

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 926 739**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **08 00371**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 21 K 7/00** (2006.01), B 60 B 35/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24.01.08.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.07.09 Bulletin 09/31.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : VALLOUREC & MANNESMANN
TUBES Société par actions simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : FARIA ANTUNES RONALDO et FILHO
JOSE ANTONIO.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET NETTER.

⑤4 **ESSIEU FORGE A PARTIR DE TUBE SANS SOUDURE POUR DES VEHICULES DE CHEMIN DE FER ET DU PROCEDE DE FABRICATION D'ESSIEU FORGE A PARTIR DE TUBE SANS SOUDURE POUR DES VEHICULES DE CHEMIN DE FER.**

⑤7 Essieu forgé de tube sans soudure pour des véhicule de chemin de fer, comprenant un alliage métallique en acier comprenant de 0,22 à 0,42 % en masse de carbone; de 1,10 à 1,70 % en masse de manganèse, ayant le matériel en alliage métallique, une limite élastique minimum de 520 MPa, une limite de résistance à la rupture minimum de 750 MPa et un allongement minimum de 16 %.



FR 2 926 739 - A1



Essieu forgé à partir de tube sans soudure pour des véhicules de chemin de fer et du procédé de fabrication d'essieu forgé à partir de tube sans soudure pour des véhicules de chemin de fer

5

La présente invention concerne les essieux de véhicules de chemin de fer forgés à partir de tubes sans soudure dont la composition chimique et le procédé de fabrication sont spécialement conçus pour s'assurer d'une
10 résistance mécanique et à la fatigue très élevée.

À présent, la consommation de combustible et l'émission de polluants dans le transport de chemin de fer sont des grandes préoccupations du secteur de chemin de fer en raison de ses inconvénients par rapport au coût de
15 fonctionnement et à l'environnement. Le poids à vide des véhicules de chemin de fer est l'un des principaux facteurs influant sur ces paramètres. Sous cet aspect on note que les essieux des véhicules de chemin de fer peuvent dépasser 10 % du poids à vide et qu'ils sont massifs.

20 En plus, en conséquence de l'accroissement de l'utilisation des voies de chemin de fer comme système de transport, la tendance à présent est que la charge et le poids transportés par les chemin de fer augmentent significativement, ce qui contribue à l'augmentation de la
25 contrainte sur les essieux de chemin de fer, en exigeant donc une amélioration de la résistance, de la rigidité et de la robustesse de ces essieux, pour obtenir une bonne longévité.

Le brevet US 2 512 186 se rapporte à une proposition
30 de composition de tubes et cite un essieu à une chambre annulaire constitué de l'essieu et d'un tube interne rempli

avec du liquide dont le rôle serait l'échange de chaleur de l'essieu vers l'environnement.

En ce qui concerne les matériaux utilisés pour la fabrication d'essieux de chemin de fer, quelques
 5 producteurs, comme par exemple les brésiliens et des nord-américains, cherchent à suivre les standardisations des normes techniques de l'Association Américaine des Chemin de fer (AAR - American Association of Railroads). Selon les
 10 normes de l'AAR, les composants des essieux de chemin de fer doivent respecter les critères suivants du tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1: normes techniques de l'AAR pour la composition chimique d'essieux de chemin de fer.

Élément	Référence de traitement thermique de l'essieu				Unité
	Degré F		Degré G e H		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
C	0,45	0,59	-	-	%
Mn	0,60	0,90	0,60	0,90	%
P	-	0,045	-	0,045	%
S	-	0,050	-	0,050	%
Si	0,15	-	0,15	-	%

15 Des nouveaux développements liés à la technique d'essieux de chemin de fer se sont succédés et le concept tubulaire à présent est utilisé en voitures à passagers de trains à grande vitesse, de locomotives et de wagons de charge.

20 À présent, l'état de la technique en rapport à des essieux de chemin de fer comprend, d'un côté, l'usage d'essieux massifs utilisant des alliages métalliques attachés aux normes techniques de l'AAR, ces essieux étant

fabriqués d'après les barres devenues des poutres, et dont les propriétés mécaniques sont aussi selon des normes techniques de l'AAR.

D'un autre côté, l'état de la technique lié à des
5 essieux de chemin de fer comprend aussi l'usage d'essieux tubulaires. Ces essieux sont fabriqués d'après des barres forgées qui présentent des trous par usinage. Ces essieux tubulaires ont un poids de 20 % inférieur à ceux constitués d'essieux massifs, cependant leur procédé de fabrication
10 pâtit d'un grand gaspillage de matière première et d'un coût opérationnel élevé, en échange d'une petite réduction de poids.

On connaît aussi par la technique antérieure des essieux de chemin de fer tubulaires, constitués de tubes
15 sans soudure, produits par forgeage. Ces essieux ont un poids à peu près 40 % de celui des essieux massifs.

Parfois les essieux massifs ont une robustesse plus grande que celle nécessaire pour supporter la charge à laquelle sont soumis. Cela signifie que ces essieux peuvent
20 avoir un poids supérieur au nécessaire, ce qui cause un gaspillage de matière à éviter dans la constitution de l'essieu.

De l'autre côté, le concept tubulaire, surtout dans le cas de tubes sans soudure qui ont des épaisseurs
25 inférieures à celles des essieux de barre à trous, oblige en conséquence que certains tronçons de l'essieu soient soumis à des tensions plus grandes et d'autres seront soumis à des déformations plus grandes que les autres essieux (massifs ou de barres à trous) sujets aux mêmes
30 conditions de chargement.

On propose un essieu tubulaire de plus faible poids et ayant en même temps des propriétés de résistance à la

fatigue et une dureté et une robustesse améliorées, pour une efficacité énergétique optimisée, lui permettant de supporter des contraintes élevées.

On propose un essieu tubulaire et un procédé de fabrication de cet essieu bénéficiant d'une économie de matière utilisée pour la constitution de cet essieu, et en plus soit d'un très faible coût de production.

On propose un essieu tubulaire constitué d'un matériau à propriétés perfectionnées de résistance à la fatigue et de rigidité et qui ait une bonne longévité.

On propose un procédé pour la production d'essieux tubulaires bénéficiant d'un contrôle de qualité perfectionné des essieux produits, dû aux ressources modernes permis par l'ordinateur et les méthodes de production.

On propose un procédé pour la production d'essieux tubulaires permettant le contrôle statistique de procédé et de certaines propriétés des essieux, afin d'assurer que les essieux sont adéquats à différents buts et des mises en oeuvre distinctes.

L'essieu forgé à partir de tube en acier sans soudure pour des véhicules de chemin de fer, peut être constitué en acier, comprenant de 0,22 à 0,42 % en masse de carbone; de 1,10 à 1,70 % en masse de manganèse, le matériel d'alliage métallique ayant une limite élastique minimum de 520 MPa, une limite de résistance minimum à la rupture de 750 MPa et un allongement minimum de 16 %.

L'alliage peut comprendre jusqu'à 0,020 % en masse de soufre, et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de phosphore, et/ou de 0,10 à 0,45 % en masse d'aluminium, et/ou de 0,10 à 0,35 % en masse de silicium, et/ou de 0,10 à 0,30 % en masse de

molybdène, et/ou de 0,010 à 0,050 % en masse de niobium, et/ou de 0,05 à 0,27 % en masse de vanadium.

L'alliage métallique peut contenir de 0,22 à 0,32 % en masse de carbone; et/ou de 1,10 à 1,40 % en masse de manganèse; et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de soufre, et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de phosphore, et/ou de 0,10 à 0,45 % en masse d'aluminium, et/ou de 0,10 à 0,35 % en masse de silicium, et/ou de 0,10 à 0,30 % en masse de molybdène, et/ou de 0,010 à 0,050 % en masse de niobium, et/ou de 0,05 à 0,27 % en masse de vanadium.

Alternativement, l'alliage métallique peut contenir de 0,32 à 0,42 % en masse de carbone; et/ou de 1,40 à 1,70 % en masse de manganèse; et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de soufre, et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de phosphore, et/ou de 0,10 à 0,45 % en masse d'aluminium, et/ou de 0,10 à 0,35 % en masse de silicium, et/ou de 0,10 à 0,30 % en masse de molybdène, et/ou de 0,010 à 0,050 % en masse de niobium, et/ou de 0,05 à 0,27 % en masse de vanadium.

L'alliage métallique peut contenir jusqu'à 0,010 % en masse de phosphore et/ou jusqu'à 0,010 % en masse de soufre. La matière première de l'acier est en fer gueuse, ou de la ferraille, ou bien un mélange à des rapports indéfinis de fer gueuse et de ferraille.

Un procédé pour la fabrication d'essieu forgé à partir de tube d'acier sans soudure pour des véhicules de chemin de fer, peut comprendre les étapes suivantes:

- fusion d'un matériau en alliage métallique, produisant un alliage métallique en acier;
- lingotage du matériel coulé, formant des barres coulées coupées en blocs;
- réchauffage des blocs dans un four de réchauffage;
- perforation des blocs;

- étirage des blocs perforés constituant des loupes;
- finition des loupes devenues des tubes sans soudure;
- forgeage à chaud des tubes sans soudure, devenus des pièces de tube de l'essieu, aussi connues sous le nom

5 d'essieux tubulaires.

L'étape de fusion peut comprendre la fusion d'un alliage en acier, dont la matière première est de fer gueuse, de la ferraille, ou un mélange de fer gueuse et de ferraille. L'étape de fusion peut être réalisée dans un

10 convertisseur LD ou dans un four électrique à arc.

Le procédé peut comprendre, après l'étape de fusion, une étape de raffinage secondaire dans un four poche, où sont réalisés des ajustements de la composition chimique de l'alliage métallique, et un traitement au calcium-silicium.

15 Le procédé peut comprendre, après l'étape d'affinage secondaire, une étape de dégazéification sous vide. L'étape de lingotage peut être conventionnelle ou bien continue. Dans ce cas, le lingotage peut être réalisé à l'aide de bobines d'agitation électromagnétique. Si le lingotage est

20 conventionnel, il peut être nécessaire de transformer les lingots en des barres ligotées de profil arrondi, avant la soumission du matériel à l'étape suivante de production.

L'étape de réchauffage peut être réalisée dans un four de réchauffage à des températures entre 1100 et 1300 °C, ou

25 entre 1000 et 1200 °C.

L'étape de perforation des blocs peut être réalisée, en utilisant un laminoir perceur à chaud de blocs à rouleaux en biais, au moyen d'une presse de perforation ou un procédé combiné de presse de perforation et de laminage.

30 Après cette étape de perforation, a lieu l'allongement du bloc perforé, réalisé par un laminoir du genre Pilger, ou du genre à Mandrin, ou du genre MPM, ou du genre PQF, ou du

genre Assel ou par une presse d'extrusion. Après l'allongement, il peut être prévu, en fonction de l'installation industrielle, une étape de réchauffage des loupes à des températures entre 880 et 980 °C, avant la
5 réalisation de l'étape de finition des loupes, qui les transformera en des tubes sans soudure. Cette finition des loupes peut être réalisée en mettant en oeuvre des outillages du genre laminoir finisseur, ou laminoir réducteur, ou bien laminoir étireur-réducteur ou laminoir
10 du genre Reeler, ce dernier en cas d'utilisation du laminoir du genre Mandrin pour l'étirage des blocs perforés.

À l'issue du procédé de production des tubes sans soudure, ces tubes peuvent additionnellement être soumis à
15 des traitements thermiques de normalisation, ou trempe et de revenu dans des fours appropriés à chaque genre de traitement, avant l'envoi vers l'étape de forgeage, lorsque les tubes sans soudure deviendront des tronçons de tube d'essieu.

20 Après l'étape de forgeage, les tronçons de tube d'essieu peuvent être normalisés au moins dans ses régions forgées, dans un four de réchauffage, dans lequel les tronçons de tube d'essieu sont soumis à des températures entre 880 et 950 °C au moins 10 minutes, et ensuite les
25 tronçons de tube d'essieu sont soumis à un refroidissement à l'air.

Après l'étape de forgeage, les tronçons de tube d'essieu peuvent être trempés au moins dans ses régions forgées, avec un refroidissement accéléré des tronçons de
30 tube d'essieu réalisé à l'eau.

Après l'étape de forgeage, les tronçons de tube d'essieu peuvent être trempés au moins dans ses régions

forgées, avec un refroidissement accéléré des tronçons de tube d'essieu réalisé à l'huile.

Après la trempe, les tronçons de tube d'essieu peuvent être revenus au moins dans ses régions forgées, lesquels
5 sont envoyés vers un four de réchauffage, où ils sont soumis à des températures entre 400 et 700 °C au moins 10 minutes, et ensuite les tronçons de tube d'essieu sont soumis à un refroidissement à l'air.

Après l'étape de forgeage, les tronçons de tube
10 d'essieu peuvent être redressés à chaud en machine à corroyer rotative et sont envoyés vers un lit de refroidissement. Avant l'étape de forgeage, on peut réaliser une étape d'écrasement, dans laquelle les tronçons de tube d'essieu sont réchauffés dans un four d'induction
15 dans la région où l'épaisseur sera augmentée, et ensuite on applique une force longitudinale de compression à travers l'avancement d'un cylindre d'écrasement au sens opposé à celui de déplacement du morceau de tube d'essieu.

Le procédé peut comprendre, avant l'étape de forgeage,
20 une étape d'inspection ultrasonique par des essais non destructifs de dimensions et des discontinuités superficielles par l'ultrason avec des faisceaux soniques d'angle fixe, ou variable, avec des courants parasites, ou avec des particules magnétiques.

25 Alternativement, le procédé peut comprendre, avant l'étape de forgeage, une étape de finition interne des tubes sans soudure. Cette étape de finition peut comprendre l'usinage sur toute la surface interne du tube sans soudure. Après l'usinage, on peut réaliser la rectification
30 de la surface interne du tube sans soudure, ou le galetage de la surface interne du tube sans soudure.

La dernière étape de finition du tronçon de tube d'essieu comprend l'usinage interne du trou d'inspection, l'usinage des chanfreins à l'arête du diamètre interne des trous d'inspection, et l'usinage d'au moins deux trous
5 filetés et d'une entaille lisse à l'entrée de chaque trou fileté. La dernière étape de finition peut comprendre encore un jet de la surface interne du tronçon de tube d'essieu et le redressage du morceau de tube d'essieu.

Alternativement, le procédé comprend, après la
10 dernière étape de finition, une étape de traitement thermique partiel de trempe et de revenu d'au moins une extrémité du tronçon de tube d'essieu, et/ou une étape d'inspection finale de défauts superficiels du tronçon de tube d'essieu par ultrason à faisceau sonique d'angle
15 variable et par particules magnétiques.

Le forgeage peut être réalisé au moyen de matrice à ouverture variable, un cylindre auxiliaire d'écrasement et manipulateur, lesquels sont commandés par contrôle numérique d'ordinateur.

20 L'essieu forgé de tube en acier sans soudure pour des véhicules de chemin de fer peut être produit par le procédé décrit.

L'essieu peut comprendre un acier, comprenant de 0,22 à 0,42 % en masse de carbone; de 1,10 à 1,70 % en masse de
25 manganèse, l'acier a une limite élastique minimum de 520 MPa, une limite de résistance à la rupture minimum de 750 MPa et allongement minimum de 16 %.

L'annexe montre un tableau contenant une catégorie de valeurs de la composition chimique du matériau utilisé par la fabrication d'essieu tubulaire sans soudure. Il montre aussi un fluxogramme d'une modalité du procédé de fabrication d'essieu de chemin de fer tubulaire.

La figure 1 représente une vue latérale d'une modalité de l'essieu de chemin de fer tubulaire.

La figure 2 représente une vue en coupe axiale d'une modalité de l'essieu de chemin de fer tubulaire.

La figure 3 représente une vue partielle de la figure 2.

La figure 4 représente une vue de face de l'essieu de chemin de fer tubulaire.

Le flux gramme de l'annexe et les figures 1 et 2 illustrent une modalité de l'essieu forgé de tube sans soudure pour des véhicules de chemin de fer. Les principales sections de l'essieu tubulaire sont la manchette ou le siège du palier 1, le raccordement 2, le siège de la roue 3 et le corps 4. La figure 2 montre que l'épaisseur de paroi des sections respectives peut varier.

L'extrémité de l'essieu de chemin de fer tubulaire est montrée en détail à la figure 3. L'essieu présente de préférence trois trous taraudés 5 et une entaille 6 à chaque extrémité pour la fixation des couvercles des roulements et un chanfrein 7 d'angle 8 pour le maintien de l'essieu entre des supports coniques. La surface interne 9 de l'extrémité peut être utilisée pour le couplage de sondes d'inspection par l'ultrason pour l'inspection du palier 1, du raccordement 2 et, en certains cas, d'une partie du siège de roue 3. La surface interne 10 du corps 4 peut être utilisée pour le couplage de sondes d'inspection par ultrason du siège de roue 3 et du corps 4.

À la figure 4, sont visibles les trois trous taraudés 5, l'entaille 6 et le chanfrein 7 pour le support entre les bouts coniques.

Les essieux forgés de tube sans soudure présentent un format, comme montré sur les figures, à épaisseur variable, c'est-à-dire, à distribution de matière variable sur la longueur, de façon à offrir une plus grande robustesse et une résistance à la fatigue seulement sur les points où la plus grande contrainte est exigée de l'essieu.

10 Cependant, l'essieu forgé de tube sans soudure a une performance supérieure aux essieux de format semblable car il est constitué en une matière à propriétés physiques supérieures qui sont encore améliorées par le procédé de fabrication de ces essieux. La composition de l'essieu
15 forgé de tube sans soudure, et aussi son procédé de fabrication permettent que les propriétés de matière soient spécifiées de façon adéquate pour compenser les variations de charge auxquelles l'essieu est soumis.

Les propriétés chimiques, mécaniques et métallurgiques
20 considérées visant l'adaptation du matériel à l'application sont: la composition chimique, la résistance mécanique (la limite élastique, la résistance à la rupture, la limite de fatigue, l'allongement, la striction, de la dureté) et la microstructure (des phases et des constituants, la taille
25 du grain). La plus grande de ces propriétés est en relation et associée aux caractéristiques spécifiques des procédés de fabrication de tubes en acier sans soudure laminés à chaud, forgeage à chaud et des traitements thermiques.

Une composition chimique a été développée pour
30 l'alliage métallique en acier composant l'essieu de tube sans soudure, qui comprend de 0,22 à 0,42 % en masse de carbone et de 1,10 à 1,70 % en masse de manganèse, mais le

matériel d'alliage métallique a une limite élastique minimum de 520 MP, une limite de résistance à la rupture minimum de 750 Mpa et l'allongement minimum de 16 %.

La composition peut comprendre encore des teneurs basses de molybdène, aluminium, niobium et vanadium. Par exemple, l'alliage métallique peut comprendre 0,10 à 0,45 % en masse d'aluminium et/ou de 0,10 à 0,35 % en masse de silicium et/ou de 0,10 à 0,30 % en masse de molybdène et/ou de 0,010 à 0,050 % en masse de niobium, et/ou de 0,05 à 0,27 % en masse de vanadium.

L'alliage métallique peut comprendre jusqu'à 0,020 % en masse de soufre et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de phosphore, ou encore de préférence jusqu'à 0,010 % en masse de phosphore et/ou jusqu'à 0,010 % en masse de soufre.

L'alliage métallique de l'essieu tubulaire peut comprendre de 0,22 à 0,32 % en masse de carbone, de 1,10 à 1,40 % en masse de manganèse, et/ou jusqu'à 0,020 %, en masse de phosphore, et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de soufre, et/ou de 0,10 à 0,35 % en masse de silicium, et/ou de 0,10 à 0,30 % en masse de molybdène, et/ou de 0,10 à 0,45 % en masse d'aluminium, et/ou de 0,010 à 0,050 % en masse de niobium, et/ou de 0,05 à 0,27 % en masse de vanadium.

L'alliage métallique de l'essieu tubulaire peut comprendre de 0,32 à 0,42 % en masse de carbone, de 1,40 à 1,70 % en masse de manganèse, et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de phosphore, et/ou jusqu'à 0,020 % en masse de soufre, et/ou de 0,10 à 0,35 % en masse de silicium, et/ou de 0,10 à 0,30 % en masse de molybdène, et/ou de 0,10 à 0,45 % en masse d'aluminium, et/ou de 0,010 à 0,050 % en masse de niobium, et/ou de 0,05 à 0,27 % en masse de vanadium.

La matière première de l'alliage métallique en acier est de fer gueuse, ou de ferraille, ou encore un mélange en n'importe quel rapport de fer gueuse et de ferraille.

Le tableau montré dans l'Annexe contient des valeurs
5 de composants de la composition chimique du produit.

Le manganèse étant un élément de substitution en solution solide procure une augmentation de résistance au fur et à mesure qu'on l'a ajouté.

Des éléments d'interstice, comme le carbone et
10 l'azote, doivent être réduits, dans le but de maximiser la teneur en manganèse en solution solide et ainsi d'améliorer la résistance mécanique. Dans ce sens, des éléments comme l'aluminium, dont le rôle principal est la désoxydation, mais aussi la résistance, le niobium et le molybdène,
15 procurent l'élimination des éléments d'interstice de la matrice, réduisant la formation de carbures de manganèse. La teneur en carbone, cependant, ne doit pas être très basse pour assurer la résistance mécanique nécessaire à son utilisation conjointement aux autres éléments et pour ne
20 pas compromettre la trempe, car le manganèse réduit aussi la température de formation de la martensite, ce qui d'autre part est partiellement compensé par l'aluminium.

Des éléments, comme le soufre et le phosphore doivent être les plus réduits possibles, car ils sont associés à
25 des microinclusions et à des microsegrégations, des facteurs qui réduisent la résistance à la fatigue du matériel. D'autres éléments comme le silicium et d'autres déjà nommés (C, Mo, Nb) contribuent à l'augmentation de la résistance mécanique par des mécanismes de durcissement
30 divers comme la solution solide, la précipitation des carbures et l'affinage des grains.

Le tableau 2 suivant montre comparativement les résultats des essais de traction et les exigences de taille de grain selon les standards ASTM EL12 réalisés avec plusieurs compositions d'alliage métallique employées dans la fabrication d'essieux de chemin de fer, selon les standards M-101 de la AAR.

Tableau 2 - des résultats des essais de traction et des conditions de taille de grain, selon les standards ASTM EL 12.

Matière (Traitement chaud)	à	limite élastique (MPa)	Résistance à la rupture (MPa)	Allongement (%)	Taille du grain
AAR - Degré F (Doublement normalisé et trempé)	F	345	610	22	> 5
AAR - Degré G (Refroidi brusquement ("quentched") et trempé)	G	380	620	20	> 5
AAR - Degré H (Normalisé, refroidi brusquement ("quentched") et trempé)	H	520	790	16	> 5
Composition de la présente invention		610	840	17	7-9

10

Compte tenu des différentes propriétés physiques que chacun de ces éléments chimiques apporte au matériau en alliage d'acier, on peut régler la composition chimique de ce matériau, en fonction des propriétés que l'essieu tubulaire doit avoir, en fonction de l'application spécifique dans laquelle il sera utilisé. Compte tenu de ce que les diverses étapes du procédé sont déjà contrôlées du point de vue numérique et aussi électroniquement, par

15

ordinateur, il est possible de configurer ce procédé pour avoir les essieux à la composition chimique désirée.

Avec l'aide du fluxogramme de l'Annexe, les principales étapes des modalités du procédé de fabrication de l'essieu, seront présentées ensuite. L'acier utilisé dans ce produit peut être produit par la mise en oeuvre d'un convertisseur LD ou d'un four électrique à arc EAF, d'après le mélange de fer gueuse et de ferraille en n'importe quel rapport. L'étape initiale du procédé concernant la fusion de l'alliage métallique est réalisée dans le convertisseur LD ou dans le four électrique à arc, quand on produit de l'acier coulé utilisé dans le procédé. Le convertisseur LD doit être équipé à soufflage immergé permettant l'emploi d'argon et d'azote pendant tout le traitement. Cette étape doit être surveillée totalement par ordinateur avec des modèles statiques et dynamiques, issus du développement propre. Le contrôle automatique de la température pendant le soufflage et le calcul de l'ajout d'alliage font partie de ce système. Cette méthode assure les basses teneurs nécessaires de phosphore et de soufre.

Ensuite, l'acier peut être sujet à l'affinage secondaire dans un four, où l'on fait des réglages de la composition chimique, et aussi le traitement métallurgique au calcium-silicium. L'ajout d'alliages, le traitement au calcium-silicium, le soufflage de l'argon et les prélèvements d'échantillons doivent être réalisés dans cet outillage, de préférence d'une façon automatisée. Par ce procédé on assure la production de l'acier en une étroite plage de composition ayant pour but le respect de la qualité du produit. Par le résultat du soufflage du gaz inerte et de l'emploi des laitiers synthétiques, la teneur du soufre peut arriver à des niveaux très bas. L'affinage

secondaire dans le four améliore aussi la micropureté, c'est-à-dire, la plus petite quantité et la plus petite taille d'inclusions, et permet une meilleure distribution des composants d'alliage et un meilleur réglage de la
5 température de l'acier liquide.

Après la métallurgie secondaire dans ledit four, le matériau peut être dégazé à vide pour minimiser les teneurs de gaz, comme de l'oxygène, de l'azote et de l'hydrogène. Dans cet outillage, on peut obtenir une pression de 2 mbar,
10 et en plus permettre l'injection de l'argon même à vide poussé. Ainsi, on peut obtenir très facilement un très bas niveau d'hydrogène et d'oxygène.

Dans une modalité, de l'acier est dirigé vers une machine de coulée continue. Cette machine est équipée de
15 bobines d'agitation électromagnétique double, procurant une meilleure qualité du matériau lingoté en ce qui concerne la ségrégation d'éléments et la porosité centrale, ce qui contribue aussi à la résistance à la fatigue du matériau. Dans le cas du lingotage réalisé d'une façon
20 conventionnelle, les lingots peuvent devenir des barres lingotées à profil rond, avant que le matériau soit soumis à l'étape suivante de production.

Les barres produites dans l'aciérie sont coupées en blocs à une longueur convenable, avant qu'elles ne soient
25 employées dans des usines de perforation de blocs.

Avant l'étape de perforation des blocs, le bloc est réchauffé dans un four à des températures entre 1100 et 1300° C, ou encore entre 1000 et 1200° C. Ensuite, on peut réaliser la perforation en utilisant un laminoir
30 perforateur à chaud de blocs à rouleaux en biais, par une presse de perforation ou un procédé combiné de presse de perforation et laminage. Après cette étape de perforation,

le bloc perforé est étiré, ce qui peut être réalisé par un laminoir du genre Pilger, ou du genre à Mandrin, ou du genre MPM, ou du genre PQF, ou du genre Assel ou par une presse d'extrusion. Après l'étirage, il peut être
5 nécessaire, en fonction de l'installation industrielle, de mettre en oeuvre une étape de réchauffage des loupes à des températures entre 880 et 980 °C, avant la réalisation de l'étape de finition des loupes, qui les transformera en des tubes sans soudure. On peut réaliser cette finition des
10 loupes par l'utilisation d'outillages du genre laminoir finisseur, ou laminoir réducteur, ou laminoir d'étirage et de réduction ou bien laminoir du genre Reeler, dans ce dernier cas si on utilise le laminoir genre Mandrin pour l'étirage des blocs perforés.

15 Dans une modalité, les blocs sont laminés par Laminage Automatique (Plug Mill) pour des tubes de diamètre extérieur entre 168,3 et 365,1 mm (6 à 14 pouces).

Au laminage automatique, le bloc est réchauffé dans un four à sole oscillante à des températures entre 1100 et
20 1300 °C, ou encore entre 1000 et 1200 °C. Ensuite, le bloc est soumis à une étape de laminage à chaud, dans laquelle il est perforé dans un laminoir en biais. Après la perforation, on nomme le bloc perforé : loupe, qui est envoyée vers une étape d'étirage par un laminage à chaud à
25 travers le laminoir à mandrins (Plug Mill), depuis lequel on a une épaisseur de paroi assez proche de la spécification pour le produit fini, par le contrôle de l'ouverture des rouleaux, l'ouverture des guides et la position du mandrin.

30 Ensuite, la loupe résultante est soumise à un laminage de finition à chaud dans un laminoir finisseur à polissage

(Reeler Mill) qui réalise le polissage interne et externe du tube sans soudure avec expansion du diamètre extérieur.

À l'issue du procédé de production des tubes sans soudure, ces tubes sont dirigés vers des lits de refroidissement intermédiaires et peuvent suivre plusieurs 5 voies selon l'état de la matière première demandée par le forgeage: laminé, normalisé ou trempé et revenu.

Les tubes sans soudure forgés postérieurement dans l'état laminé sont envoyés vers le plateau de tour à chaud 10 en dégauchisseuse rotative à trois couples de rouleaux et ensuite sont envoyés vers un lit de refroidissement.

Les tubes sans soudure forgés postérieurement dans l'état normalisé restent sur le lit jusqu'au refroidissement, jusqu'à complète transformation, avant le 15 réchauffage de ces tubes dans un four à sole oscillante, à une température de 880 à 950° C. Issues du four, les loupes subissent un retrait de la couche d'oxyde et sont envoyées vers le dégauchissage à chaud.

Les tubes sans soudure forgés postérieurement dans 20 l'état trempé et revenu subissent un traitement sur une ligne construite spécialement à cette fin. La loupe est réausténitisée dans un four à sole oscillante à une température de 880 à 950° C. Après la réausténitisation, la loupe subit un retrait de la souche d'oxyde et est trempée 25 à l'eau. Après la trempe, le matériau est revenu dans un four à sole oscillante, selon le niveau de limite élastique demandé, à un temps de trempage d'au moins 10 minutes. Ensuite, le matériel est dégauchi à chaud.

Après le refroidissement et le dégauchissage, les 30 loupes sont envoyées vers une inspection par essais non destructifs concernant les dimensions et les discontinuités. On mesure et on note l'épaisseur de paroi,

le diamètre extérieur et la longueur de chaque tronçon. On analyse aussi les discontinuités externes et internes, longitudinales, transversales et éventuellement obliques. Les tronçons ayant des écarts au-delà des tolérances sont
5 automatiquement notés pour la mise à part des tronçons ayant l'indication d'écart. On peut procéder à une inspection ultrasonique par des essais non destructifs par ultrasons à faisceaux soniques à angle fixe, ou encore par
10 ultrasons à faisceaux soniques à angle variable, ou à travers des courants parasites, ou encore par des particules magnétiques.

À l'étape suivante d'inspection visuelle et dimensionnelle, les tronçons présentant des discontinuités ou des écarts en dehors des tolérances sont marqués pour la
15 ségrégation des segments présentant de tels écarts. Ensuite, les tronçons sont sciés pour avoir des sous-multiples et ôter des segments déjà marqués pour la ségrégation. Un système de surveillance contrôle et fait enregistrer plusieurs paramètres opérationnels nécessaires
20 pour assurer la qualité du produit pendant tout le parcours entre le réchauffage du bloc et la coupe finale.

En fonction des spécifications de l'essieu pour certaines applications, pour l'enlèvement des éventuelles imperfections géométriques produites dans le procédé de
25 fabrication du tube sans soudure et l'amélioration de la rugosité interne, il peut être nécessaire de réaliser une finition interne usinée dans les loupes, ou bien usinée et rectifiée, ou usinée et brunie par des équipements propres, avant la réduction des bouts par forgeage.

30 Les loupes produites en usine de laminage à chaud, traitées thermiquement ou non, à finition interne ou non, sont envoyées postérieurement vers le forgeage. On peut

réaliser le forgeage avec un outillage à forger à chaud à matrice à ouverture variable, manipulateur du tronçon doté de mouvements de translation et de rotation et du rouleau d'écrasement, tous commandés par contrôle numérique par un ordinateur. On peut mettre en oeuvre un procédé de forgeage avec un autre genre d'outillage, sans les ressources déjà décrites, cependant la finition superficielle et les tolérances dimensionnelles peuvent ne pas être adaptées au produit. On chauffe le bout de la loupe à forger dans un four électrique d'induction, mais on peut le faire dans un four à combustion. À l'instant où la température voulue est obtenue, la loupe est placée dans un manipulateur qui commande des opérations d'avancement et de rotation, tandis que les marteaux à forgeage se sont déplacés radialement à fréquence élevée, dans un parcours variable. La synchronisation de ces mouvements procure la conformation du bout de la loupe, selon le profil dimensionnel spécifié au dessin. On répète le procédé pour l'extrémité opposée de chaque loupe, définissant ainsi une poutre d'essieu forgé d'après un tube sans soudure.

En fonction des spécifications de projet de l'essieu pour des applications déterminées, une augmentation localisée d'épaisseur peut être nécessaire, au delà du résultat de ladite opération de forgeage. Dans ce cas, on réalise une opération d'écrasement avant le forgeage consistant en un réchauffage localisé au four d'induction de la région où l'on veut augmenter l'épaisseur, suivi de l'application d'une force longitudinale de compression par l'avancement du rouleau d'écrasement dans le sens opposé à celui du manipulateur.

Les poutres de l'essieu peuvent suivre différentes voies, selon l'état de fourniture demandé pour le profil:

selon le forgeage ou le traitement thermique, pour le réglage de la microstructure et des propriétés mécaniques, selon les spécifications. Le traitement thermique peut être intégral, c'est-à-dire, sur toute la poutre, ou partiel, 5 tout simplement en une région spécifique, par exemple, les bouts forgés. Dans ce dernier cas, le corps de l'essieu reste aux propriétés mécaniques et à des microstructures des loupes.

Les poutres à l'état forgé sont envoyées directement 10 vers l'usinage. Les poutres subissant un traitement thermique sont envoyées directement vers les fours respectifs : traitement en régions localisées (des fours d'induction ou spécialement conçus à cette fin) et traitement sur le tronçon total (des fours d'induction, des 15 fours continus ou de batelée).

En n'importe quel cas (partiel ou intégral), les traitements peuvent être les mêmes.

Dans le traitement thermique de normalisation, on procède à la réausténitisation à une température entre 880 20 et 950 °C. La durée dans le four dépend de l'épaisseur de la paroi et on la définit de façon à assurer que toute la section transversale dépasse la température d'austénitisation. On fait le refroidissement à l'air immédiatement après le réchauffage.

25 On effectue le revenu à des températures entre 400 et 700 °C. La durée dans le four dépend de l'épaisseur de la paroi et on la définit de façon à assurer que toute la section transversale atteigne une température de revenu. Le refroidissement est réalisé à l'air immédiatement après le 30 réchauffage.

Les poutres qui ont subi un traitement de normalisation et de revenu, dans une région localisée ou en

toute leur longueur, sont soumises aux deux traitements ci-dessus dans cet ordre, tandis que les poutres subissant la normalisation ou le revenu, subissent tout simplement l'un de ces traitements.

5 Les poutres soumises à la trempe et au revenu, après le forgeage, subissent d'abord un traitement thermique de réausténitisation à une température de 880 à 950 °C. Après la réausténitisation, la région de l'essieu soumise au traitement (partiel ou total) subit aussi un retrait de la
10 couche d'oxyde et est encore trempée à l'eau ou à l'huile (fluide de trempe). Après la trempe, le matériau est revenu, selon le niveau de limite élastique demandé, avec un temps de trempage d'au moins 10 minutes.

La microstructure pour la composition chimique mise au
15 point et pour les vitesses de refroidissement typiques, sauf en cas de trempe, est surtout composée de bainite, en plus de la ferrite, de la perlite et éventuellement une petite fraction de martensite.

Pour le matériel trempé et revenu, la microstructure
20 prévue est surtout composée de martensite revenue, pouvant contenir des petites quantités de bainite, de ferrite et de perlite, en fonction de l'épaisseur de paroi.

Après le traitement thermique, les poutres sont soumises aux opérations de finition.

25 En fonction des spécifications de l'essieu, et alternativement aux différentes finitions internes usinées avant le forgeage, on peut utiliser un jet sur les surfaces internes 9 et 10 de l'essieu illustrées à la figure 3, après le forgeage. En plus de l'enlèvement de la couche
30 d'oxydes constituée dans les éventuels traitements thermiques, l'application du jet forme une couche superficielle très épaisse de matériau pas bien cuit

sujette à des tensions résiduelles de compression. Cette couche inhibe la nucléation et la propagation de défauts superficiels comme des brisures contribuant à la résistance à la fatigue de l'essieu.

5 Le dégauchissage est réalisé par un outillage manuel ou automatique afin d'éviter des problèmes de manque de matériau en usinage, de l'excentricité entre les diamètres externe et interne et en conséquence de balourd.

10 On fait l'ablation du matériau par l'usinage sur toute la surface externe afin d'avoir les dimensions spécifiées sur dessin. Il est souhaitable que le centrage au tour soit réalisé d'après la surface externe du tronçon ou non forgé, utilisant une lunette par exemple, car cette surface présente une tolérance de fabrication bien inférieure à
15 celle de la surface interne des extrémités, surtout à cause du forgeage à chaud.

20 Sur la surface interne des extrémités forgées, est réalisée l'ablation du matériau d'usinage, selon les dimensions spécifiées en dessin. Cette région abrite un couvercle et assure le couplage de culasses d'ultrasons pour l'inspection du siège d'essieu 1 sous le siège de roulement et le rayon de transition vers le raccordement 2 de la figure 1. L'inspection par la surface interne assure une incidence directe (sans réflexion) et un bref parcours
25 du faisceau sonore, surtout dans la région du siège d'essieu, très souvent sujette à des dommages concernant le roulement. Cela facilite la détection de discontinuités à des états naissants qu'on ne détecte pas par des méthodes habituelles.

30 En plus de ces régions, d'autres parties de l'essieu peuvent être inspectées à partir de la surface interne comme le siège de roues et le corps de l'essieu, par

l'enlèvement du couvercle et l'enfoncement d'une sonde à une culasse d'inspection réduit et un moyen de couplage propre (de l'eau, du gel, à laser, etc).

Il est prévu trois trous taraudés 5
5 circonférentiellement équidistants à chaque extrémité pour la fixation des vis des couvercles des roulements, la position et le diamètre de ces trous étant standardisés.

Afin d'établir la fixation et la centralisation de l'essieu entre des extrémités dans un tour, un chanfrein 7
10 a été produit à l'arête du diamètre interne des extrémités, dont l'angle total 10 est le même sur la butée du tour. Le diamètre de la contre-extrémité est en accord au diamètre interne des extrémités de l'essieu tubulaire, car ce diamètre est plus grand que celui normalement établi en
15 norme pour l'essieu massif équivalent, comme la norme de Association Américaine de Chemin de fer, ou "American Association of Railroads"- AAR.

Comme le diamètre interne du trou de l'extrémité n'est pas suffisant pour éviter l'interférence du chanfrein 7
20 avec les trous taraudés 5 on a réalisé une entaille lisse 6 au début de chaque trou taraudé 5. Cela permet l'utilisation de couvercles standardisés existants et assure l'interchangeabilité de ces essieux.

La finition spécifiée à des surfaces déterminées est
25 réalisée à l'état brut ou usiné, mas il y a des régions à rectifier, telles que les rayons de transition du siège d'essieux et du raccordement, afin d'atténuer la concentration de contraintes, réduire la taille et la fréquence des discontinuités et améliorer la résistance à
30 la fatigue.

Le siège de l'essieu et/ou le siège de roues peuvent être trempés localement à l'aide de four d'induction pour

le réchauffage et l'arrosage d'eau pour le refroidissement accéléré. Cette technique (déjà utilisée dans les sièges d'essieux de roues) augmente significativement la dureté et la résistance mécanique d'une couche superficielle par la modification de la microstructure de l'acier, devenant
5 surtout martensitique. Ces propriétés augmentent la résistance à la rupture et au *fretting*, des phénomènes présents dans ces régions et en général associés aux défauts des essieux de chemin de fer. En conséquence de la
10 trempe, la région trempée est revenue.

Le procédé est capable de minimiser le gaspillage de matière première, réduisant encore les frais de fabrication de l'essieu tubulaire.

Le procédé est capable de fournir des essieux de
15 chemin de fer de masse à peu près 40 % plus faible que celle des essieux produits à partir des barres massives. En même temps, grâce à la composition spécifique de l'alliage métallique utilisé pour la fabrication de cet essieu, améliorée par les particularités du procédé de fabrication
20 de ces essieux, l'essieu tubulaire présente une plus grande résistance mécanique et à la rupture, présentant une faible masse et par conséquent une efficace énergétique optimisée.

L'utilisation d'outillages d'inspection de la qualité de l'essieu et de détection d'irrégularités superficielles
25 de l'essieu permet un contrôle bien plus précis de la qualité des pièces produites, rendant possible une marge de fautes et de production de tubes à défauts très réduite, et que certains défauts présents dans quelques essieux-tubes soient corrigés et/ou éliminés pendant ce procédé de
30 fabrication. Cet effet est aussi atteint par l'usage du contrôle statistique par ordinateur de quelques étapes du procédé, procurant plus de précision au procédé, réduisant

la quantité de défauts dans les tubes et la variabilité de propriétés mécaniques et microstructurales du produit.

Compte tenu des différentes étapes possibles du procédé, par exemple, avant le forgeage, ou lors des étapes
5 de finition de l'essieu, on peut produire par le procédé, des essieux à propriétés physiques qui peuvent être plus conformes aux conditions d'application aux transports de chemin de fer. Ajoutant les avantages apportés par le matériau utilisé dans la constitution des essieux
10 tubulaires aux avantages du procédé de fabrication utilisé, on peut atteindre les objectifs voulus, produisant des essieux tubulaires à très bas coût, mais à une meilleure résistance mécanique et à la rupture, et à un gaspillage de matériel réduit.

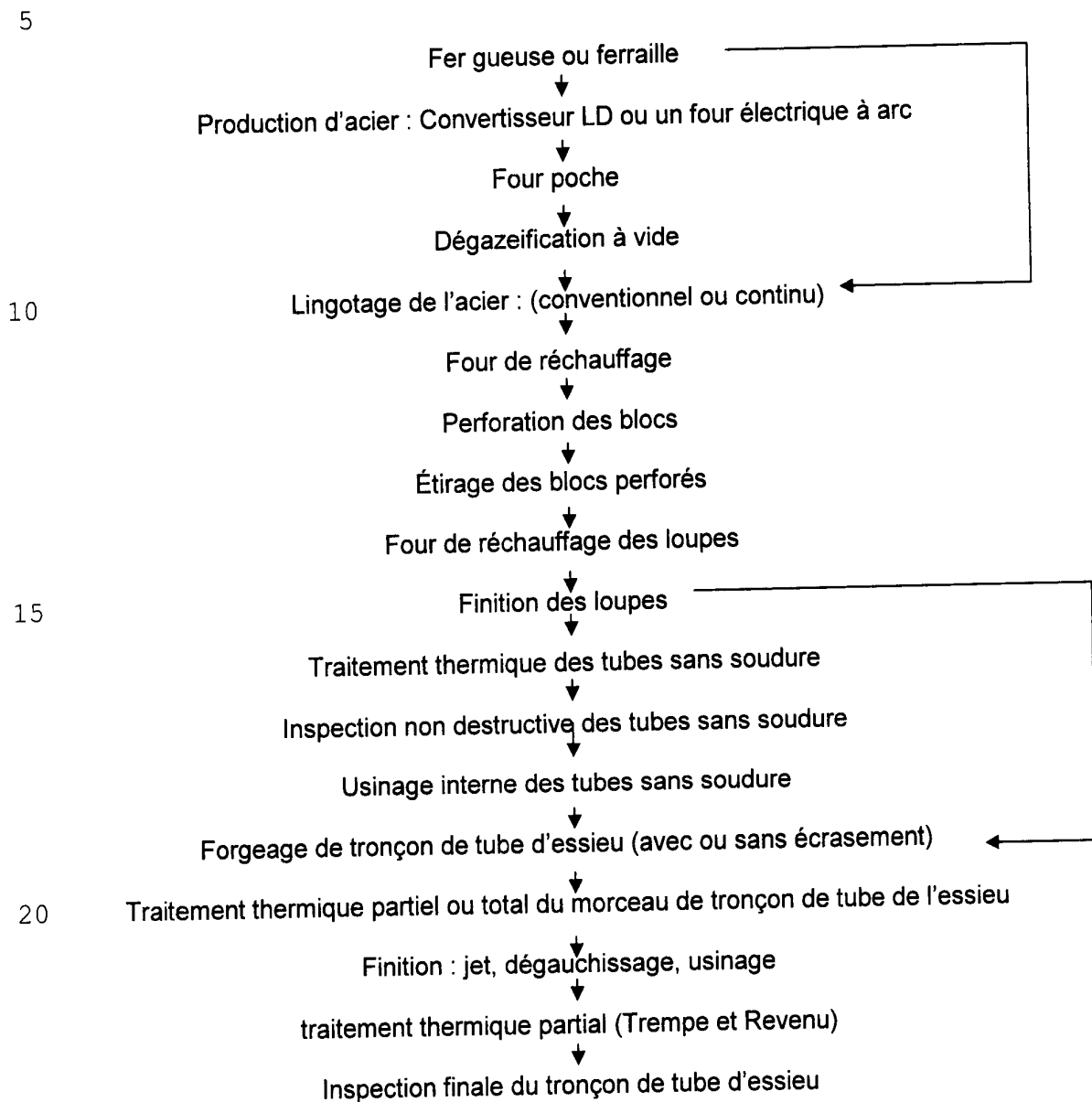
15

ANNEXE

Tableau

	C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Si (%)	Mo (%)	Al (%)	Nb (%)	V (%)
Min	0,22	1,10	-	-	0,10	0,10	0,10	0,010	0,05
Max	0,42	1,70	0,010	0,010	0,35	0,30	0,45	0,050	0,27

Fluxogramme



REVENDEICATIONS

1. Essieu forgé de tube sans soudure pour des véhicule
de chemin de fer, caractérisé en ce qu'il comprend un
5 alliage métallique en acier comprenant de 0,22 à 0,42 % en
masse de carbone; de 1,10 à 1,70 % en masse de manganèse,
ayant le matériel en alliage métallique, une limite
élastique minimum de 520 MPa, une limite de résistance à la
rupture minimum de 750 MPa et un allongement minimum de 16
10 %.

2. Essieu selon la revendication 1, caractérisé en ce
que l'alliage métallique comprend jusqu'à 0,020 % en masse
de soufre, jusqu'à 0,020 % en masse de phosphore, de 0,10 à
0,45 % en masse d'aluminium, de 0,10 à 0,35 % en masse de
15 silicium, de 0,10 à 0,30 % en masse de molybdène, de 0,010
à 0,050 % en masse de niobium, et/ou de 0,05 à 0,27 % en
masse de vanadium .

3. Essieu, selon la revendication 1 ou 2, caractérisé
en ce que l'alliage métallique comprend de 0,22 à 0,32 % en
20 masse de carbone; de 1,10 à 1,40 % en masse de manganèse.

4. Essieu selon la revendication 1 ou 2, caractérisé
en ce que l'alliage métallique comprend de 0,32 à 0,42 %
en masse de carbone; de 1,40 à 1,70 % en masse de
manganèse.

25 5. Essieu, selon l'une quelconque des revendications 1
à 4, caractérisé en ce que l'alliage métallique comprend
jusqu'à 0,010 en masse de phosphore et/ou jusqu'à 0,010 %
en masse de soufre.

30 6. Procédé pour la fabrication d'un tube d'essieu
forgé selon la revendication 1, à partir d'un tube en acier
sans soudure pour des véhicules de chemin de fer,
caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- fusion d'un matériau métallique, résultant de matériel en alliage métallique en acier;

- lingotage du matériel en fusion, formant des barres coulées coupées en blocs;

5 - réchauffage des blocs dans un four de réchauffage;

- perforation des blocs;

- étirage des blocs perforés constituant des loupes;

- retouche des loupes devenues des tubes sans soudure;

10 - forgeage à chaud des tubes sans soudure, devenus des pièces de tube de l'essieu, aussi connues sous le nom d'essieux tubulaires.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend, après l'étape de fusion, une étape d'affinage secondaire dans un four poche, où sont réalisés
15 des ajustements de la composition chimique de l'alliage métallique, et un traitement métallurgique au calcium-silicium.

8. Procédé, selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comprend, après l'étape d'affinage
20 secondaire, une étape de dégazéification à vide.

9. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que l'étape de lingotage est conventionnelle formant des lingots, et on lamine les lingots pour former des barres lingotées à profil rond.

25 10. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce qu'on réalise l'étirage du bloc perforé et le transforme en une loupe utilisant un laminoir à chaud.

30 11. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, caractérisé en ce qu'on réalise un réchauffage de la loupe entre 820 et 980 °C, avant l'étape de finition des loupes.

12. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, caractérisé en ce que, après la finition des loupes, les tronçons de tube de l'essieu, encore sous la forme de tubes sans soudure, sont soumis à un lit de 5 refroidissement.

13. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, caractérisé en ce que, avant l'étape de forgeage, les tronçons de tube de l'essieu, encore sous la forme de tubes sans soudure, sont normalisés dans un four de 10 réchauffage, dans lequel les tronçons de l'essieu sont maintenus à des températures entre 880 et 950 °C au moins 10 minutes et ensuite les tronçons de tube de l'essieu sont soumis à un refroidissement à l'air.

14. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 15 6 à 13, caractérisé en ce que, avant l'étape de forgeage, les tronçons de tube de l'essieu, encore sous la forme de tubes sans soudure, sont trempés et le refroidissement accéléré des tronçons de tube de l'essieu est réalisé à l'eau.

20 15. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 14, caractérisé en ce que, avant l'étape de forgeage, les tronçons de tube de l'essieu, encore sous la forme de tubes sans soudure, sont trempés et le refroidissement accéléré des tronçons de tube de l'essieu est réalisé à 25 l'huile.

16. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 15, caractérisé en ce que les tronçons de tube de l'essieu, encore sous la forme de tubes sans soudure, sont revenus dans un four de réchauffage, où ils sont soumis à 30 des températures entre 400 et 700 °C au moins 10 minutes, et ensuite les tronçons de tube de l'essieu sont soumis à un refroidissement à l'air.

17. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 16, caractérisé en ce qu'il comprend, avant l'étape de forgeage, une étape de finition, comprenant l'usinage sur toute la surface interne des tronçons de tube de l'essieu, encore sous la forme de tube sans soudure.

18. Procédé, selon la revendication 17, caractérisé en ce que, après l'usinage, on réalise la rectification de la surface interne du tronçon de tube de l'essieu, encore sous la forme de tube sans soudure.

19. Procédé, selon la revendication 17, caractérisé en ce que, après l'usinage, on réalise le polissage de la surface interne du tronçon de tube de l'essieu, encore sous la forme de tube sans soudure.

20. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 19, caractérisé en ce que, avant l'étape de forgeage, on réalise une étape d'écrasement, où les tronçons de tube de l'essieu, encore sous la forme de tube sans soudure, sont réchauffés dans un four d'induction dans la région où l'épaisseur sera augmentée, et ensuite on met en oeuvre une force longitudinale de compression par l'avancée d'un rouleau d'écrasement au sens opposé au déplacement du tronçon de tube de l'essieu.

21. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 20, caractérisé en ce qu'on normalise tout le tronçon de tube de l'essieu, après le forgeage, dans un four de réchauffage à des températures entre 880 et 950 °C au moins 10 minutes et on refroidit à l'air.

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 21, caractérisé en ce qu'on réalise le revenu tout le morceau de tube de l'essieu, après le forgeage, dans un four de réchauffage à des températures entre 400 et 700 °C au moins 10 minutes et du refroidissement à l'air.

23. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 21, caractérisé en ce que tout le tronçon de tube de l'essieu est trempé, après le forgeage, en utilisant pour l'austénitisation un four de réchauffage à des températures entre 880 et 950 °C au moins 10 minutes et la trempe à un refroidissement accéléré à l'eau, et en ce qu'on réalise le revenu dans un four de réchauffage à des températures entre 400 et 700 °C au moins 10 minutes et un refroidissement à l'air

10 24. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 21, caractérisé en ce qu'on normalise partiellement le tronçon de tube de l'essieu, de préférence les régions forgées, dans un four de réchauffage à des températures entre 880 et 950 °C au moins 10 minutes et un
15 refroidissement à l'air.

25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 21, caractérisé en ce qu'on réalise partiellement un revenu d'un tronçon de tube d'essieu, de préférence les régions forgées, dans un four de réchauffage à des
20 températures entre 400 et 700 °C au moins 10 minutes et un refroidissement à l'air.

26. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 20, caractérisé en ce qu'on trempe partiellement un tronçon de tube de l'essieu, de préférence les régions
25 forgées, utilisant pour l'austénitisation dans un four de réchauffage à des températures entre 880 et 950 °C au moins 10 minutes en ce qu'on trempe à un refroidissement accéléré à l'eau, et en ce qu'on réalise un revenu dans un four de réchauffage à des températures entre 400 et 700 °C au moins
30 10 minutes, et un refroidissement à l'air.

27. Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 26, caractérisé en ce que l'étape de finition comprend

l'utilisation d'un jet de la surface interne du tronçon de tube de l'essieu.

28 Procédé, selon l'une quelconque des revendications 6 à 27, caractérisé en ce qu'il comprend, après l'étape de finition, une étape de traitement thermique partiel de trempe et du revenu.

29. Essieu forgé de tube en acier sans soudure pour véhicules de chemin de fer, caractérisé en ce qu'il est fabriqué par un procédé, selon l'une des revendications 6 à 28.

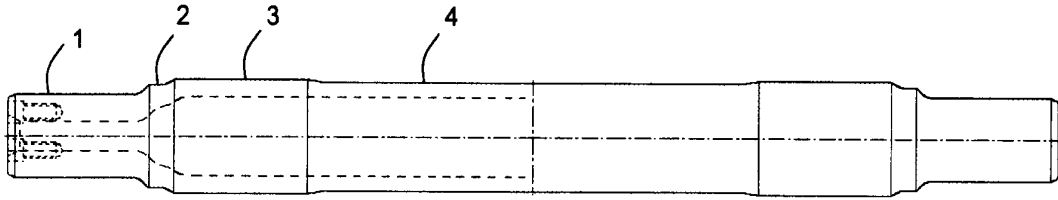


Figure 1

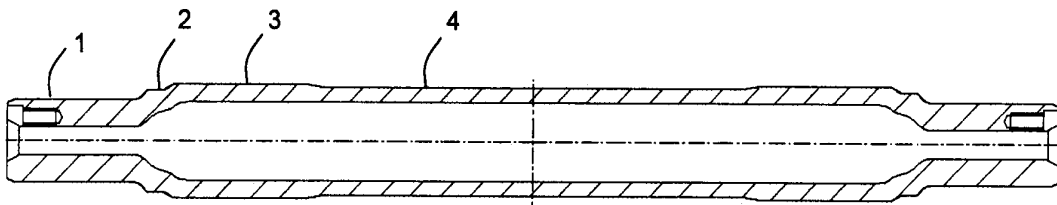


Figure 2

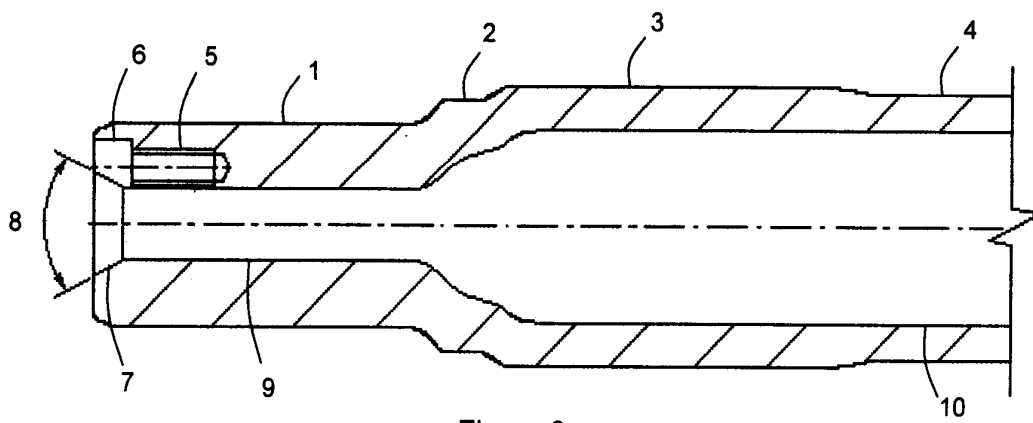


Figure 3

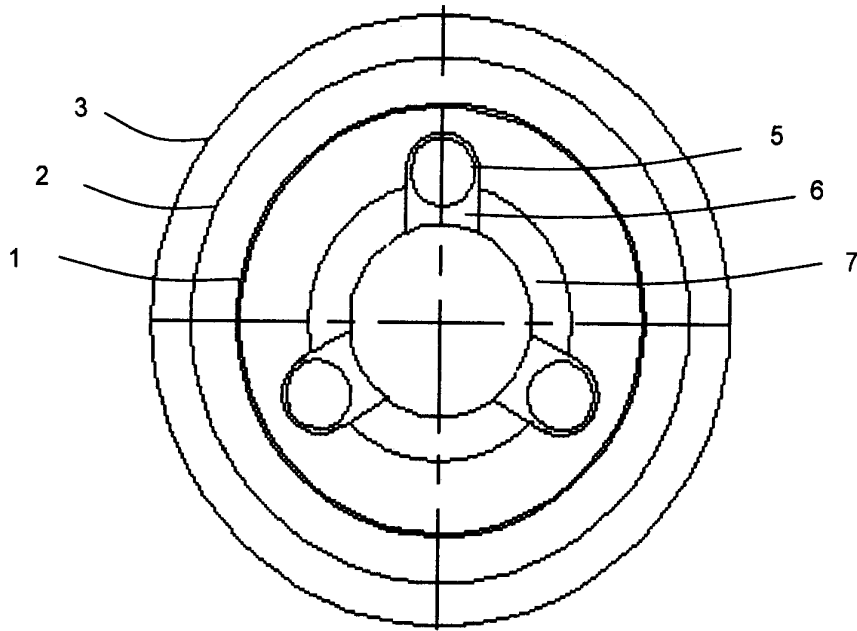


Figure 4



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE PARTIEL**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 703858
FR 0800371

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	EP 0 044 783 A (FRANCAIS ACIERS SPECIAUX [FR]) 27 janvier 1982 (1982-01-27)	1,3,4	B21K7/00 B60B35/00
A	* revendications 1-11; tableaux IV, 3ème, cas *	6	
Y	EP 0 052 308 A (THYSSEN INDUSTRIE [DE]) 26 mai 1982 (1982-05-26)	1,3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B21K B60B C21D
	* revendications 1-3 *		
Y	US 4 895 700 A (DAVISON KENT E [US] ET AL) 23 janvier 1990 (1990-01-23)	1,4	
	* revendications 1-4 *		
A	US 2 829 431 A (BRAUCHLER CHARLES A) 8 avril 1958 (1958-04-08)	6	
	* le document en entier *		
A	WO 2007/065235 A (V & M DO BRASIL S A [BR]; FARIA ANTUNES RONALDO [BR]; FILHO JOSE ANTON) 14 juin 2007 (2007-06-14)	1	
	* le document en entier *		
A	LU 28 229 A (ALLMÄNNA SVENSKA ELEKTRISKA AKTIEBOLAGET) 3 février 1947 (1947-02-03)	6	
	* le document en entier *		
A	US 2 313 116 A (BABCOCK DONALD E) 9 mars 1943 (1943-03-09)	1,6	
	* le document en entier *		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 septembre 2008		Ritter, Florian	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0800371 FA 703858**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 16-09-2008

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0044783	A	27-01-1982	AU 555552 B2 02-10-1986
			BR 8104551 A 06-04-1982
			CA 1170024 A1 03-07-1984
			DD 201981 A5 24-08-1983
			DE 3160703 D1 01-09-1983
			ES 8300530 A1 01-02-1983
			FR 2487232 A1 29-01-1982
			HU 189985 B 28-08-1986
			JP 57052543 A 29-03-1982
			MX 155937 A 25-05-1988
			PL 232305 A1 15-03-1982
			ZA 8104381 A 28-07-1982
EP 0052308	A	26-05-1982	DE 3043439 A1 03-06-1982
US 4895700	A	23-01-1990	AUCUN
US 2829431	A	08-04-1958	AUCUN
WO 2007065235	A	14-06-2007	BR PI0505962 A 02-10-2007
LU 28229	A		AUCUN
US 2313116	A	09-03-1943	AUCUN

**RECHERCHE INCOMPLÈTE
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE C**

Numéro de la demande

FA 703858
FR 0800371

Certaines revendications n'ont pas fait l'objet d'une recherche parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier:

Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches:

29

Raison pour la limitation de la recherche:

Certaines revendications n'ont pas fait l'objet d'une recherche parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier:

L'objet de la revendication 29 n'est pas clair. Cette revendication définit un essieu forgé de tube à travers de son procédé de fabrication, mais ne contient pas une seule caractéristique substantielle de l'essieu. Il est donc impossible d'effectuer une recherche pour l'objet de cette revendication.