
**Réceptacles cryogéniques — Exigences
de ténacité pour les matériaux à
température cryogénique —**

**Partie 2:
Températures comprises entre -80
degrés C et -20 degrés C**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Cryogenic vessels — Toughness requirements for materials at
cryogenic temperature —*

Part 2: Temperatures between -80 degrees C and -20 degrees C

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47b62a05-ba48-4990-9568-05f550bb9de/iso-21028-2-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 21028-2:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47b62a05-ba48-4990-9568-05f550bb9de/iso-21028-2-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en oeuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Geneva
Tél.: +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	2
5 Exigences pour les aciers avec une limite d'élasticité ≤ 460 N/mm²	3
5.1 Généralités.....	3
5.2 Corrections de température.....	4
5.3 Procédure pour les matériaux de base d'une épaisseur < 10 mm.....	4
6 Exigences générales relatives aux essais	5
6.1 Généralités.....	5
6.2 Éprouvettes de dimensions réduites.....	5
6.3 Éprouvettes de dimensions réduites pour des composants dans lesquels il est impossible de prélever des éprouvettes d'une section transversale égale à l'épaisseur de référence.....	6
7 Soudures	6
8 Exigences pour l'aluminium et ses alliages, le cuivre et ses alliages et les aciers austénitiques inoxydables	6
Annexe A (informative) Proposition de cas — Justification technique du terme d'ajustement relatif à la température	20
Annexe B (informative) Exemple de calcul de la plus basse température autorisée en service	23
Bibliographie	24

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 attirée 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 nature volontaire des normes, 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'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 220, *Réceptifs cryogéniques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 21028-2:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- les tableaux et les figures relatifs aux températures d'essai de flexion par choc et aux températures de référence pour la conception ont été modifiés;
- l'[Annexe B](#) a été ajoutée pour présenter un exemple de calcul de la plus basse température autorisée en service.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 21028 se trouve sur le site Web de l'ISO.

Introduction

L'utilisation de matériaux à des basses températures crée des problèmes particuliers qu'il convient de prendre en compte. Il convient, en particulier, de tenir compte de modifications des caractéristiques mécaniques, de phénomènes de dilatation et de contraction, et de la conduction thermique des divers matériaux. La principale propriété à prendre en considération est la ténacité des matériaux à basse température.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 21028-2:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47b62a05-ba48-4990-9568-05f550bb9de/iso-21028-2-2018>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 21028-2:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47b62a05-ba48-4990-9568-05f550bb9de/iso-21028-2-2018>

Réceptacles cryogéniques — Exigences de ténacité pour les matériaux à température cryogénique —

Partie 2:

Températures comprises entre -80 degrés C et -20 degrés C

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences de ténacité des matériaux métalliques utilisables à une température comprise entre -20 °C et -80 °C pour assurer leur aptitude à l'emploi pour les réceptacles cryogéniques. Il est applicable aux aciers à grains fins et aux aciers faiblement alliés avec une limite d'élasticité spécifiée $\leq 460\text{ N/mm}^2$, à l'aluminium et aux alliages d'aluminium, au cuivre et aux alliages de cuivre et aux aciers austénitiques inoxydables.

NOTE Pour les matériaux en acier répertoriés dans l'EN 13445-2 ou l'EN 13480-2 ou pour les matériaux en acier et les soudures conformes aux mêmes exigences fondamentales de sécurité, les exigences relatives à la prévention de la rupture fragile à basse température, conformément à l'EN 13445-2:2014, Annexe B, méthode 2, ou à l'EN 13480-2:2012, Annexe B, méthode 2 peuvent être appliquées.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 (toutes les parties), *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy*

ISO 9016, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essai de flexion par choc — Position de l'éprouvette, orientation de l'entaille et examen*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1

température minimale du métal

T_M

la plus basse des températures définies pour chacune des conditions suivantes:

- température pendant le fonctionnement normal;
- température pendant les opérations de démarrage et d'arrêt;
- température qui risque de se présenter pendant des dérèglements éventuels du process;
- température qui risque de se présenter pendant l'essai de pression ou l'essai de détection de fuite; et

— conditions ambiantes.

Note 1 à l'article: Voir également *terme d'ajustement relatif à la température* (3.2) et *température de référence pour la conception* (3.3).

3.2

terme d'ajustement relatif à la température

T_S
terme d'ajustement destiné au calcul de la *température de référence pour la conception* T_R (3.3); il dépend de la contrainte principale de membrane due à la pression, à la température minimale appropriée du métal

3.3

température de référence pour la conception

T_R
température utilisée pour déterminer les exigences relatives à l'énergie de rupture en flexion par choc, elles-mêmes déterminées en ajoutant le *terme d'ajustement relatif à la température* T_S (3.2) à la *température minimale du métal* T_M (3.1):

$$T_R = T_M + T_S$$

Note 1 à l'article: Toutes les combinaisons applicables des températures T_M et T_S doivent être prises en considération et la valeur de T_R la plus basse possible doit être utilisée pour la détermination de la *température d'essai de flexion par choc* (3.4) requise pour le matériau.

3.4

température d'essai de flexion par choc

T_{KV}
température à laquelle l'énergie de rupture en flexion par choc requise doit être obtenue

Note 1 à l'article: Voir [Article 5](#).

3.5

énergie de rupture en flexion par choc

KV
énergie déterminée à partir des essais de Charpy à entaille en V effectués

Note 1 à l'article: Des essais conformément à l'ISO 148 (toutes les parties).

3.6

épaisseur de référence

e_B
épaisseur d'un composant à utiliser pour relier la *température de référence pour la conception* T_R (3.3) du composant à sa *température d'essai de flexion par choc* requise, T_{KV} (3.4)

Note 1 à l'article: L'épaisseur de référence est basée sur l'épaisseur nominale (surépaisseur de corrosion incluse) et peut être telle que définie dans le [Tableau 6](#). Pour les composants soudés bout à bout, il s'agit de l'épaisseur nominale de paroi du composant au niveau des bords préparés pour le soudage.

Note 2 à l'article: Voir [Figures 1](#) à [5](#).

4 Symboles

Symbole	Définition	Unité
A-W	brut de soudage	
a	profondeur du défaut	mm
e	épaisseur de paroi	mm

e_B	épaisseur de référence	mm
KV	énergie de rupture en flexion par choc	J
K_C	coefficient d'intensité de contrainte	J
K_{IC}	intensité de contrainte critique	J
K_0	constante 25 MPa \sqrt{m}	
TTAS	traitement thermique après soudage	
R_{el}	limite élastique	N/mm ² ou J
R_p	limite conventionnelle d'élasticité	N/mm ² ou J
SMYS	limite d'élasticité minimale spécifiée	N/mm ²
t	épaisseur du composant	mm
T_{KV}	température d'essai de flexion par choc	°C
T_M	température minimale du métal	°C
T_R	température de référence pour la conception	°C
T_S	terme d'ajustement relatif à la température	°C
β	constante 1/60	
σ	coefficient de contrainte	ISO 21028-2:2018
π	coefficient	https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47b62a05-ba48-4990-9568-05f550bb9de/iso-21028-2-2018
ΔT_e	terme d'ajustement	°C

5 Exigences pour les aciers avec une limite d'élasticité ≤ 460 N/mm²

5.1 Généralités

Cette méthode, basée sur la mécanique de la rupture, peut être utilisée pour déterminer les exigences pour la prévention de la rupture fragile pour les aciers au C, C-Mn, à grains fins et faiblement alliés ayant une SMYS ≤ 460 N/mm².

Dans cette procédure, la température d'essai de flexion par choc, T_{KV} , n'est pas égale à la température de référence pour la conception T_R .

Le matériau de base, les soudures et les zones affectées thermiquement doivent satisfaire aux exigences relatives à l'énergie de rupture en flexion par choc (KV) et à celles relatives à la température d'essai de flexion par choc, T_{KV} , données au [Tableau 1](#) pour les températures de référence pour la conception T_R et les épaisseurs de référence. Les valeurs de T_R doivent être calculées à partir de T_M en utilisant les valeurs de T_S données en [5.2](#).

Pour les matériaux avec une SMYS ≤ 310 N/mm², l'énergie de rupture en flexion par choc à T_{KV} donnée à la [Figure 1](#) et la [Figure 2](#) doit être de 27 J.

Pour les matériaux avec une SMYS > 310 N/mm², l'énergie de rupture en flexion par choc à T_{KV} donnée dans les [Figures 1](#) et [2](#) doit être de 40 J.

Lorsqu'une valeur de 27 J est spécifiée dans la norme de produit, la [Figure 3](#) est applicable dans le cas où un traitement thermique après soudage est réalisé.

Pour l'état brut de soudage avec une SMYS > 310 N/mm² et ≤ 360 N/mm², la [Figure 4](#) est applicable.

Pour une limite d'élasticité minimale > 360 N/mm², la [Figure 5](#) est applicable.

Tableau 1 — Exigences relatives à l'énergie de rupture en flexion par choc

Valeur minimale spécifiée de la limite d'élasticité du matériau de base N/mm ²	Énergie de rupture en flexion par choc KV requise (pour des éprouvettes de 10 mm × 10 mm) J	Figure définissant T_{KV} requis	
		Non soudé/traité thermiquement après soudage (TTAS)	Brut de soudage (A-W)
≤ 310	27	1	2
> 310 à ≤ 360	40	1	2
	27	3	4
> 360	40	1	2
	27	3	5

5.2 Corrections de température

T_S est une correction de température qui peut être utilisée lorsque la contrainte principale de membrane due à la pression n'exécède pas le pourcentage de la contrainte de calcul maximale admissible ou la valeur de 50 N/mm² donnés au [Tableau 2](#).

Tableau 2 — Corrections de température

État	Pourcentage de la contrainte de calcul admissible maximale			Contrainte de membrane ^b ≤ 50 N/mm ²
	> 75 % à ≤ 100 %	> 50 % à ≤ 75 %	≤ 50 %	
Non soudé, ayant subi un traitement thermique final après soudage ^a	0 °C	+10 °C	+25 °C	+50 °C
Brut de soudage et épaisseur de référence < 30 mm	0 °C	0 °C	0 °C	+40 °C

^a Applicable également pour un équipement pour lequel tous les piquages et éléments soudés non provisoires ont été d'abord soudés aux composants du récipient et pour lequel ces sous-ensembles ont été soumis à un traitement thermique après soudage avant d'avoir été assemblés par soudure bout à bout à l'équipement, mais dont les soudures principales n'ont pas subi de traitement thermique après soudage.

^b Dans ce cas, il est recommandé que la contrainte de membrane tienne compte de la pression intérieure et extérieure et du poids propre.

L'[Annexe A](#) présente une proposition de cas pour la justification technique du terme d'ajustement relatif à la température.

5.3 Procédure pour les matériaux de base d'une épaisseur < 10 mm

Les valeurs minimales de T_R qui doivent être utilisées lorsque les matériaux de base ont une épaisseur inférieure à 10 mm et que la température d'essai T_{KV} est de 20 °C sont données au [Tableau 3](#). Les exigences relatives à l'énergie de rupture en flexion par choc sont telles que spécifiées dans les normes de matériaux correspondantes.

Lorsque ces matériaux doivent être utilisés à des températures inférieures aux valeurs de T_R données au [Tableau 3](#), l'essai doit être effectué selon la courbe correspondant à 10 mm donnée dans les [Figures 1](#) à [5](#). Les valeurs d'énergie requises pour les éprouvettes de dimensions réduites sont données dans le [Tableau 4](#).

Tableau 3 — Valeurs minimales de T_R pour les matériaux de base d'une épaisseur < 10 mm et pour $T_{KV} = 20$ °C

Épaisseur mm	Brut de soudage (A-W)	Traité thermiquement après soudage (TTAS)
	°C	
8	-20	-35
6	-25	-40
4	-40	-55
2	-55	-70

Un exemple de calcul de la plus basse température autorisée en service est donné en [Annexe B](#).

6 Exigences générales relatives aux essais

6.1 Généralités

Lorsque des essais de flexion par choc sont exigés, ils doivent être effectués conformément à l'ISO 148 (toutes les parties) sur des éprouvettes Charpy à entaille en V. Les exigences relatives à l'énergie de rupture en flexion par choc doivent être respectées pour le matériau de base, la zone affectée thermiquement et le métal déposé. La position de l'éprouvette doit être conforme à l'ISO 9016. Pour chaque échantillon, trois éprouvettes doivent être soumises à essai pour chacune des positions et chacune des températures d'essais requises. La valeur moyenne pour les trois éprouvettes doit être au moins égale à l'énergie de rupture en flexion par choc requise. Seule une éprouvette peut présenter une valeur inférieure, mais cette valeur ne doit pas être inférieure à 70 % de cette valeur requise.

Les valeurs requises pour le matériau de base se rapportent à la direction transversale. Si on ne peut obtenir les caractéristiques dans la direction transversale, les exigences relatives à l'énergie minimale de rupture en flexion par choc dans la direction longitudinale spécifiées pour les éprouvettes transversales doivent être multipliées par le coefficient 1,5 pour les aciers au carbone, au C-Mn, à grains fins et faiblement alliés avec une limite apparente d'élasticité minimale spécifiée ≤ 460 N/mm². Pour les autres matériaux, se référer à la norme de produit.

6.2 Éprouvettes de dimensions réduites

Pour les matériaux de base dont l'épaisseur est inférieure à 10 mm, les exigences relatives à l'énergie de rupture en flexion par choc sont données au [Tableau 4](#).

Sinon, lorsque les exigences relatives à l'énergie, avec réduction proportionnelle, sont préférées, le [Tableau 5](#) doit être appliqué.

Tableau 4 — Exigences correspondantes relatives à l'énergie de rupture en flexion par choc pour les éprouvettes Charpy à entaille en V de dimensions réduites lorsque le matériau de base est d'une épaisseur < 10 mm

Exigence relative à l'énergie de rupture en flexion par choc pour des éprouvettes de dimensions normales, telle que requise dans le Tableau 1	Exigence correspondante relative à l'énergie de rupture en flexion par choc pour des éprouvettes de dimensions réduites	
J	J	
10 mm × 10 mm	10 mm × 7,5 mm	10 mm × 5 mm
27	20	14
40	30	20

6.3 Éprouvettes de dimensions réduites pour des composants dans lesquels il est impossible de prélever des éprouvettes d'une section transversale égale à l'épaisseur de référence

Il existe des cas de composants de forme et/ou de modes opératoires de soudage inhabituels ou de tôles de production fabriquées pour lesquels l'éprouvette Charpy à entaille en V extraite est soit < 10 mm, soit non représentative de l'épaisseur de la section.

Dans ces cas, les éprouvettes de dimensions réduites doivent faire l'objet d'un essai à une température d'essai de flexion par choc inférieure afin de reproduire le comportement d'une éprouvette d'épaisseur normale, en utilisant des décalages de la température d'essai conformes au [Tableau 5](#).

Il est recommandé d'effectuer les essais de flexion par choc sur la plus grande épaisseur que l'on puisse prélever dans le composant considéré.

Tableau 5 — Exigences équivalentes relatives à l'énergie de rupture en flexion par choc lorsque des éprouvettes de dimensions réduites sont prélevées à partir de sections plus épaisses

Énergie de rupture en flexion par choc requise KV J	Géométrie de l'éprouvette mm	Exigence relative à l'éprouvette de dimensions réduites		
		KV J	Géométrie de l'éprouvette mm × mm	Décalage de la température d'essai de flexion par choc °C
27	10 × 10	20	7,5 × 10	$T_{KV} - 5$
		14	5,0 × 10	$T_{KV} - 20$
40	10 × 10	30	7,5 × 10	$T_{KV} - 5$
		20	5,0 × 10	$T_{KV} - 20$
20	7,5 × 10	14	5,0 × 10	$T_{KV} - 15$
30	7,5 × 10	20	5,0 × 10	$T_{KV} - 15$

7 Soudures

Lorsque des matériaux doivent être assemblés par soudage, le choix des produits consommables pour le soudage et des modes opératoires (voir l'ISO 9016) doit permettre d'obtenir les caractéristiques de flexion par choc requises dans la soudure et les zones affectées thermiquement lorsque les essais sont réalisés conformément à [l'Article 5](#).

L'énergie de rupture en flexion par choc requise doit être au moins égale à l'énergie de rupture en flexion par choc spécifiée pour le métal de base.

8 Exigences pour l'aluminium et ses alliages, le cuivre et ses alliages et les aciers austénitiques inoxydables

La ténacité pour l'aluminium et ses alliages, le cuivre et ses alliages et les aciers austénitiques inoxydables est de manière inhérente suffisamment élevée à basse température pour rendre les essais de flexion par choc non nécessaires.

Les soudures des aciers austénitiques inoxydables doivent être soumises à des essais de choc si le matériau du produit consommable pour le soudage/métal d'apport s'avère avoir une teneur en ferrite supérieure à 10 %.