ICS: 77.150.10

norme belge enregistrée

NBN EN 13981-4

1e éd., janvier 2007

Indice de classement: P 22

Aluminium et alliages d'aluminium - Produits pour applications ferroviaires structurales - Conditions techniques de contrôle et de livraison - Partie 4: Pièces forgées

Aluminium en aluminiumlegeringen - Producten voor dragende spoorwegtoepassingen - Technische voorwaarden voor inspectie en levering - Deel 4: Smeedstukken

Aluminium and aluminium alloys - Products for structural railway applications - Technical conditions for inspection and delivery - Part 4: Forgings

Autorisation de publication: 19 décembre 2006

La présente norme européenne EN 13981-4:2006 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).

Institut belge de normalisation (IBN), association sans but lucratif
avenue de la Brabançonne 29 - 1000 BRUXELLES - téléphone: 02 738 01 12 - fax: 02 733 42 64
e-mail: info@ibn.be - IBN Online: www.ibn.be - CCP. 000-0063310-66

© IBN 2007

Prix: groupe 15

ICS: 77.150.10

Geregistreerde Belgische norm

NBN EN 13981-4

1e uitg., januari 2007

Normklasse: P 22

Aluminium en aluminiumlegeringen - Producten voor dragende spoorwegtoepassingen - Technische voorwaarden voor inspectie en levering - Deel 4: Smeedstukken

Aluminium et alliages d'aluminium - Produits pour applications ferroviaires structurales - Conditions techniques de contrôle et de livraison - Partie 4: Pièces forgées

Aluminium and aluminium alloys - Products for structural railway applications - Technical conditions for inspection and delivery - Part 4: Forgings

Toelating tot publicatie: 19 december 2006

Deze Europese norm EN 13981-4:2006 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).

Belgisch instituut voor normalisatie (BIN), vereniging zonder winstoogmerk
Brabançonnelaan 29 - 1000 BRUSSEL - telefoon: 02 738 01 12 - fax: 02 733 42 64
e-mail: info@bin.be - BIN Online: www.bin.be - prk. 000-0063310-66

© BIN 2007

Prijsgroep: 15

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

EN 13981-4

Novembre 2006

ICS 77.150.10

Version Française

Aluminium et alliages d'aluminium - Produits pour applications ferroviaires structurales - Conditions techniques de contrôle et de livraison - Partie 4: Pièces forgées

Aluminium und Aluminiumlegierungen - Erzeugnisse für tragende Anwendungen im Schienenfahrzeugbau - Technische Lieferbedingungen - Teil 4: Schmiedestücke

Aluminium and aluminium alloys - Products for structural railway applications - Technical conditions for inspection and delivery - Part 4: Forgings

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 6 octobre 2006.

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, 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.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Centre de Gestion: rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2006 CEN Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux membres nationaux du CEN.

Réf. n° EN 13981-4:2006 F

Sommaire

Page

Avant-propos 4
1 Domaine d'application 5
2 Références normatives 5
3 Termes et définitions 5
4 Information à la commande 6
5 Exigences 6
5.1 Procédés de production et de fabrication 6
5.2 Assurance qualité 6
5.3 Alliages, composition chimique et états métallurgiques 7
5.4 Caractéristiques mécaniques des pièces forgées 7
5.4.1 Caractéristiques mécaniques des produits forgés sous charge statique 7
5.4.2 Caractéristiques mécaniques des produits filés sous charge cyclique 7
5.5 Caractéristiques mécaniques des joints soudés 8
5.5.1 Généralités 8
5.5.2 Caractéristiques mécaniques sous charge statique des joints soudés 8
5.5.3 Caractéristiques mécaniques sous charge cyclique des joints soudés 8
5.6 Absence de défaut de surface 9
5.7 Tolérances sur les dimensions et la forme 9
6 Modes opératoires de qualification 9
6.1 Procédures de qualification des préséries 9
6.2 Mode opératoire de qualification supplémentaire 9
7 Échantillonnage et méthodes d'essai 10
7.1 Généralités 10
7.2 Analyse de la composition chimique 10
7.3 Essai de traction 11
7.4 Préparation des éprouvettes pour l'essai sur les joints soudés 11
7.5 Essais de traction sur les joints soudés 11
7.6 Essai de résistance à la fatigue (matériau de base et joints de soudés) 11
7.7 Essai de ressuage 12
7.8 Essais métallographiques 12
7.9 Contrôle visuel 12
7.10 Mesure des dimensions 12
7.11 Essai par ultrasons 12
8 Traçabilité 13
9 Marquage des produits 13
10 Déclaration de conformité 13
11 Conservation des rapports 14
12 Emballage 14
13 Application et utilisation 14
14 Réclamations de non-conformités 14
Annexe A (normative) Caractéristiques mécaniques des pièces forgées des alliages EN AW-6061 et EN AW-6110A 15
Annexe B (normative) Éprouvettes pour essais de résistance à la fatigue 16

Annexe C (informative) **Lignes directrices pour l'application et l'utilisation** 17
C.1 Sélection des alliages 17
C.1.1 Généralités 17
C.1.2 EN AW-6082 et EN AW-6061 17
C.1.3 EN AW-5083 17
C.1.4 EN AW-5754 17
C.1.5 Autres alliages 18
C.2 Conception de résistance à la fatigue 18
C.3 Soudage 18

Annexe D (normative) **Composition chimique des EN AW-6110A [EN AW-Al Mg0,9Si0,9MnCu]** 20

Bibliographie 21

Figures

Figure B.1 — Éprouvettes pour essais de résistance à la fatigue 16

Tables

Tableau 1 — Résistance à la fatigue des produits forgés (non applicable pour la conception, voir C.2) 8

Tableau 2 — Résistance à la fatigue des soudures bout à bout soudées MIG (non applicable pour la conception, voir D.2) 9

Tableau 3 — Contrôle du produit et modes opératoires d'essai 10

Tableau 4 — Facteur *F* d'essai de résistance à la fatigue 12

Tableau A.1 — C Caractéristiques mécaniques des pieces forgées des alliages EN AW-6061 et EN AW-6110A 15

Table B.1 — Dimensions of test pieces 16

Tableau C.1 — Mechanical properties of welded butt joints, EN 30042 class C, MIG welded (manque traduction du titre du tableau) 19

Avant-propos

Le présent document (EN 13981-4:2006) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 132 “Aluminium et alliages d'aluminium”, dont le secrétariat est tenu par AFNOR.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en mai 2007, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en mai 2007.

Dans le cadre de son programme de travail, le Comité technique CEN/TC 132 a chargé le CEN/TC 132/GT 21 *« Aluminium pour applications ferroviaires »* d'élaborer la norme suivante :

EN 13981-4, *Aluminium et alliages d'aluminium — Produits pour applications ferroviaires structurales — Conditions techniques de contrôle et de livraison — Partie 4 : Pièces forgées.*

L’EN 13981, comprend les parties suivantes sous le titre général *« Aluminium et alliages d'aluminium — Produits pour applications ferroviaires structurales — Conditions techniques de contrôle et de livraison » :*

— *Partie 1 : Produits filés*

— *Partie 2 : Tôles et tôles épaisses*

— *Partie 3 : Pièces moulées*

— *Partie 4 : Pièces forgées*

L’attention est attirée sur le fait que certains éléments du présent document peuvent faire l’objet de brevets. Le CEN ne peut être tenu responsable de l’identification de tels ou tels brevets.

Le CEN/TC 132 confirme sa politique qui est que dans le cas où le détenteur d’un brevet refuserait de céder des licences sur les produits normalisés sous des conditions raisonnables et non discriminatoires, alors ce produit serait éliminé de la norme correspondante.

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, 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.

1 Domaine d'application

La présente Norme européenne spécifie les exigences pour les pièces forgées (pièces matricées, pièces obtenues à frappe libre) qui contribuent aux propriétés structurales des caisses de véhicules ferroviaires et d'autres composants structuraux.

Les exigences spécifiées dans la présente Norme européenne pour les joints soudés ne servent qu'à la qualification des matériaux et ne s'appliquent pas aux assemblages et sous-assemblages soudés.

Des exigences particulières concernant la qualification, le contrôle qualité, les propriétés des matériaux et les tolérances dimensionnelles sont spécifiées. En outre, des lignes directrices pour l'application et l'utilisation sont spécifiées.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

EN 515, *Aluminium et alliages d'aluminium — Produits corroyés — Désignation des états métallurgiques.*

EN 571-1, *Essais non destructifs — Examen par ressuage — Partie 1 : Principes généraux.*

EN 573-3, *Aluminium et alliages d'aluminium — Composition chimique et forme des produits corroyés — Partie 3 : Composition chimique.*

EN 586-1, *Aluminium et alliages d'aluminium — Pièces forgées — Partie 1 : Conditions techniques de contrôle et de livraison.*

EN 586-2, *Aluminium et alliages d'aluminium — Pièces forgées — Partie 2 : Caractéristiques mécaniques et autres caractéristiques exigées.*

EN 586-3, *Aluminium et alliages d'aluminium — Pièces forgées — Partie 3 : Tolérances sur dimensions et forme.*

EN 895, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essai de traction transversale.*

EN 1011-4 :2000, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 4 : Soudage à l'arc de l'aluminium et des alliages d'aluminium.*

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

EN 12258-1 :1998, *Aluminium et alliages d'aluminium —Termes et définitions — Partie 1 : Termes généraux.*

EN ISO 10042, *Soudage — Assemblages en aluminium et alliages d'aluminium soudables soudés à l'arc — Niveaux de qualité par rapport aux défauts (ISO 10042 :2005).*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'EN 12258-1 : 1998 ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1
lot de forgeage
quantité de produits de la même nuance ou alliage, forme, état métallurgique, épaisseur sur section transversale, ultérieurement forgé sans marques de forgeage

3.2
lot de contrôle
expédition ou partie d'une expédition, soumise à un contrôle, et qui comprend des produits de même qualité ou alliage, de même forme, état métallurgique, taille, géométrie, épaisseur ou section transversale, et qui ont été produits par les mêmes procédés

3.3
lot de traitement thermique
quantité de produits de même qualité ou de même alliage, de même forme, épaisseur ou section transversale, et qui ont été produits de la même façon, dont le traitement thermique ou la mise en solution suivie de trempe a été effectuée en une seule charge. Plusieurs lots peuvent être mis en solution dans une seule charge de traitement thermique

3.4
propriété structurale
propriété qui a une influence directe sur la solidité en sollicitation statique et dynamique d'un composant ou d'un ensemble

4 Information à la commande

L'information à la commande doit être formulée comme indiqué dans l'EN 586-1. La référence à cette Norme européenne doit être faite. En outre, il sera indiqué si la pièce forgée doit être soudée ou pas.

Si l'acheteur exige un contrôle par ultrasons des ébauches de forgeage ou pièces forgées, cela doit figurer dans la commande.

5 Exigences

5.1 Procédés de production et de fabrication

Sauf spécification contraire sur la commande, les procédés de production et de fabrication sont laissés au choix du fabricant.

Sauf stipulation expresse sur la commande, le fabricant n'est pas obligé d'utiliser les mêmes procédés pour des commandes ultérieures et similaires.

5.2 Assurance qualité

Le fabricant doit établir et maintenir un système de qualité qui devrait être au moins équivalent à l'EN ISO 9001.

Le fabricant doit établir et maintenir des plans de contrôle définissant tous les contrôles et essais à réaliser sur le produit pour remplir les exigences de cette Norme européenne ou autres exigences agréées, la fréquence de ces contrôles et essais et le type de rapport à établir.

Le plan de contrôle doit spécifier, pour chaque contrôle ou essai, s'il est réalisé par coulée, par lot de forgeage, par lot de traitement thermique, par lot de contrôle ou par un autre lot d'importance.

Le plan de contrôle doit au moins être conforme aux modes opératoires d'essai et aux exigences d'essai stipulés dans la présente Norme européenne (voir Tableau 3). Le plan de contrôle doit prévoir d'autres

programmes appropriés de contrôle de procédés. Le cas échéant, le plan de contrôle doit être soumis à l'acheteur pour approbation avant commencement de production.

Le fabricant doit assumer la responsabilité de la réalisation de tous les contrôles et essais requis par la présente Norme européenne avant l'expédition du produit. Si le l'acheteur souhaite contrôler le produit sur le site du fabricant, il doit le stipuler au moment de passer la commande.

L'étendue des contrôles doit être conforme au Tableau 3. Sauf indication explicite, les contrôles qualité doivent être effectués sur des lots de contrôle.

5.3 Alliages, composition chimique et états métallurgiques

Les alliages doivent être sélectionnés parmi les suivants :

EN AW-5754, EN AW-5083, EN AW-6082, EN AW-6061, EN AW 6110A.

Les autres alliages doivent être qualifiées selon une procédure projetée qui doit prendre en compte la technique d'assemblage souhaitée et l'utilisation prévue.

Les compositions chimiques de ces alliages sont spécifiées dans l'EN 573-3. La composition chimique de l'alliage EN AW-6110A est spécifiée dans l'Annexe D. En outre, la teneur en plomb (Pb) de tous les alliages de la série 6xxx doit être limitée à max 0,01 %.

Si l'acheteur exige des limites pour les éléments non spécifiés dans la norme ci-dessus, ces teintes doivent être précisées par la commande, après accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Les états métallurgiques doivent être sélectionnés parmi ceux spécifiés dans l'EN 586-2 ou dans le Tableau 1 sauf accord contraire entre le fournisseur et l'acheteur. Les états métallurgiques sont définis dans l'EN 515.

Les autres états métallurgiques doivent être qualifiées selon une procédure convenue ou doit prendre en compte la technique d'assemblage souhaitée et l'utilisation prévue.

5.4 Caractéristiques mécaniques des pièces forgées

5.4.1 Caractéristiques mécaniques des produits forgés sous charge statique

La résistance à la traction, la limite apparente d'élasticité et l'allongement des pièces forgées doivent être conformes aux exigences de l'EN 586-2 sauf accord contraire entre le fournisseur et l'acheteur et spécifiées sur la commande.

Les caractéristiques mécaniques de l'alliage EN AW-6061 et EN AW-6110A doivent être conformes à l'Annexe A.

5.4.2 Caractéristiques mécaniques des produits filés sous charge cyclique

Les valeurs minimales pour la contrainte maximale spécifiée au Tableau 1 doivent être respectées pour tous les alliages et épaisseurs des parois dans les conditions suivantes :

Pourcentage de non-défaillance : 97,5 %

Nombre de cycles : 10^7

Les éprouvettes doivent être soumis à essai conformément au 7.6.

Tableau 1 — Résistance à la fatigue des produits forgés

(non applicable pour la conception, voir C.2)

Rapport de contrainte $R = s_{min.} / s_{max.}$	– 1	0,1	0,5
Contrainte maximum [a b] $s_{max.}$	65	110	180

[a] Le respect de ces valeurs est une condition nécessaire pour pouvoir utiliser les codes de conception mentionnés en C.2.

[b] Si $s_{max.}$ dépasse la limite apparente d'élasticité spécifiée en 5.4.1, $s_{max.}$ est égal à $R_{p0,2}$.

5.5 Caractéristiques mécaniques des joints soudés

5.5.1 Généralités

Les caractéristiques spécifiées en 5.5 sont seulement applicables pour les pièces forgées qui sont destinées à être soudées.

Les produits soudés doivent être capables de garantir les caractéristiques spécifiées en 5.5.2 et 5.5.3.

Les valeurs spécifiées en 5.5.2 et 5.5.3 doivent être utilisées seulement pour la qualification et non pour la conception.

5.5.2 Caractéristiques mécaniques sous charge statique des joints soudés

Les exigences sur la résistance à la traction et la limite apparente d'élasticité des joints de soudure entre pièces forgées doivent être mutuellement convenues entre le fournisseur et l'acheteur au moment de la commande. Les échantillons d'essai doivent être préparés selon 7.4. Les essais utilisés pour vérification doivent être en accord avec 7.5.

5.5.3 Caractéristiques mécaniques sous charge cyclique des joints soudés

Les valeurs minimales pour la contrainte maximale spécifiée au Tableau 2 doivent être respectées pour tous les alliages et épaisseurs de parois dans les conditions suivantes :

Pourcentage de non-défaillance : 97,5 %

Nombre de cycles : 10^7

Les éprouvettes soudées doivent être préparées conformément à 7.4 et soumises à essai conformément à 7.6.

Tableau 2 — Résistance à la fatigue des soudures bout à bout MIG

(non applicable pour la conception, voir C.2)

Rapport de contrainte $R = s_{min} / s_{max}$	– 1	0,1	0,5
Contrainte maximum [a, b] s_{max}	30	55	80

[a] Le respect de ces valeurs est une condition nécessaire pour pouvoir utiliser les codes de conception mentionnés en C.2.

[b] Si s_{max} dépasse la limite apparente d'élasticité spécifiée en 5.5.2, s_{max} est égal à $R_{p0,2}$.

5.6 Absence de défaut de surface

Les lubrifiants utilisés pendant l'opération du forgeage doivent être enlevés afin de permettre une surface de contrôle visible des pièces forgées.

La surface de la pièce forgée doit être exempte de défauts préjudiciables à son utilisation appropriée et convenable.

Le produit doit avoir une surface douce et propre. Cependant, des petits défauts de surface tels que des rayures légères, des impressions, une décoloration et un aspect non uniforme de la surface à la suite d'un traitement thermique, etc., qui ne peuvent pas toujours être complètement évités, sont admis sur la surface du produit sauf avis contraire dans la commande.

Si un traitement de surface spécial est convenu entre le fournisseur et l'acheteur, les défauts superficiels ne doivent pas nuire à l'aspect décoratif de la surface après ce traitement. Des échantillons limites peuvent être convenus entre le fournisseur et l'acheteur.

Le soudage de réparation n'est pas autorisé.

5.7 Tolérances sur les dimensions et la forme

Pour les différentes formes de pièces forgées, les tolérances sur les dimensions et la forme sont spécifiées dans l'EN 586-3. Si d'autres tolérances sont requises, ceci doit être indiqué sur le dessin.

6 Modes opératoires de qualification

6.1 Procédures de qualification des préséries

Tout pièce forgée d'un alliage donné produit pour la première fois dans une forge doit être qualifié par des essais devant être effectués sur un lot de forgeage représentatif. Les méthodes d'essai, l'échantillonnage et la fréquence minimale d'essai ainsi que les critères de réception doivent être comme spécifiés dans le Tableau 3.

Tous les résultats des essais de la procédure de qualification des préséries doivent être enregistrés et inclus dans un rapport de qualification des préséries. Le rapport d'essai doit être approuvé par l'acheteur.

6.2 Mode opératoire de qualification supplémentaire

Les essais de qualification doivent être réalisés par le fabricant lors de la mise en place de la production de alliage qu n'est pas indiqué sur 5.3 pour la première fois.

Les méthodes d'essai, l'échantillonnage, la fréquence d'essai minimale et les critères de réception sont énoncés au Tableau 3.

Si l'acheteur exige des essais de qualification supplémentaires, il doit le spécifier lors de sa demande de devis. Le mode opératoire de qualification doit faire l'objet d'un accord mutuel entre le fournisseur et l'acheteur.

Tableau 3 — Contrôle du produit et modes opératoires d'essai

Essai	Méthode d'essai	Échantillonnage et fréquence d'essai minimale			Critères de réception
		Contrôle qualité pour la production en série conformément au 5.2	Qualification des préséries conformément au 6.1	Qualification supplémentaire conformément au 6.2	
Analyse chimique	Voir 7.2	Chaque coulée	Chaque coulée	Chaque coulée	Voir 5.3
Contrôle par ultrasons – produit destiné à la forge	Voir 7.11	100 % si demandé dans la commande	100 % si demandé dans la commande	100 % si demandé dans la commande	Voir 7.11
Essai de traction sur le matériau de base	Voir 7.3	Voir l'EN 586-1	trois fois, conformément à l'EN 586-1	trois fois, conformément à l'EN 586-1	Voir 5.4.1
Essai de traction sur joints soudés	Voir 7.4 et 7.5	–	–	Voir 7.4	Voir 5.5.1
Essai de résistance à la fatigue sur le matériau de base	Voir 7.6	–	–	Voir 7.6	Voir 5.4.2
Essai de résistance à la fatigue sur les joints soudés	Voir 7.4 et 7.6	–	–	Voir 7.4	Voir 5.5.2
Essai de ressuage	Voir en 7.7	–	3 pièces, sauf accord contraire	3 pièces, si ne pas agréé autrement	Pas de défauts de surface
Contrôle par ultrasons du pièce forgée	Voir 7.11	Si exigé dans la commande	Si exigé dans la commande	Si exigé dans la commande	Voir 7.11
Essai métallographique	Voir en 7.8		Une pièce à différentes sections	Une pièce à différentes sections	Aucun défaut interne
Contrôle visuel de la qualité de la surface	Voir en 7.9	Selon le programme de contrôle	Selon le programme de contrôle	Selon le programme de contrôle	Voir en 5.6
Mesure des dimensions	Voir en 7.10	De façon aléatoire, un par lot de contrôle	De façon aléatoire, un par lot de contrôle	De façon aléatoire, un par lot de contrôle	Voir en 5.7

7 Échantillonnage et méthodes d'essai

7.1 Généralités

Le Tableau 3 spécifie les méthodes d'essai, l'échantillonnage, la fréquence d'essai et les critères de réception pour les différents modes opératoires de qualification ainsi que pour le contrôle qualité de la production en série. Selon le cas, deux essais ou plus peuvent être effectués sur le même échantillon.

7.2 Analyse de la composition chimique

Chaque coulée doit être analysée. Le mode opératoire d'essai doit être conforme aux exigences de l'EN 586-1.

7.3 Essai de traction

L'échantillonnage et la préparation des éprouvettes, la méthode d'essai et le mode opératoire des contre-essais pour l'essai de traction doivent être conformes à l'EN 586-1.

Du au fait que les caractéristiques des pièces obtenues par forgeage et forgeage libre peuvent varier sur l'emplacement et la direction des éprouvettes de la pièce, les détails de la préparation des éprouvettes ou différents de celles spécifiées dans l'EN 586-1 doivent être convenu entre l'acheteur et le fournisseur et spécifiés dans la commande.

Si la forme de la pièce forgée est trop petite pour prélever les éprouvettes, les essais de dureté et de conductivité peuvent être réalisées.

7.4 Préparation des éprouvettes pour l'essai sur les joints soudés

Pour l'essai sur les joints soudés, des soudures bout à bout MIG de classe C conformes à l'EN ISO 10042, doivent être effectuées entre les spécimens devant être soumis à l'essai.

Les éprouvettes doivent être soudés à l'aide d'un fil d'apport de type 5xxx avec plus que 4 % de Mg ou AlSi5 conformément à l'EN 1011-4. Lors de la préparation des éprouvettes, le métal en excès ne doit pas être retiré des cordons de soudures ou des surfaces du métal par usinage, meulage ou toute autre opération.

Du fait que les propriétés des pièces matricées, pièces obtenues à frappe libre peuvent varier selon l'emplacement et l'orientation de l'éprouvette dans la pièce, les détails de l'éprouvette et de la préparation doivent convenues entre l'acheteur et le fournisseur et stipulée dans la commande.

7.5 Essais de traction sur les joints soudés

Au moins dix éprouvettes doivent être préparées conformément au 7.4. L'éprouvette et le mode opératoire d'essai doivent être conformes à l'EN 895.

7.6 Essai de résistance à la fatigue (matériau de base et joints de soudés)

Les conditions d'essai suivantes doivent être appliquées :

Chargement :	axial
Eprouvette (non soudée) :	longitudinale, conformément à l'Annexe B
Eprouvette (soudée) :	conformément au 7.4 et à l'Annexe C
Fréquence :	< 200 Hz

L'essai doit être effectué avec l'un des trois rapports de contrainte et la contrainte maximale correspondante donnée au Tableau 1 pour les éprouvettes non soudées et au Tableau 2 pour les éprouvettes soudées. Il doit être démontré que la réussite est de 97,5 % pour 10^7 cycles, si les conditions suivantes sont appliquées :

$$N \geq F\ 10^7 \qquad (1)$$

où

N est le nombre de cycles obtenu à partir des résultats d'essai, conformément au Tableau 4 ;

F est le facteur d'essai de résistance à la fatigue, conformément au Tableau 4, en fonction du nombre effectif de résultats d'essai disponibles.

Tableau 4 — Facteur F d'essai de résistance à la fatigue

Nombre de cycles N obtenu à partir des résultats d'essai	Nombre d'échantillons soumis à l'essai							
	1	2	4	6	8	9	10	100
Éprouvettes identiques soumis à essais jusqu'à rupture. Tous les échantillons ont été défectueux. N est égal à la moyenne géométrique[a] des différents nombres de cycles avant la défaillance obtenue.	3,80	3,12	2,73	2,55	2,48	2,44	2,40	2,09
Échantillons identiques soumis à l'essai simultanément. N est égal au nombre de cycles le plus bas avant la défaillance obtenue.	3,80	2,67	2,01	1,75	1,60	1,54	1,54	0,91

[a] Moyenne géométrique $N = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} N_i}$ (moyenne logarithmique réelle = log $N = 1/n \sum_{i=1}^{n} \log N_i$).

Le Tableau 4 représente la définition de base des valeurs nominales obtenues à partir de la valeur moyenne calculée moins deux écarts type, avec une fiabilité de 97,5 % contre la défaillance. L'écart type réel était supposé égal à un facteur de 1,5 ou 0,176 à l'échelle logarithmique.

7.7 Essai de ressuage

L'essai de ressuage doit être mené selon l'EN 571-1.

7.8 Essais métallographiques

Les échantillons doivent être attaqués à l'acide pour révéler des défauts internes.

Les éprouvettes doivent être conformes aux critères de réception définis par le fabricant. Si l'acheteur souhaite stipuler d'autres critères pour une structure de grain spécifique telle que des gros grains périphériques, ceci doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur avant que la commande soit passée.

7.9 Contrôle visuel

Sauf spécification contraire, l'examen de l'aspect de la surface doit être effectué sur les produits avant leur livraison, sans utiliser de loupe.

7.10 Mesure des dimensions

Les dimensions doivent être mesurées au moyen d'instruments de mesure qui possèdent la précision requise pour les dimensions et les tolérances sur les dimensions. Toutes les dimensions doivent être vérifiées à température ambiante ou, en cas de litige, à une température comprise entre 15 °C et 25 °C.

7.11 Essai par ultrasons

L'essai par ultrason des ébauches de forgeage et pièces forgées doivent être en accord entre fournisseur et client.

NOTE Un accord de procédure est possible conformément aux prEN 4050-1, prEN 4050-2 et prEN 4050-3 ; les critères d'acceptation sont spécifiées dans le prEN 4050-4.

8 Traçabilité

Le fournisseur doit établir et maintenir un système d'identification et de traçabilité des produits à chaque stade de fabrication, de contrôle et de livraison, y compris des opérations et des produits sous-traités, afin de pouvoir reconstituer l'historique de toutes les données associées et de les attribuer aux produits concernés.

En particulier, le système doit couvrir les domaines suivants :

— origine des matériaux et propriétés convenues ;

— opérations de fabrication y inclus le traitement thermique ;

— contrôles et essais.

Le système de traçabilité doit permettre d'identifier toute pièce soumise à la même opération de fabrication ou de contrôle.

9 Marquage des produits

Sauf spécification contraire sur la commande, les lots livrés doivent comporter les indications suivantes :

— la désignation de l'alliage ;

— la désignation de l'état métallurgique ;

— le nombre de lots de contrôle ;

— l'identification des produits ;

— le nom ou symbole du fabricant.

Le marquage doit être appliqué sur l'emballage. Un marquage plus complet ou pièce par pièce doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur au moment de la commande, si l'acheteur l'exige.

10 Déclaration de conformité

Sauf indication contraire sur la commande, le fournisseur doit établir un certificat de contrôle « 3.1 » conformément à l'EN 10204 : 2004 qui comporte au moins l'analyse chimique, les caractéristiques mécaniques et les données suivantes :

— l'identification des produits (référence, etc.) ;

— l'alliage et l’état métallurgique ;

— la quantité ;

— le nombre de lots de contrôle ;

— la référence à la présente Norme européenne, c’est-à-dire EN 13981-4 ;

— toute autre spécification convenue (le cas échéant).

11 Conservation des rapports

Sauf spécification contraire sur la commande, les rapports de qualité sur les contrôles et les essais spécifiés dans le Tableau 4 doivent être conservés pendant au moins 10 années après la livraison.

12 Emballage

Le type d'emballage doit être convenu entre le fournisseur et l'acheteur, et il convient que celui-ci prenne toutes les précautions adéquates pour garantir que, dans des conditions de transport normales, les produits sont livrés dans un état approprié pour l'utilisation ultérieure.

Pour la livraison, le produit n'est généralement pas traité avec un produit anti-corrosion. Si ce traitement est exigé, il doit être spécifié sur la commande et faire l'objet d'un accord avec le fournisseur. Le type du produit anti-corrosion utilisé doit également faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur.

13 Application et utilisation

Des pièces forgées conformes à la présente Norme européenne sont utilisés pour les parties structurales du corps des véhicules ferroviaires et d'autres parties structurales essentielles. L'Annexe C (informative) donne des lignes directrices pour :

— la sélection des alliages ;

— le choix d'un code de conception approprié ;

— le soudage.

14 Réclamations de non-conformités

En cas de litige concernant la conformité avec les exigences de la présente Norme européenne ou les spécifications citées dans la commande, et avant de rejeter les produits, un arbitre choisi d'un commun accord par le fournisseur et l'acheteur doit effectuer des essais et des contrôles.

La décision de l'arbitre doit être décisive.

Annexe A
(normative)

Caractéristiques mécaniques des pièces forgées des alliages EN AW-6061 et EN AW-6110A

Tableau A.1 — Caractéristiques mécaniques des pièces forgées des alliages EN AW-6061 et EN AW-6110A

Alliage et état métallurgique	Direction des grains	R_m Mpa min.	$R_{p0,2}$ Mpa min.	A % min.	Conductivité électrique MS/m	Dureté HB min.
EN AW-6061 T6	L	260	240	6	25 à 30	85
	LT	260	240	5	25 à 30	85
	ST	255	230	4	25 à 30	85
EN AW-6110A T6	L	360	320	10	22 à 26	115
	LT	350	310	8	22 à 26	115
	ST	350	310	6	22 à 26	115
Toutes les valeurs correspondent à une épaisseur plus petite que 100 mm a pour information seulement						

Annexe B
(normative)

Éprouvettes pour essais de résistance à la fatigue

Dimensions en millimètres

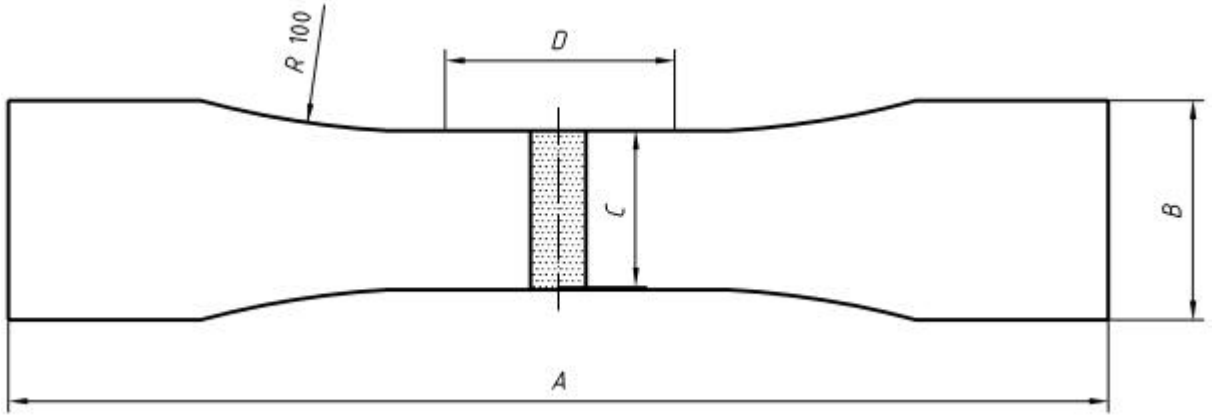

Figure B.1 — Éprouvettes pour essais de résistance à la fatigue

Tableau B.1 — Dimensions des éprouvettes

	A	*B*	*C*	*D*
Éprouvette non soudée	220	60	24	30
Éprouvette soudée (usinage après soudage)	220	60	45	65

Annexe C
(informative)

Lignes directrices pour l'application et l'utilisation

C.1 Sélection des alliages

C.1.1 Généralités

Le choix de l'alliage d'aluminium approprié est déterminé par une combinaison des facteurs de résistance, durabilité, des propriétés physiques, de la soudabilité, de l'ouvrabilité et de la disponibilité.

C.1.2 EN AW-6082 et EN AW-6061

L'EN AW-6082 est l'un des alliages à traitement thermique le plus utilisé et souvent l'alliage structurel principal dans de nombreux pays pour des applications soudées et non soudées.

L'EN AW-6061 est également un alliage à traitement thermique largement utilisé pour des applications soudées et non soudées. Les deux alliages sont généralement utilisés à l'état de vieillissement optimal T6.

Le choix de ces alliages comme matériau structurel est basé sur une combinaison favorable de propriétés : résistance élevée après le traitement thermique, bonne résistance à la corrosion, bonne soudabilité à la fois pour les procédés MIG et PIG et bonne capacité d'usinage.

Il y a lieu de prendre en compte la perte de résistance dans la zone des joints de soudure soumise au traitement thermique (HAZ). Les métaux d'apport pour le soudage sont spécifiés dans l'EN 1011-4.

C.1.3 EN AW-5083

Parmi les alliages spécifiés dans la présente norme, l'EN AW-5083 est l'alliage sans traitement thermique le plus résistant, grâce à des bonnes propriétés de soudure et une excellente résistance à la corrosion.

Cet alliage est couramment utilisé à l'état métallurgique H112.

Cependant, l'alliage peut présenter une corrosion intergranulaire, si il est utilisé au-dessus de 65 °C. Dans de tels cas, il convient de sélectionner l'alliage EN AW-5754.

L'alliage EN AW-5083 est soudé facilement par les procédés TIG et MIG en utilisant les métaux d'apport spécifiés dans l'EN 1011-4 et présente une bonne capacité d'usinage dans tout les états métallurgiques.

C.1.4 EN AW-5754

L'EN AW-5754 est approprié pour les parties structurales jointes par soudure ou mécaniquement soumises à une contrainte modérée. L'alliage est ductile à l'état forgé H112. Il est soudé facilement par les procédés TIG et MIG en utilisant des métaux d'apport spécifiés dans l'EN 1011-4 et offre une excellente résistance à la corrosion.

L'EN AW-5754 est l'alliage le plus résistant de la série 5xxx assurant une immunité pratique à la corrosion interganulaire et à la corrosion sous contrainte.

C.1.5 Autres alliages

Les alliages de la série 7xxx offrent des caractéristiques mécaniques supérieures. Ils ne doivent pas être soudés et une attention particulière doit être portée sur la protection contre la corrosion.

C.2 Conception de résistance à la fatigue

Les codes de conception pour la résistance à la fatigue prennent généralement en compte des facteurs de sécurité supplémentaires pour les phénomènes comme les rayures, les corrosions locales, les contraintes internes, etc. qui surviennent dans les structures mais pas dans les éprouvettes à petite échelle. Par conséquent, les propriétés de résistance à la fatigue spécifiées en 5.4.2 et 5.5.2 sont utilisées pour les besoins de qualification seulement et peuvent être très différentes des valeurs des codes de conception recommandés.

Les codes de conception suivants sont recommandés :

— Eurocode 9 (ENV 1999-2) ;

— ERAAS : European Recommendations for Aluminium Alloy Structures (Recommandations européennes pour les structures d'alliage en aluminium) : conception de résistance à la fatigue.

C.3 Soudage

En général, les pièces forgées sont utilisées en raison de leur excellente combinaison de traction et dureté, comme des tolérances. Ces propriétés diminuent de manière significative par soudage dans la soudure comme dans la zone infectée. C'est la raison pour laquelle le soudage des pièces forgées est plutôt inhabituel et doit être limité à des utilisation exceptionnelle.

Si le soudage est inévitable, les mêmes spécifications utilisées pour les profilés et les tôles peuvent être utilisées.

Les lignes directrices concernant les soudures de l'aluminium et d'alliages en aluminium sont données dans l'EN 1011-4. Cette norme mentionne les dispositions concernant les aspects de la qualité, les procédés de soudure, les matières consommables de soudure, la qualification des soudeurs et les procédés de soudure, les précautions avant, pendant et après la soudure et les contrôles des joints soudés.

Les recommandations pour la soudure sont les suivantes :

— il convient que les exigences de qualité pour la soudure soient conformes à l'EN 729-2 ;

— il convient que la qualification des soudeurs soit conforme à l'EN ISO 9606-2 ;

— il convient que la qualification des procédés de soudure soit conforme à l'EN ISO 15614-2 ;

— il convient que la sélection des matériaux d'apport soit conforme au Tableau B.2 de l'EN 1011-4 :2000;

— il convient que les critères concernant le niveau de qualité des joints soudés soit conforme à l'EN ISO 10042.

Les valeurs minimum d'essai en traction et de limite apparente d'élasticité des joints soudés pour les pièces forgées sont données dans le Tableau C.1.

Tableau C.1 — Propriétés mécaniques des soudures bout à bout soudées, EN ISO 10042 classe C, MIG

Alliage	État métallurgique du métal d'apport	Épaisseur £ 15mm		Épaisseur > 15mm	
		R_m Mpa min.	$R_{p0,2}$ Mpa min.	R_m Mpa min.	$R_{p0,2}$ Mpa min.
EN AW-5754	H112	180	80	–	–
EN AW-5083	H112	270	125	270	125
EN AW-6061	T6	175	115	165	115[a]
EN AW-6082	T6	185	125	165	115[a]

[a] $R_{p0,2}$ est égal à 95 MPa pour les épaisseurs de paroi supérieure à 20 mm.

Annexe D
(normative)

Composition chimique des EN AW-6110A [EN AW-Al Mg0,9Si0,9MnCu]

Tableau D.1 – Composition chimique des alliages EN AW-611A

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti+Zr	Autres[a]		Al
								Chaque	Total[b]	min.
0,7-1,1	0,50	0,30 à0,8	0,30 à 0,9	0,7 à 1,1	0,05 à 0,25	0,20	0,20	0,05	0,15	Le solde

NOTE La composition chimique est spécifiée en pourcentage par masse. Les limites sont exprimées maximales sauf si elles sont données en plage ou en minimum.

[a] Comprenant les éléments indiqués pour les quels il n'y a pas de limite spécifique indiquée.

[b] La somme des « Autres » éléments métalliques 0,010 % ou plus chaque, exprimées à la seconde décimales avant de déterminer la somme.

Bibliographie

[1] EN ISO 9001, *Systèmes de management de la qualité — Exigences*.

[2] EN 729-2, *Exigences de qualité en soudage — Soudage par fusion des matériaux métalliques — Partie 2 : Exigences de qualité complète.*

[3] ENV 1999-2, *Eurocode 9 : Conception et dimensionnement des structures en aluminium — Partie 2 : Structures sensibles à la fatigue*.

[4] EN ISO 9606-2, *Epreuve de qualification des soudeurs — Soudage par fusion — Partie 2 : Aluminium et alliages d'aluminium.*

[5] ERAAS, *European recommandations for aluminium alloy structures : Fatigue design* ; *(Recommandations européennes pour les structures d'alliage en aluminium : Conception de résistance à la fatigue) ; 1ère édition 1992*

[6] prEN 4050-1, *Série aérospatiale — Méthode d'essai applicable aux matériaux métalliques — Contrôle par ultrasons de barres, plaques, demi-produits pour forgeage et pièces forgées — Partie 1 : Exigences générales*.

[7] prEN 4050-2, *Série aérospatiale — Méthode d'essai applicable aux matériaux métalliques — Contrôle par ultrasons de barres, plaques, demi-produits pour forgeage et pièces forgées — Partie 2 : Réalisation de l'essai*.

[8] prEN 4050-3, *Série aérospatiale — Méthode d'essai applicable aux matériaux métalliques — Contrôle par ultrasons de barres, plaques, demi-produits pour forgeage et pièces forgées — Partie 3 : Blocs de référence.*

[9] prEN 4050-4, *Série aérospatiale — Méthode d'essai applicable aux matériaux métalliques — Contrôle par ultrasons de barres, plaques, demi-produits pour forgeage et pièces forgées — Partie 4 : Critères d'acceptation*.