,80 – 1,20	V 0,25 – 0,35 ¹¹⁾		5,6	435	690 – 840	15			0,08		6	8	12	N + T	1 020 – 1 070	a	680 – 780	a	
TS 43	≤ 0,15	0,15 – 0,35	0,30 – 0,80	0,040	0,040		3,25 – 3,75		7		245	440 – 590	16			0,08		6	8	12	a) N b) N + T	840 – 900	a	580 – 630	a	
TS 45	≤ 0,13	0,15 – 0,30	0,30 – 0,80	0,040	0,040		8,50 – 9,50		7		510	690 – 840	15			0,08		6	8	12	Q + T N + N + T	880 – 920 1) 880 – 920 2) 780 min.	a, w a	560 – 610	a ou e	
TS 46	≤ 0,03	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	17,00 – 19,00	9,00 – 13,00		7		175	205	490 – 690	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 47	≤ 0,07	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	17,00 – 19,00	8,00 – 12,00		7		195	235	490 – 690	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 48	0,04 – 0,09	≤ 0,75	≤ 2,00	0,045	0,030	17,00 – 20,00	8,00 – 12,00			5,6	195	235	490 – 690	30		0,09		9	15	17	Q	980 – 1 100				
TS 50	≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	17,00 – 19,00	9,00 – 13,00	Nb ≥ 10 X C ≤ 1,00	/		205	245	510 – 710	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 53	≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	17,00 – 19,00	9,00 – 13,00	Ti ≥ 5 X C ≤ 0,80	7		195	235	510 – 710	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 54	0,04 – 0,10	0,20 – 0,80	≤ 2,00	0,045	0,030	17,00 – 20,00	9,00 – 13,00	Ti > 4 X C < 0,60		5,6	155 195	195 235	490 – 690 510 – 710	30 30		0,09 0,09		9 9	15 15	17 17	Q Q	1 070 – 1 140 950 – 1 070				
TS 56	0,04 – 0,10	0,20 – 0,80	≤ 2,00	0,045	0,030	16,00 – 20,00	11,00 – 14,00	Nb ≥ 10 X C ≤ 1,4		5,6	205	245	510 – 710	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 57	≤ 0,03	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	16,00 – 18,50	2,00 – 2,50		7		185	215	490 – 690	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 58	≤ 0,03	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	16,00 – 18,50	2,50 – 3,00		7		185	215	490 – 690	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 60	≤ 0,07	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	16,00 – 18,50	2,00 – 2,50		7		205	245	510 – 710	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 61	≤ 0,07	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	16,00 – 18,50	2,50 – 3,00		7		205	245	510 – 710	30		0,09		9	15	17	Q	950 – 1 100				
TS 63	0,04 – 0,09	≤ 0,75	1,00 – 2,00	0,045	0,030	16,00 – 18,00	2,00 – 2,75			5,6	205	245	510 – 710	30		0,09		9	15	17	Q	1 000 – 1 100				
TS 67	0,04 – 0,10	0,30 – 0,60	1,00 – 1,50	0,045	0,030	15,50 – 17,50	1,60 – 2,00	15,50 – 17,50		5,6	215	265	510 – 710	30		0,09		9	15	17	Q					
TS 68	≤ 0,15	≤ 0,75	≤ 2,00	0,045	0,030	24,00 – 26,00	19,00 – 22,00			5,6	205	245	510 – 710	30		0,09		9	15	17	Q					
TS 69	≤ 0,12	≤ 1,00	≤ 1,50	0,045	0,030	19,00 – 23,00	30,00 – 35,00	Ti 0,15 – 0,60 Al 0,15 – 0,60		5,6	185	205	480 – 680	25		0,09		9	15	17	Q					