

NF EN 10028-2

SEPTEMBRE 2009

www.afnor.org



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR LE DROIT D'AUTEUR

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 accord formel.

Contacter :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients Normes en ligne. Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of AFNOR Webshop (Standards on line) customers. All network exploitation, reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form (hardcopy or other media), is strictly prohibited.

Normes en ligne

Pour : METALHOM

Client : 70040077

Commande : N20141023-152198-T

le : 23/10/2014 à 16:08

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

norme européenne

norme française

NF EN 10028-2
Septembre 2009

Indice de classement : **A 36-205-2**

ICS : 77.140.30 ; 77.140.50

Produits plats en aciers pour appareils à pression

Partie 2 : Aciers non alliés et alliés avec caractéristiques spécifiées à température élevée

E : Flat products made of steels for pressure purposes — Part 2: Non-alloy an alloy steels with specified elevated temperature properties

D : Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 26 août 2009 pour prendre effet le 26 septembre 2009.

Remplace la norme homologuée NF EN 10028-2, de décembre 2003.

Correspondance

La Norme européenne EN 10028-2:2009 a le statut d'une norme française.

Analyse

Le présent document spécifie les prescriptions relatives aux produits plats pour appareils à pression en aciers non alliés et alliés, aptes au soudage, avec caractéristiques à température élevée, telles que spécifiées dans le Tableau 1.

Les prescriptions et définitions de l'EN 10028-1:2007+A1:2009 s'appliquent également.

NOTE Après publication du présent document dans le Journal Officiel de l'UE (OJEU) sous la Directive 97/23/EC, la présomption de conformité aux Exigences Essentielles de Sécurité (ESRs) de la Directive 97/23/EC se limite aux données techniques des matériaux du présent document (Partie 1 et la présente Partie 2 de la série) et ne suppose pas l'adéquation du matériau à un élément ou à un équipement spécifique. En conséquence, l'évaluation des données techniques énoncées dans le présent document de matériau en fonction des exigences de conception de cet élément spécifique d'équipement pour vérifier que les ESR de la Directive 97/23/EC sont respectées, doit être effectuée.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : produit sidérurgique, tôle métallique, feuillard, acier non allié, acier allié, acier pour hautes températures, appareil à pression, désignation, spécification, état de livraison, composition chimique, propriété mécanique, limite d'élasticité, essai, marquage.

Modifications

Par rapport au document remplacé, révision technique complète.

Corrections

Par rapport au 1^{er} tirage, modification de la liste de commission et du Tableau C.1 (entête commune aux 3 dernières colonnes).



Produits laminés en acier pour appareils à pression

BN ACIER BNAC 22-00

Membres de la commission de normalisation

Président : M MENIGAULT

Secrétariat : BN ACIER

M	BARRERE	PUM GROUPE ARCELORMITTAL
M	BECQUERELLE	ARCELORMITTAL STAINLESS
M	BOURGES	ARCELORMITTAL INDUSTRIAL LE CREUSOT
MME	BRUN-MAGUET	AFNOR
M	CHEMELLE	UGITECH
M	DUFRANE	INDUSTEEL BELGIUM
M	GARRIGUES	GTS INDUSTRIES
M	HENRY	BNIB-CERIB
MME	KOPLIEWICZ	UNM
M	MENIGAULT	BNACIER
M	PARENT	ARCELORMITTAL FLAT CARBONNE EUROPE
MME	PECHENARD	AFFIX
M	REGER	EDF/CEIDRE
MME	ROUMIER	MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT
M	THOMAS	GFD

Avant-propos national

Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

EN 10028-1	: NF EN 10028-1 (indice de classement : A 36-205-1)
EN 10204	: NF EN 10204 (indice de classement : A 00-001)
EN 10229	: NF EN 10229 (indice de classement : A 05-400)

**NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD**

EN 10028-2

Juin 2009

ICS : 77.140.30 ; 77.140.50

Remplace EN 10028-2:2003

Version française

**Produits plats en aciers pour appareils à pression —
Partie 2 : Aciers non alliés et alliés avec caractéristiques spécifiées
à température élevée**

Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen —
Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten
Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen

Flat products made of steels for pressure purposes —
Part 2: Non-alloy and alloy steels with specified
elevated temperature properties

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 14 mai 2009.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Centre de Gestion : Avenue Marnix 17, B-1000 Bruxelles

EN 10028-2:2009 (F)

Sommaire

	Page
Avant-propos	3
1 Domaine d'application	4
2 Références normatives	4
3 Termes et définitions	4
4 Dimensions et tolérances sur les dimensions	4
5 Calcul de la masse	4
6 Classification et désignation	4
6.1 Classification	4
6.2 Désignation	4
7 Informations à fournir par l'acheteur	5
7.1 Informations obligatoires	5
7.2 Options	5
7.3 Exemple de commande	5
8 Exigences	5
8.1 Mode d'élaboration de l'acier	5
8.2 État de livraison	6
8.3 Composition chimique	6
8.4 Caractéristiques mécaniques	9
8.5 État de surface	9
8.6 Santé interne	9
8.7 Résistance à la fissuration induite par l'hydrogène	9
8.8 Fragilisation des aciers CrMo	9
9 Contrôles	9
9.1 Type de contrôle et documents de contrôle	9
9.2 Essais à effectuer	9
9.3 Contre-essais	9
10 Échantillonnage	10
11 Méthodes d'essai	10
12 Marquage	10
Annexe A (informative) Lignes directrices pour le traitement thermique	16
Annexe B (informative) Paramètre température-temps critique, $P_{crit.}$, et combinaisons possibles de température de détensionnement et de temps de maintien	17
Annexe C (informative) Données de référence pour les contraintes donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et de rupture par fluage	18
Annexe D (normative) Évaluation de la résistance à la fissuration induite par l'hydrogène (HIC)	25
Annexe E (normative) Essai de refroidissement par paliers	26
Annexe ZA (informative) Relation entre la présente Norme européenne et les exigences essentielles de la Directive 97/23/CE	27
Bibliographie	28

Avant-propos

Le présent document (EN 10028-2:2009) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 22 «Aciers pour appareils à pression — Qualités», dont le secrétariat est tenu par DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en décembre 2009, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en décembre 2009.

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. Le CEN et/ou le CENELEC ne saurait [sauraient] être tenu[s] pour responsable[s] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Le présent document remplace l'EN 10028-2:2003.

La présente Norme européenne, dont le titre général est «Produits plats en aciers pour appareils à pression», est constituée des parties suivantes :

- *Partie 1 : Exigences générales*
- *Partie 2 : Aciers non alliés et alliés avec caractéristiques spécifiées à température élevée*
- *Partie 3 : Aciers soudables à grains fins, normalisés*
- *Partie 4 : Aciers alliés au nickel avec caractéristiques spécifiées à basse température*
- *Partie 5 : Aciers soudables à grains fins, laminés thermomécaniquement*
- *Partie 6 : Aciers soudables à grains fins, trempés et revenus*
- *Partie 7 : Aciers inoxydables.*

NOTE Les paragraphes marqués de deux points (••) contiennent des renseignements relatifs aux accords qui peuvent être passés au moment de l'appel d'offres et de la commande.

Le présent document a été élaboré dans le cadre d'un mandat donné au CEN par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Échange et vient à l'appui des exigences essentielles de la Directive 97/23/CE.

Pour la relation avec la Directive 97/23/CE, voir l'Annexe ZA, informative, qui fait partie intégrante du présent document.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

EN 10028-2:2009 (F)

1 Domaine d'application

La présente Norme européenne spécifie les prescriptions relatives aux produits plats pour appareils à pression en aciers non alliés et alliés, aptes au soudage, avec caractéristiques à température élevée, telles que spécifiées dans le Tableau 1.

Les prescriptions et définitions de l'EN 10028-1:2007+A1:2009 s'appliquent également.

NOTE Après publication de la présente Norme européenne dans le Journal Officiel de l'UE (OJEU) sous la Directive 97/23/EC, la présomption de conformité aux Exigences Essentielles de Sécurité (ESRs) de la Directive 97/23/EC se limite aux données techniques des matériaux de la présente Norme européenne (Partie 1 et la présente Partie 2 de la série) et ne suppose pas l'adéquation du matériau à un élément ou à un équipement spécifique. En conséquence, l'évaluation des données techniques énoncées dans la présente norme de matériau en fonction des exigences de conception de cet élément spécifique d'équipement pour vérifier que les ESR de la Directive 97/23/EC sont respectées, doit être effectuée.

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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

EN 10028-1:2007+A1:2009, *Produits plats en acier pour appareils à pression — Partie 1 : Prescriptions générales.*

EN 10204:2004, *Produits métalliques — Types de documents de contrôle.*

EN 10229:1998, *Évaluation de la résistance des produits en acier à la fissuration induite par l'hydrogène (HIC).*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'EN 10028-1:2007+A1:2009 s'appliquent.

4 Dimensions et tolérances sur les dimensions

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

5 Calcul de la masse

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

6 Classification et désignation

6.1 Classification

Conformément à l'EN 10020, les nuances P235GH, P265GH, P295GH et P355GH sont des aciers de qualité non alliés. Toutes les autres nuances sont des aciers spéciaux alliés.

6.2 Désignation

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

7 Informations à fournir par l'acheteur

7.1 Informations obligatoires

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

7.2 Options

Un certain nombre d'options sont spécifiées dans la présente Norme européenne et sont récapitulées ci-après. En complément, les options pertinentes de l'EN 10028-1:2007+A1:2009 s'appliquent. Si l'acheteur n'indique pas son souhait d'appliquer une quelconque de ces options, au moment de l'appel d'offres et de la commande, le fournisseur doit livrer conformément à la spécification de base (voir également l'EN 10028-1:2007+A1:2009).

- 1) teneur en cuivre plus faible et teneur maximale en étain (voir Tableau 1, note de bas de tableau b) ;
- 2) teneur minimale en chrome de 0,80 % (voir Tableau 1, note de bas de tableau f) ;
- 3) teneur maximale en carbone de 0,17 % pour des épaisseurs de produit supérieures à 150 mm (voir Tableau 1, note de bas de tableau g) ;
- 4) essais à l'état normalisé simulé (voir 8.2.2) ;
- 5) états de livraison s'écartant de ceux spécifiés dans le Tableau 3 (voir 8.2.2 et 8.2.3) ;
- 6) valeur maximale du carbone équivalent pour les P235GH, P265GH, P295GH et P355GH (voir 8.3.3) ;
- 7) spécification d'une énergie de rupture en flexion par choc de 40 J (voir Tableau 3) ;
- 8) caractéristiques mécaniques pour des épaisseurs de produit > 250 mm (voir Tableau 3, note de bas de tableau a) ;
- 9) spécification de l'état de livraison +QT dans le cas où l'état de livraison habituel est +NT (voir Tableau 3, note de bas de tableau c et Tableau 4, note de bas de tableau c) ;
- 10) valeurs d'énergie de rupture en flexion par choc complémentaires (voir Tableau 3, note de bas de tableau f) ;
- 11) valeurs de $R_{p0,2}$ à température élevée pour des épaisseurs de produit plus élevées (voir Tableau 4, note de bas de tableau b) ;
- 12) essai HIC conforme à l'EN 10229 (voir 8.7) ;
- 13) essai de refroidissement par paliers conforme à l'Annexe E (voir 8.8) ;
- 14) éprouvettes prélevées à mi-épaisseur pour l'essai de choc (voir article 10).

7.3 Exemple de commande

10 plaques de dimensions nominales, épaisseur = 50 mm, largeur = 2 000 mm, longueur = 10 000 mm, en nuance d'acier de désignation symbolique 16Mo3 ou désignation numérique 1.5415, telle que spécifiée dans l'EN 10028-2, à livrer non traitées, avec un document de contrôle 3.1 tel que spécifié dans l'EN 10204 :

10 plaques — 50 × 2 000 × 10 000 — EN 10028-2 16Mo3+AR — Document de contrôle 3.1

ou

10 plaques — 50 × 2 000 × 10 000 — EN 10028-2 1.5415+AR — Document de contrôle 3.1

8 Exigences

8.1 Mode d'élaboration de l'acier

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

EN 10028-2:2009 (F)

8.2 État de livraison

8.2.1 Sauf accord contraire au moment de l'appel d'offres et de la commande, les produits couverts par la présente Norme européenne doivent être livrés dans les états habituels indiqués dans le Tableau 3 (voir 8.2.3).

8.2.2 La normalisation peut être remplacée, au choix du producteur, par un laminage normalisant pour les nuances d'acier P235GH, P265GH, P295GH et P355GH. Dans ce cas, des essais pour l'état normalisé simulé, avec une fréquence d'essai convenue, peuvent faire l'objet d'un accord au moment de l'appel d'offres et de la commande pour vérifier que les caractéristiques spécifiées sont respectées.

8.2.3 S'il en est ainsi convenu au moment de l'appel d'offres et de la commande, les produits fabriqués en nuances d'acier P235GH, P265GH, P295GH, P355GH et 16Mo3 peuvent également être livrés à l'état non traité. Les produits fabriqués avec l'une des autres nuances alliées peuvent être livrés à l'état revenu ou normalisé ou, dans des cas exceptionnels, à l'état non traité s'il en est ainsi convenu. (L'Annexe A contient des informations relatives au traitement thermique, pour l'acheteur).

Dans ces cas, les essais doivent être réalisés sur des éprouvettes dans l'état de livraison habituel comme indiqué au Tableau 3.

NOTE Les essais des éprouvettes dans un état simulant le traitement thermique ne dégagent pas le transformateur de l'obligation de fournir la preuve des caractéristiques spécifiées sur le produit fini.

8.2.4 Des indications sur le soudage sont données dans les EN 1011-1 et EN 1011-2.

NOTE Des conditions excessives pour le traitement thermique post-soudage (PWHT) peuvent diminuer les caractéristiques mécaniques. Si, pour le détensionnement, le paramètre température-temps escompté

$$P = T_s (20 + \lg t) \times 10^{-3}$$

où :

T_s est la température de détensionnement, en Kelvin, et

T est le temps de maintien, en heures,

dépasse les valeurs critiques ($P_{crit.}$) de l'Annexe B, il convient que l'acheteur informe le producteur en conséquence, dans son appel d'offres et sa commande et, si cela est approprié, des essais sur des échantillons simulant le traitement thermique peuvent être convenus pour vérifier si après un tel traitement, les caractéristiques spécifiées dans la présente Norme européenne peuvent encore être considérées comme valides.

8.3 Composition chimique

8.3.1 Les prescriptions du Tableau 1 doivent s'appliquer pour la composition chimique selon analyse de coulée.

8.3.2 L'analyse sur produit ne doit pas s'écarter des valeurs spécifiées pour l'analyse sur coulée telles qu'indiquées au Tableau 1, de plus des valeurs données au Tableau 2.

8.3.3 •• Une valeur maximale du carbone équivalent peut être convenue au moment de l'appel d'offres et de la commande pour les nuances d'acier P235GH, P265GH, P295GH et P355GH. Dans ce cas, la formule suivante doit s'appliquer pour le calcul de la valeur du carbone équivalent (CEV) :

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Tableau 1 — Composition chimique (analyse de coulée) ^{a)}

Nuance d'acier		% en masse															
Désignation symbolique	Désignation numérique	C	Si	Mn	P max.	S max.	Al _{total}	N	Cr	Cu ^{b)}	Mo	Nb	Ni	Ti max.	V	Autres	
P235GH	1.0345	≤ 0,16	≤ 0,35	0,60 ^{c)} à 1,20	0,025	0,010	≥ 0,020	≤ 0,012 ^{d)}	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,020	≤ 0,30	0,03	≤ 0,02	Cr+Cu+Mo+Ni : ≤ 0,70	
P265GH	1.0425	≤ 0,20	≤ 0,40	0,80 ^{c)} à 1,40	0,025	0,010	≥ 0,020	≤ 0,012 ^{d)}	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,020	≤ 0,30	0,03	≤ 0,02		
P295GH	1.0481	0,08 à 0,20	≤ 0,40	0,90 ^{c)} à 1,50	0,025	0,010	≥ 0,020	≤ 0,012 ^{d)}	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,020	≤ 0,30	0,03	≤ 0,02		
P355GH	1.0473	0,10 à 0,22	≤ 0,60	1,10 à 1,70	0,025	0,010	≥ 0,020	≤ 0,012 ^{d)}	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,040	≤ 0,30	0,03	≤ 0,02		
16Mo3	1.5415	0,12 à 0,20	≤ 0,35	0,40 à 0,90	0,025	0,010	^{e)}	≤ 0,012	≤ 0,30	≤ 0,30	0,25 à 0,35	—	≤ 0,30	—	—	—	—
18MnMo4-5	1.5414	≤ 0,20	≤ 0,40	0,90 à 1,50	0,015	0,005	^{e)}	≤ 0,012	≤ 0,30	≤ 0,30	0,45 à 0,60	—	≤ 0,30	—	—	—	—
20MnMoNi4-5	1.6311	0,15 à 0,23	≤ 0,40	1,00 à 1,50	0,020	0,010	^{e)}	≤ 0,012	≤ 0,20	≤ 0,20	0,45 à 0,60	—	0,40 à 0,80	—	≤ 0,02	—	—
15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	≤ 0,17	0,25 à 0,50	0,80 à 1,20	0,025	0,010	≥ 0,015	≤ 0,020	≤ 0,30	0,50 à 0,80	0,25 à 0,50	0,015 à 0,045	1,00 à 1,30	—	—	—	—
13CrMo4-5	1.7335	0,08 à 0,18	≤ 0,35	0,40 à 1,00	0,025	0,010	^{e)}	≤ 0,012	0,70 ^{f)} à 1,15	≤ 0,30	0,40 à 0,60	—	—	—	—	—	—
13CrMoSi5-5	1.7336	≤ 0,17	0,50 à 0,80	0,40 à 0,65	0,015	0,005	^{e)}	≤ 0,012	1,00 à 1,50	≤ 0,30	0,45 à 0,65	—	≤ 0,30	—	—	—	—
10CrMo9-10	1.7380	0,08 à 0,14 ^{g)}	≤ 0,50	0,40 à 0,80	0,020	0,010	^{e)}	≤ 0,012	2,00 à 2,50	≤ 0,30	0,90 à 1,10	—	—	—	—	—	—
12CrMo9-10	1.7375	0,10 à 0,15	≤ 0,30	0,30 à 0,80	0,015	0,010	0,010 à 0,040	≤ 0,012	2,00 à 2,50	≤ 0,25	0,90 à 1,10	—	≤ 0,30	—	—	—	—
X12CrMo5	1.7362	0,10 à 0,15	≤ 0,50	0,30 à 0,60	0,020	0,005	^{e)}	≤ 0,012	4,0 à 6,0	≤ 0,30	0,45 à 0,65	—	≤ 0,30	—	—	—	—
13CrMoV9-10	1.7703	0,11 à 0,15	≤ 0,10	0,30 à 0,60	0,015	0,005	^{e)}	≤ 0,012	2,00 à 2,50	≤ 0,20	0,90 à 1,10	≤ 0,07	≤ 0,25	0,03	0,25 à 0,35	B ≤ 0,002, Ca ≤ 0,015	—
12CrMoV12-10	1.7767	0,10 à 0,15	≤ 0,15	0,30 à 0,60	0,015	0,005	^{e)}	≤ 0,012	2,75 à 3,25	≤ 0,25	0,90 à 1,10	≤ 0,07 ^{h)}	≤ 0,25	0,03 ^{h)}	0,20 à 0,30	B ≤ 0,003 ^{h)} , Ca ≤ 0,015 ^{h)}	—
X10CrMoVNb9-1	1.4903	0,08 à 0,12	≤ 0,50	0,30 à 0,60	0,020	0,005	≤ 0,040	0,030 à 0,070	8,0 à 9,5	≤ 0,30	0,85 à 1,05	0,06 à 0,10	≤ 0,30	—	0,18 à 0,25	—	—

a) Des éléments non indiqués dans le présent tableau ne doivent pas être volontairement ajoutés à l'acier sans accord de l'acheteur sauf pour affiner la coulée. Toutes les mesures appropriées doivent être prises pour éviter l'addition, à partir des ferrailles ou d'autres matériaux utilisés pour l'élaboration de l'acier, de ces éléments qui peuvent altérer les caractéristiques mécaniques et l'aptitude à l'usage.

b) •• Une teneur maximale en cuivre inférieure et/ou une somme maximale des teneurs en cuivre et en étain, par exemple Cu + 6 Sn δ 0,33 % peuvent être convenues au moment de l'appel d'offres et de la commande, par exemple eu égard à la formabilité, pour les nuances pour lesquelles seulement une teneur maximale en cuivre est spécifiée.

c) Pour les épaisseurs de produit < 6 mm, une teneur minimale en manganèse inférieure de 0,20 % à la valeur spécifiée est admise.

d) Un rapport $\frac{Al}{N} \geq 2$ doit être appliqué.

e) La teneur en aluminium de la coulée doit être déterminée et donnée dans le document de contrôle.

f) •• Si la résistance à l'hydrogène sous pression est une caractéristique d'importance, une teneur minimale en Cr de 0,80 % peut être convenue au moment de l'appel d'offres et de la commande.

g) •• Pour les épaisseurs de produit supérieures à 150 mm, une teneur maximale en C de 0,17 % peut être convenue au moment de l'appel d'offres et de la commande.

h) Cette nuance peut être produite avec des additions de Ti + B ou de Nb + Ca. Les teneurs minimales suivantes doivent s'appliquer : Ti ≥ 0,015 % et B ≥ 0,001 % dans le cas d'additions de Ti + B, Nb ≥ 0,015 % et Ca ≥ 0,0005 % dans le cas d'additions de Nb + Ca.

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau 2 — Écarts admissibles pour l'analyse sur produit par rapport aux valeurs limites données dans le Tableau 1 pour l'analyse de coulée

Élément	Valeur spécifiée pour l'analyse de coulée conformément au Tableau 1 % en masse	Écart admissible ^{a)} pour l'analyse sur produit % en masse
C	≤ 0,23	± 0,02
Si	≤ 0,35	± 0,05
	> 0,35 à ≤ 1,00	± 0,06
Mn	≤ 1,00	± 0,05
	> 1,00 à ≤ 1,70	± 0,10
P	≤ 0,015	+ 0,003
	> 0,015 à ≤ 0,025	+ 0,005
S	≤ 0,010	+ 0,003
Al	≥ 0,010	± 0,005
B	≤ 0,003	± 0,0005
N	≤ 0,020	+ 0,002
	> 0,020 à ≤ 0,070	± 0,005
Cr	≤ 2,00	± 0,05
	> 2,00 à ≤ 10,0	± 0,10
Cu	≤ 0,30	± 0,05
	> 0,30 à ≤ 0,80	± 0,10
Mo	≤ 0,35	± 0,03
	> 0,35 à ≤ 1,10	+ 0,04
Nb	≤ 0,10	± 0,01
Ni	≤ 0,30	+ 0,05
	> 0,30 à ≤ 1,30	± 0,10
Cr+Cu+Mo+Ni	≤ 0,70	+ 0,05
Ti	≤ 0,03	± 0,01
V	≤ 0,05	± 0,01
	> 0,05 à ≤ 0,30	± 0,03
<i>a) Si, pour une même coulée, on procède à plusieurs analyses sur produit et si, pour un élément donné, on obtient des teneurs sortant de la fourchette admissible de composition chimique, spécifiée pour l'analyse de coulée, ces dépassements ne peuvent être autorisés qu'au-dessus du maximum admissible ou au-dessous du minimum admissible, mais en aucun cas pour les deux seuils, pour une même coulée.</i>		

EN 10028-2:2009 (F)

8.4 Caractéristiques mécaniques

8.4.1 Les valeurs figurant aux Tableaux 3 et 4 doivent s'appliquer (voir également l'EN 10028-1:2007+A1:2009 et l'article 10).

8.4.2 L'Annexe C donne des valeurs moyennes à titre de données préliminaires pour l'acheteur, en ce qui concerne un allongement (plastique) de fluage de 1 % et la rupture par fluage.

8.5 État de surface

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

8.6 Santé interne

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

Pour la vérification éventuelle de la santé interne, voir également l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

8.7 Résistance à la fissuration induite par l'hydrogène

Les aciers au carbone et les aciers faiblement alliés peuvent être susceptibles à la fissuration lorsqu'ils sont exposés à des environnements contenant de l'H₂S corrosif, habituellement qualifiés de «service acide».

•• Un essai pour évaluer la résistance à la fissuration induite par l'hydrogène conformément à l'Annexe D peut être spécifié au moment de l'appel d'offres et de la commande.

8.8 Fragilisation des aciers CrMo

Les aciers CrMo peuvent avoir tendance à devenir fragiles en service à des températures comprises entre environ 400 °C et 500 °C. Cette tendance éventuelle à la fragilisation peut être simulée au laboratoire au moyen de l'essai dit de refroidissement par paliers. Pour cet essai, une éprouvette est soumise à un cycle température-temps tel que donné à la Figure E.1. Le décalage de la courbe de transition avant et après l'essai de refroidissement par paliers est une mesure de la fragilisation.

•• Un essai de refroidissement par paliers conformément à l'Annexe E peut être spécifié au moment de l'appel d'offres et de la commande.

9 Contrôles

9.1 Type de contrôle et documents de contrôle

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

9.2 Essais à effectuer

Voir EN 10028-1:2007+A1:2009 et 8.7 et 8.8.

9.3 Contre-essais

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

EN 10028-2:2009 (F)

10 Échantillonnage

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

•• Pour l'essai de flexion par choc, s'écartant de l'EN 10028-1:2007+A1:2009, Tableau 3, note f, la préparation d'éprouvettes prélevées à la mi-épaisseur peut être convenue au moment de l'appel d'offres et de la commande. Dans ce cas, les températures d'essai et les valeurs minimales d'énergie de rupture en flexion par choc doivent également être convenues.

11 Méthodes d'essai

Voir EN 10028-1:2007+A1:2009, et Annexes D et E.

12 Marquage

Voir l'EN 10028-1:2007+A1:2009.

Tableau 3 — Caractéristiques mécaniques (applicables à la direction transversale) ^{a)}

Nuance d'acier		État de livraison habituel ^{b), c)}	Épaisseur du produit t mm	Caractéristiques de traction à la température ambiante			Énergie de rupture en flexion par choc KV J min. à une température en °C de		
				Limite apparente d'élasticité R_{eH} MPa min.	Résistance à la traction R_m MPa	Allongement après rupture A % min.	- 20	0	+ 20
P235GH	1.0345	+N ^{d)}	≤ 16	235	360 à 480	24	27 ^{g)}	34 ^{g)}	40
			$16 < t \leq 40$	225					
			$40 < t \leq 60$	215					
			$60 < t \leq 100$	200					
			$100 < t \leq 150$	185	350 à 480				
			$150 < t \leq 250$	170	340 à 480				
P265GH	1.0425	+N ^{d)}	≤ 16	265	410 à 530	22	27 ^{g)}	34 ^{g)}	40
			$16 < t \leq 40$	255					
			$40 < t \leq 60$	245					
			$60 < t \leq 100$	215					
			$100 < t \leq 150$	200	400 à 530				
			$150 < t \leq 250$	185	390 à 530				
P295GH	1.0481	+N ^{d)}	≤ 16	295	460 à 580	21	27 ^{g)}	34 ^{g)}	40
			$16 < t \leq 40$	290					
			$40 < t \leq 60$	285					
			$60 < t \leq 100$	260					
			$100 < t \leq 150$	235	440 à 570				
			$150 < t \leq 250$	220	430 à 570				

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau 3 — Caractéristiques mécaniques (applicables à la direction transversale) ^{a)} (suite)

Nuance d'acier		État de livraison habituel ^{b), c)}	Épaisseur du produit t mm	Caractéristiques de traction à la température ambiante			Énergie de rupture en flexion par choc KV J min. à une température en °C de		
				Limite apparente d'élasticité R_{eH} MPa min.	Résistance à la traction R_m MPa	Allongement après rupture A % min.	– 20	0	+ 20
P355GH	1.0473	+N ^{d)}	≤ 16	355	510 à 650	20	27 ^{g)}	34 ^{g)}	40
			16 < t ≤ 40	345					
			40 < t ≤ 60	335					
			60 < t ≤ 100	315	490 à 630				
			100 < t ≤ 150	295	480 à 630				
			150 < t ≤ 250	280	470 à 630				
16Mo3	1.5415	+N ^{e)}	≤ 16	275	440 à 590	22	f)	f)	31 ^{g)}
			16 < t ≤ 40	270					
			40 < t ≤ 60	260					
			60 < t ≤ 100	240	430 à 580				
			100 < t ≤ 150	220	420 à 570				
			150 < t ≤ 250	210	410 à 570				
18MnMo4-5	1.5414	+NT	≤ 60	345	510 à 650	20	27 ^{g)}	34 ^{g)}	40
			60 < t ≤ 150	325					
		+QT	150 < t ≤ 250	310	480 à 620				
20MnMoNi4-5	1.6311	+QT	≤ 40	470	590 à 750	18	27 ^{g)}	40	50
			40 < t ≤ 60	460	590 à 730				
			60 < t ≤ 100	450	570 à 710				
			100 < t ≤ 150	440					
			150 < t ≤ 250	400	560 à 700				
15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	+NT	≤ 40	460	610 à 780	16	27 ^{g)}	34 ^{g)}	40
			40 < t ≤ 60	440					
			60 < t ≤ 100	430	600 à 760				
		+NT ou +QT	100 < t ≤ 150	420	590 à 740				
		+QT	150 < t ≤ 200	410	580 à 740				
13CrMo4-5	1.7335	+NT	≤ 16	300	450 à 600	19	f)	f)	31 ^{g)}
			16 < t ≤ 60	290					
			60 < t ≤ 100	270	440 à 590				
		+NT ou +QT	100 < t ≤ 150	255	430 à 580		f)	f)	27 ^{g)}
		+QT	150 < t ≤ 250	245	420 à 570				

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau 3 — Caractéristiques mécaniques (applicables à la direction transversale) ^{a)} (suite)

Nuance d'acier		État de livraison habituel ^{b), c)}	Épaisseur du produit t mm	Caractéristiques de traction à la température ambiante			Énergie de rupture en flexion par choc KV J min. à une température en °C de		
				Limite apparente d'élasticité R_{eH} MPa min.	Résistance à la traction R_m MPa	Allongement après rupture A % min.			
Désignation symbolique	Désignation numérique						- 20	0	+ 20
13CrMoSi5-5	1.7336	+NT	≤ 60	310	510 à 690	20	f)	27 ^{g)}	34 ^{g)}
			60 < t ≤ 100	300	480 à 660				
		+QT	≤ 60	400	510 à 690		27 ^{g)}	34 ^{g)}	40
			60 < t ≤ 100	390	500 à 680				
			100 < t ≤ 250	380	490 à 670				
10CrMo9-10	1.7380	+NT	≤ 16	310	480 à 630	18	f)	f)	31 ^{g)}
			16 < t ≤ 40	300					
			40 < t ≤ 60	290					
		+NT ou +QT	60 < t ≤ 100	280	470 à 620	17	f)	f)	27 ^{g)}
		+QT	100 < t ≤ 150	260	460 à 610				
			150 < t ≤ 250	250	450 à 600				
12CrMo9-10	1.7375	+ NT ou +QT	≤ 250	355	540 à 690	18	27 ^{g)}	40	70
X12CrMo5	1.7362	+NT	≤ 60	320	510 à 690	20	27	34	40
			60 < t ≤ 150	300	480 à 660				
		+QT	150 < t ≤ 250	300	450 à 630				
13CrMoV9-10	1.7703	+ NT	≤ 60	455	600 à 780	18	27	34	40
			60 < t ≤ 150	435	590 à 770				
		+ QT	150 < t ≤ 250	415	580 à 760				
12CrMoV12-10	1.7767	+NT	≤ 60	455	600 à 780	18	27	34	40
			60 < t ≤ 150	435	590 à 770				
		+QT	150 < t ≤ 250	415	580 à 760				
X10CrMoVNb9-1	1.4903	+NT	≤ 60	445	580 à 760	18	27	34	40
			60 < t ≤ 150	435	550 à 730				
		+QT	150 < t ≤ 250	435	520 à 700				

a) •• Pour les épaisseurs de produit > 250 mm (sauf pour les nuances 12CrMo9-10 et 15NiCuMoNb5-6-4), les valeurs des caractéristiques peuvent être convenues.

b) +N = normalisé ; +NT = normalisé et revenu ; +QT = trempé et revenu.

c) •• Pour les épaisseurs de produit pour lesquelles l'état de livraison habituel est +NT, des valeurs supérieures de résistance et d'énergie de rupture en flexion par choc peuvent être convenues pour l'état de livraison +QT.

d) Voir 8.2.2.

e) Cet acier peut également être livré à l'état +NT au choix du producteur.

f) •• Une valeur peut être convenue au moment de l'appel d'offres et de la commande.

g) •• Une valeur d'énergie de rupture en flexion par choc de 40 J peut être convenue au moment de l'appel d'offres et de la commande.

**Tableau 4 — Valeurs minimales pour la limite conventionnelle d'élasticité
à 0,2 % à température élevée ^{a)}**

Nuance d'acier		Épaisseur de produit ^{b), c)} <i>t</i> mm	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2}$, minimale, en MPa, à une température en °C de									
Désignation symbolique	Désignation numérique		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P235GH ^{d)}	1.0345	≤ 16	227	214	198	182	167	153	142	133	—	—
		16 < <i>t</i> ≤ 40	218	205	190	174	160	147	136	128	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	208	196	181	167	153	140	130	122	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	193	182	169	155	142	130	121	114	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	179	168	156	143	131	121	112	105	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	164	155	143	132	121	111	103	97	—	—
P265GH ^{d)}	1.0425	≤ 16	256	241	223	205	188	173	160	150	—	—
		16 < <i>t</i> ≤ 40	247	232	215	197	181	166	154	145	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	237	223	206	190	174	160	148	139	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	208	196	181	167	153	140	130	122	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	193	182	169	155	142	130	121	114	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	179	168	156	143	131	121	112	105	—	—
P295GH ^{d)}	1.0481	≤ 16	285	268	249	228	209	192	178	167	—	—
		16 < <i>t</i> ≤ 40	280	264	244	225	206	189	175	165	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	276	259	240	221	202	186	172	162	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	251	237	219	201	184	170	157	148	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	227	214	198	182	167	153	142	133	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	213	200	185	170	156	144	133	125	—	—
P355GH ^{d)}	1.0473	≤ 16	343	323	299	275	252	232	214	202	—	—
		16 < <i>t</i> ≤ 40	334	314	291	267	245	225	208	196	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	324	305	282	259	238	219	202	190	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	305	287	265	244	224	206	190	179	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	285	268	249	228	209	192	178	167	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	271	255	236	217	199	183	169	159	—	—

EN 10028-2:2009 (F)

**Tableau 4 — Valeurs minimales pour la limite conventionnelle d'élasticité
à 0,2 % à température élevée ^{a)} (suite)**

Nuance d'acier		Épaisseur de produit ^{b), c)} <i>t</i> mm	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, <i>R_{p0,2}</i> , minimale, en MPa, à une température en °C de									
			50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
16Mo3	1.5415	≤ 16	273	264	250	233	213	194	175	159	147	141
		16 < <i>t</i> ≤ 40	268	259	245	228	209	190	172	156	145	139
		40 < <i>t</i> ≤ 60	258	250	236	220	202	183	165	150	139	134
		60 < <i>t</i> ≤ 100	238	230	218	203	186	169	153	139	129	123
		100 < <i>t</i> ≤ 150	218	211	200	186	171	155	140	127	118	113
		150 < <i>t</i> ≤ 250	208	202	191	178	163	148	134	121	113	108
18MnMo4-5 ^{e)}	1.5414	≤ 60	330	320	315	310	295	285	265	235	215	—
		60 < <i>t</i> ≤ 150	320	310	305	300	285	275	255	225	205	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	310	300	295	290	275	265	245	220	200	—
20MnMoNi4-5	1.6311	≤ 40	460	448	439	432	424	415	402	384	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	450	438	430	423	415	406	394	375	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	441	429	420	413	406	398	385	367	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	431	419	411	404	397	389	377	359	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	392	381	374	367	361	353	342	327	—	—
15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	≤ 40	447	429	415	403	391	380	366	351	331	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	427	410	397	385	374	363	350	335	317	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	418	401	388	377	366	355	342	328	309	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	408	392	379	368	357	347	335	320	302	—
		150 < <i>t</i> ≤ 200	398	382	370	359	349	338	327	313	295	—
13CrMo4-5	1.7335	≤ 16	294	285	269	252	234	216	200	186	175	164
		16 < <i>t</i> ≤ 60	285	275	260	243	226	209	194	180	169	159
		60 < <i>t</i> ≤ 100	265	256	242	227	210	195	180	168	157	148
		100 < <i>t</i> ≤ 150	250	242	229	214	199	184	170	159	148	139
		150 < <i>t</i> ≤ 250	235	223	215	211	199	184	170	159	148	139

**Tableau 4 — Valeurs minimales pour la limite conventionnelle d'élasticité
à 0,2 % à température élevée ^{a)} (suite)**

Nuance d'acier		Épaisseur de produit ^{b),c)} t mm	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2}$, minimale, en MPa, à une température en °C de									
			50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
13CrMoSi5-5+NT	1.7336+NT	≤ 60	299	283	268	255	244	233	223	218	206	—
		$60 < t \leq 100$	289	274	260	247	236	225	216	211	199	—
13CrMoSi5-5 +QT	1.7336+QT	≤ 60	384	364	352	344	339	335	330	322	309	—
		$60 < t \leq 100$	375	355	343	335	330	327	322	314	301	—
		$100 < t \leq 250$	365	346	334	326	322	318	314	306	293	—
10CrMo9-10	1.7380	≤ 16	288	266	254	248	243	236	225	212	197	185
		$16 < t \leq 40$	279	257	246	240	235	228	218	205	191	179
		$40 < t \leq 60$	270	249	238	232	227	221	211	198	185	173
		$60 < t \leq 100$	260	240	230	224	220	213	204	191	178	167
		$100 < t \leq 150$	250	237	228	222	219	213	204	191	178	167
		$150 < t \leq 250$	240	227	219	213	210	208	204	191	178	167
12CrMo9-10	1.7375	≤ 250	341	323	311	303	298	295	292	287	279	—
X12CrMo5	1.7362	≤ 60	310	299	295	294	293	291	285	273	253	222
		$60 < t \leq 250$	290	281	277	275	275	273	267	256	237	208
13CrMoV9-10 ^{e)}	1.7703	≤ 60	410	395	380	375	370	365	362	360	350	—
		$60 < t \leq 250$	405	390	370	365	360	355	352	350	340	—
12CrMoV12-10 ^{e)}	1.7767	≤ 60	410	395	380	375	370	365	362	360	350	—
		$60 < t \leq 250$	405	390	370	365	360	355	352	350	340	—
X10CrMoVNb9-1	1.4903	≤ 60	432	415	401	392	385	379	373	364	349	324
		$60 < t \leq 250$	423	406	392	383	376	371	365	356	341	316

a) Les valeurs correspondent à la bande inférieure de la courbe de tendance applicable déterminée conformément à l'EN 10314 avec un niveau de confiance d'environ 98 % (2 s).

b) •• Pour les épaisseurs de produit dépassant les épaisseurs maximales spécifiées, les valeurs de $R_{p0,2}$ à températures élevées peuvent faire l'objet d'un accord.

c) État de livraison comme indiqué au Tableau 3 (mais voir la note de bas de tableau c du Tableau 3).

d) Les valeurs reflètent les valeurs minimales pour des éprouvettes normalisées au four.

e) $R_{p0,2}$ non déterminé conformément à l'EN 10314. Il s'agit de valeurs minimales de la bande de dispersion considérée jusqu'à maintenant.

EN 10028-2:2009 (F)

Annexe A

(informative)

Lignes directrices pour le traitement thermique

Le Tableau A.1 fournit des données de référence pour les températures de traitement thermique. Pour le recuit de détensionnement, voir l'Annexe B.

Tableau A.1 — Lignes directrices pour les températures de traitement thermique

Nuance d'acier		Température, en °C		
Désignation symbolique	Désignation numérique	Normalisation	Austénitisation	Revenu ^{b)}
P235GH	1.0345	890 à 950 ^{a)}	—	—
P265GH	1.0425	890 à 950 ^{a)}	—	—
P295GH	1.0481	890 à 950 ^{a)}	—	—
P355GH	1.0473	890 à 950 ^{a)}	—	—
16Mo3	1.5415	890 à 950 ^{a)}	—	c)
18MnMo4-5	1.5414	890 à 950		600 à 640
20MnMoNi4-5	1.6311	—	870 à 940	610 to 690
15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	880 à 960		580 à 680
13CrMo4-5	1.7335	890 à 950		630 à 730
13CrMoSi5-5	1.7336	890 à 950		650 à 730
10CrMo9-10	1.7380	920 à 980		650 à 750
12CrMo9-10	1.7375	920 à 980		650 à 750
X12CrMo5	1.7362	920 à 970		680 à 750
13CrMoV9-10	1.7703	930 à 990		675 à 750
12CrMoV12-10	1.7767	930 à 1000		675 à 750
X10CrMoVNb9-1	1.4903	1040 à 1100		730 à 780
<i>a) Pour la normalisation, aucun maintien complémentaire n'est nécessaire après que les températures requises ont été atteintes dans l'ensemble de la section et il convient en général de l'éviter.</i>				
<i>b) Pour le revenu, les températures spécifiées doivent être maintenues pendant une durée appropriée lorsqu'elles ont été atteintes dans l'ensemble de la section.</i>				
<i>c) Dans certains cas, un revenu entre 590 °C et 650 °C peut être nécessaire.</i>				

Annexe B

(informative)

Paramètre température-temps critique, $P_{crit.}$, et combinaisons possibles de température de détensionnement et de temps de maintien

Des exemples de température de détensionnement et de temps maximal de maintien correspondant, calculé sur la base de l'équation indiquée au 8.2.4 pour un paramètre température-temps critique, $P_{crit.}$, sont donnés dans le Tableau B.1.

Tableau B.1 — Valeur de $P_{crit.}$ et temps de maintien admissible pour une température donnée de détensionnement

Type ou nuance d'acier	$P_{crit.}$	Condition sur $P_{crit.}$ remplie avec une température de détensionnement en °C pour un temps de maintien ^{a)} de	
		1 h	2 h
Aciers C, CMn	17,3	580	575
16Mo3	17,5	590	585
18MnMo4-5	17,5	590	585
20MnMoNi4-5	17,5	590	585
15NiCuMoNb5-6-4	17,5	590	585
13CrMo4-5	18,5	640	630
13CrMoSi5-5	18,7	650	640
10CrMo9-10	19,2	675	665
12CrMo9-10	19,3	680	670
X12CrMo5	19,5	690	680
13CrMoV9-10	19,4	685	675
12CrMoV12-10	19,4	685	675
X10CrMoVNb9-1	20,5	740	730
a) Couples choisis de température de détensionnement et de temps de maintien à titre indicatif.			

EN 10028-2:2009 (F)

Annexe C

(informative)

**Données de référence pour les contraintes donnant un allongement (plastique)
de fluage de 1 % et de rupture par fluage**

NOTE 1 Les valeurs données dans le Tableau C.1 ont été déduites sous forme de valeurs moyennes, conformément à l'ISO 6303 avec une bande de dispersion de ± 20 %.

NOTE 2 Les valeurs de contrainte donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et une rupture par fluage, données jusqu'aux températures élevées indiquées dans le Tableau C.1, ne signifient pas que les aciers peuvent être utilisés en service permanent jusqu'à ces températures. Le facteur déterminant est la sollicitation totale en service. Lorsque cela est applicable, il convient de tenir compte également des conditions d'oxydation.

Tableau C.1 — Contraintes donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et de rupture par fluage

Nuance d'acier		Température °C	Contrainte donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % en MPa pour		Contrainte de rupture par fluage en MPa		
Désignation symbolique	Désignation numérique		10 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	200 000 h
P235GH, P265GH	1.0345, 1.0425	380	164	118	229	165	145
		390	150	106	211	148	129
		400	136	95	191	132	115
		410	124	84	174	118	101
		420	113	73	158	103	89
		430	101	65	142	91	78
		440	91	57	127	79	67
		450	80	49	113	69	57
		460	72	42	100	59	48
		470	62	35	86	50	40
		480	53	30	75	42	33

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau C.1 — Contraintes donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et de rupture par fluage (suite)

Nuance d'acier		Température °C	Contrainte donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % en MPa pour		Contrainte de rupture par fluage en MPa		
Désignation symbolique	Désignation numérique		10 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	200 000 h
P295GH, P355GH	1.0481, 1.0473	380	195	153	291	227	206
		390	182	137	266	203	181
		400	167	118	243	179	157
		410	150	105	221	157	135
		420	135	92	200	136	115
		430	120	80	180	117	97
		440	107	69	161	100	82
		450	93	59	143	85	70
		460	83	51	126	73	60
		470	71	44	110	63	52
		480	63	38	96	55	44
		490	55	33	84	47	37
		500	49	29	74	41	30
16Mo3	1.5415	450	216	167	298	239	217
		460	199	146	273	208	188
		470	182	126	247	178	159
		480	166	107	222	148	130
		490	149	89	196	123	105
		500	132	73	171	101	84
		510	115	59	147	81	69
		520	99	46	125	66	55
		530	84	36	102	53	45
18MnMo4-5	1.5414	425	392	314	421	343	
		430	383	302	407	330	
		440	360	272	380	300	
		450	333	240	353	265	
		460	303	207	325	230	
		470	271	176	295	196	
		480	239	148	263	166	
		490	207	124	229	140	
		500	177	103	196	118	
		510	150	84	165	98	
		520	127	64	141	79	
		525	118	54	132	69	

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau C.1 — Contraintes donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et de rupture par fluage (suite)

Nuance d'acier		Température °C	Contrainte donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % en MPa pour		Contrainte de rupture par fluage en MPa		
Désignation symbolique	Désignation numérique		10 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	200 000 h
20MnMoNi4-5	1.6311	450			290	240	
		460			272	211	
		470			251		
		480			225		
		490			194		
15NiCuMoNb 5-6-4	1.6368	400	324	294	402	373	
		410	315	279	385	349	
		420	306	263	368	325	
		430	295	245	348	300	
		440	281	227	328	273	
		450	265	206	304	245	
		460	239	180	274	210	
		470	212	151	242	175	
		480	180	120	212	139	
		490	145	84	179	104	
		500	108	49	147	69	
13CrMo4-5	1.7335	450	245	191	370	285	260
		460	228	172	348	251	226
		470	210	152	328	220	195
		480	193	133	304	190	167
		490	173	116	273	163	139
		500	157	98	239	137	115
		510	139	83	209	116	96
		520	122	70	179	94	76
		530	106	57	154	78	62
		540	90	46	129	61	50
		550	76	36	109	49	39
		560	64	30	91	40	32
		570	53	24	76	33	26

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau C.1 — Contraintes donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et de rupture par fluage (suite)

Nuance d'acier		Température °C	Contrainte donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % en MPa pour		Contrainte de rupture par fluage en MPa		
Désignation symbolique	Désignation numérique		10 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	200 000 h
13CrMoSi5-5	1.7336	450		209		313	
		460		200		300	
		470		185		278	
		480		141		212	
		490		119		179	
		500		113		169	
		510		81		122	
		520		66		99	
		530		41		62	
		540		33		50	
		550		27		40	
		560		23		35	
		570		21		31	
10CrMo9-10	1.7380	450	240	166	306	221	201
		460	219	155	286	205	186
		470	200	145	264	188	169
		480	180	130	241	170	152
		490	163	116	219	152	136
		500	147	103	196	135	120
		510	132	90	176	118	105
		520	119	78	156	103	91
		530	107	68	138	90	79
		540	94	58	122	78	68
		550	83	49	108	68	58
		560	73	41	96	58	50
		570	65	35	85	51	43
		580	57	30	75	44	37
		590	50	26	68	38	32
		600	44	22	61	34	28

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau C.1 — Contraintes donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et de rupture par fluage (suite)

Nuance d'acier		Température °C	Contrainte donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % en MPa pour		Contrainte de rupture par fluage en MPa		
Désignation symbolique	Désignation numérique		10 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	200 000 h
12CrMo9-10	1.7375	400			382	313	
		410			355	289	
		420			333	272	
		430			312	255	
		440			293	238	
		450			276	221	
		460			259	204	
		470			242	187	
		480			225	170	
		490			208	153	
		500			191	137	
		510			174	122	
		520			157	107	
X12CrMo5	1.7362	450	107				
		460	96				
		470	87		147 (475 °C)		
		480	83		139		
		490	78		123		
		500	70		108		
		510	56		94		
		520	50		81		
		530	44		71		
		540	39		61		
		550	35		53		
		560	31		47		
		570	27		41		
		580	24		36		
		590	21		32		
		600	18		27		
		610	16				
		620	14				
		625	13				

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau C.1 — Contraintes donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et de rupture par fluage (suite)

Nuance d'acier		Température °C	Contrainte donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % en MPa pour		Contrainte de rupture par fluage en MPa		
Désignation symbolique	Désignation numérique		10 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	200 000 h
13CrMoV9-10	1.7703	400			430	383	
		410			414	365	
		420			397	346	
		430			380	327	
		440			362	309	
		450			344	290	
		460			326	271	
		470			308	253	
		480			290	235	
		490			272	218	
		500			255	201	
		510			237	184	
		520			221	169	
		530			204	144	
		540			188	126	
		550			173	108	
12CrMoV12-10	1.7767	400			430	383	
		410			414	365	
		420			397	346	
		430			380	327	
		440			362	309	
		450			344	290	
		460			326	271	
		470			308	253	
		480			290	235	
		490			272	218	
		500			255	201	
		510			237	184	
		520			221	169	
		530			204	144	
		540			188	126	
		550			173	108	

EN 10028-2:2009 (F)

Tableau C.1 — Contraintes donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % et de rupture par fluage (suite)

Nuance d'acier		Température °C	Contrainte donnant un allongement (plastique) de fluage de 1 % en MPa pour		Contrainte de rupture par fluage en MPa		
Désignation symbolique	Désignation numérique		10 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	200 000 h
X10CrMoVNb9-1	1.4903	500			289	258	246
		510			271	239	227
		520			252	220	208
		530			234	201	189
		540			216	183	171
		550			199	166	154
		560			182	150	139
		570			166	134	124
		580			151	120	110
		590			136	106	97
		600			123	94	86
		610			110	83	75
		620			99	73	65
		630			89	65	57
		640			79	56	49
		650			70	49	42
		660			62	42	35
		670			55	36	—

Annexe D

(normative)

Évaluation de la résistance à la fissuration induite par l'hydrogène (HIC)

Les essais pour évaluer la résistance des produits en acier à la fissuration induite par l'hydrogène doivent être réalisés conformément à l'EN 10229. Les critères d'acceptation pour la solution d'essai A (avec $\text{pH} \approx 3$) s'appliquent pour les classes indiquées dans le Tableau D.1 où les valeurs mentionnées sont des valeurs moyennes obtenues à partir de trois résultats d'essais individuels.

•• La solution d'essai B (avec $\text{pH} \approx 5$) et les critères d'acceptation correspondants peuvent être convenus au moment de l'appel d'offres et de la commande.

Tableau D.1 — Classes d'acceptation pour l'essai HIC
(solution d'essai A)

Classe d'acceptation	CLR ^{a)} %	CTR ^{a)} %	CSR ^{a)} %
I	≤ 5	$\leq 1,5$	$\leq 0,5$
II	≤ 10	≤ 3	≤ 1
III	≤ 15	≤ 5	≤ 2
<i>a) CLR : taux de longueur de fissures, CTR : taux de fissure dans l'épaisseur, CSR : taux de fissure sur la surface</i>			

EN 10028-2:2009 (F)

Annexe E

(normative)

Essai de refroidissement par paliers

Pour l'essai de refroidissement par paliers, un mode opératoire pour vérifier la fragilisation due au refroidissement par paliers doit être convenu. Ce mode opératoire doit comporter des températures et des temps de maintien à considérer. Le mode opératoire illustré à la Figure E.1 est recommandé.

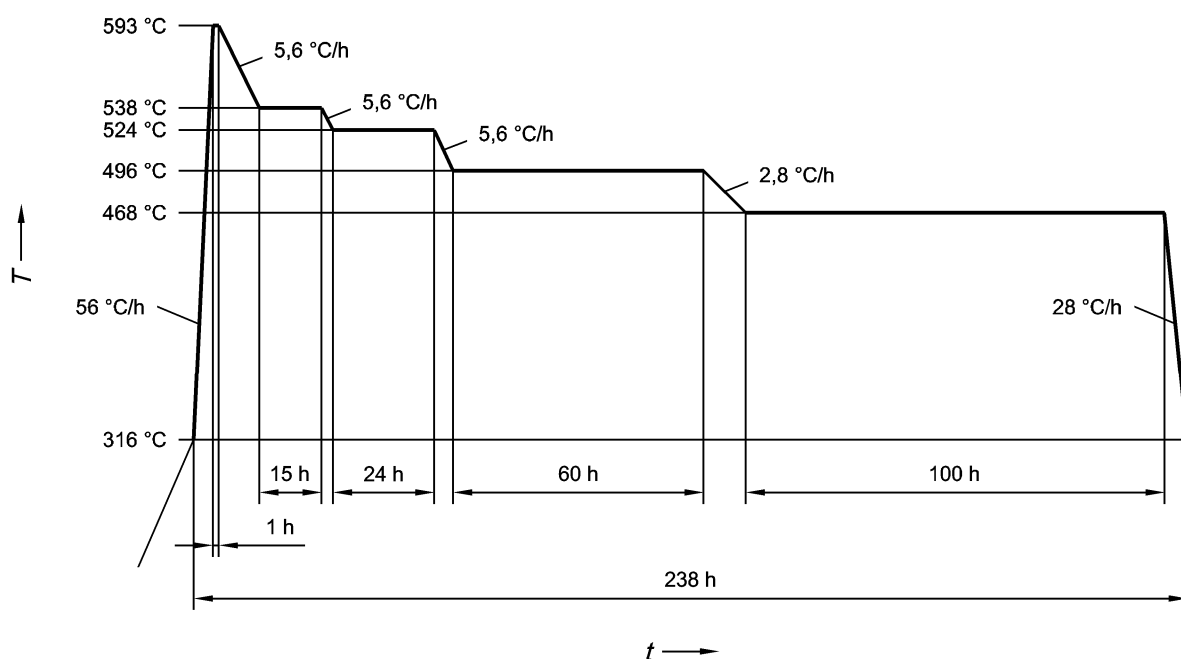


Figure E.1 — Mode opératoire recommandé pour l'essai de refroidissement par paliers

Annexe ZA

(informative)

Relation entre la présente Norme européenne et les exigences essentielles de la Directive 97/23/CE

La présente Norme européenne a été élaborée dans le cadre d'un Mandat donné au CEN par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Échange pour conférer un moyen de satisfaire aux exigences essentielles de la Directive Nouvelle Approche 97/23/CE.

Une fois que la présente norme est mentionnée dans le Journal Officiel de l'Union Européenne, dans le cadre de cette Directive, et a été reprise sous forme d'une norme nationale dans au moins un État membre, la conformité aux paragraphes de la présente norme, indiqués dans le Tableau ZA.1 confère, dans les limites du domaine d'application de la présente norme, une présomption de conformité aux Exigences Essentielles correspondantes de cette Directive et des règlements AELE associés.

**Tableau ZA.1 — Correspondance entre la présente Norme européenne
et les Exigences Essentielles de la Directive de l'UE 97/23/EC, Annexe I**

Articles/paragraphes de la présente Norme Européenne	Exigences Essentielles(ER) de la Directive 97/23/EC, Annexe I	Remarques qualificatives / Notes
8.4	4.1a	Propriétés de matériau appropriées
8.2	4.1c	Vieillissement
8.2 et 8.6	4.1d	Convient aux procédés de traitement
9.1	4.3	Documentation

AVERTISSEMENT D'autres exigences et d'autres Directives de l'UE peuvent s'appliquer aux produits relevant du domaine d'application de la présente norme.

EN 10028-2:2009 (F)

Bibliographie

- [1] EN 1011-1, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 1 : Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc.*
- [2] EN 1011-2, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 2 : Soudage à l'arc des aciers ferritiques.*
- [3] EN 10020, *Définition et classification des nuances d'acier.*
- [4] EN 10314, *Méthode de dérivation des valeurs minimales de la limite conventionnelle d'élasticité des aciers à températures élevées.*
- [5] ISO 6303, *Produits en acier pour récipients à pression ne figurant pas dans l'ISO 2604, Parties 1 à 6. — Dérivation des propriétés de rupture sous contrainte prolongée.*