



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1997/03/27

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1997/09/29

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2005/07/26

(30) Priorité/Priority: 1996/03/29 (96 03942) FR

(51) Cl.Int.⁶/Int.Cl.⁶ B60B 17/00

(72) Inventeurs/Inventors:

BROUKE, JACQUES, FR;
DEMILLY, FRANCOIS, FR;
CATOT, BERNARD, FR;
GABORIT, GERVAIS, FR

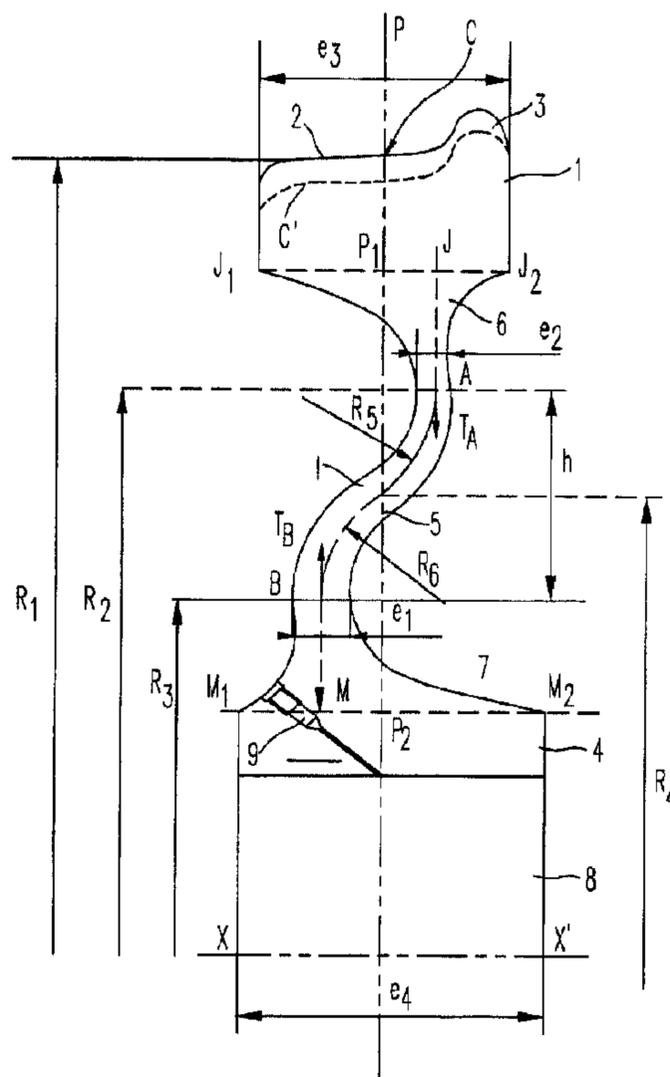
(73) Propriétaire/Owner:

VALDUNES, FR

(74) Agent: OGILVY RENAULT LLP/S.E.N.C.R.L.,S.R.L.

(54) Titre : ROUE DE CHEMIN DE FER A FAIBLE DEJETTEMENT EN ACIER

(54) Title: LOW-WARP TRAIN WHEEL



(57) Abrégé/Abstract:

Roue de chemin de fer de révolution autour d'un axe XX' perpendiculaire à un plan médian P, du type comprenant une jante (1) comportant une surface de roulement (2) et un boudin (3), un moyeu (4), une toile (5), une zone de liaison de la toile avec la jante (6), une zone de liaison de la toile avec le moyeu (7), le section de la toile (5) étant construite le long d'une ligne méridienne AB s'étendant entre un point A situé à la jonction de la toile (5) et de la zone de liaison de la toile avec la jante (6), et un point B situé à la jonction de la toile (5) et de la zone de liaison de la toile avec le moyeu (7), caractérisée en ce que les deux point A et B sont situés de part et d'autre du plan médian P et sont symétriques l'un de l'autre par rapport au point 1 intersection de la ligne méridienne AB et du plan P, le point 1 étant un point d'inflexion pour la courbe AB.

2201251

VAL 96/01

VALDUNES

ROUE DE CHEMIN DE FER A FAIBLE DEJETTEMENT EN ACIER

Abrégé technique de l'invention

Roue de chemin de fer de révolution autour d'un axe XX' perpendiculaire à un plan médian P , du type comprenant une jante (1) comportant une surface de roulement (2) et un boudin (3), un moyeu (4), une toile (5), une zone de liaison de la toile avec la jante (6), une zone de liaison de la toile avec le moyeu (7), la section de la toile (5) étant construite le long d'une ligne méridienne AB s'étendant entre un point A situé à la jonction de la toile (5) et de la zone de liaison de la toile avec la jante (6), et un point B situé à la jonction de la toile (5) et de la zone de liaison de la toile avec le moyeu (7), caractérisée en ce que les deux points A et B sont situés de part et d'autre du plan médian P et sont symétriques l'un de l'autre par rapport au point I intersection de la ligne méridienne AB et du plan P , le point I étant un point d'inflexion pour la courbe AB .

figure 1

ROUE DE CHEMIN DE FER A FAIBLE DEJETTEMENT EN ACIER

La présente invention concerne une roue de chemin de fer présentant un faible déjettement lorsqu'elle est freinée par sabot. Cette roue peut être une roue pour wagon lourdement chargé. Elle peut, également être une roue pour train à grande vitesse pour voyageurs, et en particulier une roue pour train à grande vitesse du type pendulaire pouvant rouler jusqu'à 240 km/h environ.

On connaît de nombreuses roues de chemin de fer constituées d'une jante, d'un moyeu et d'un disque ou toile assurant la liaison entre le moyeu et la jante. Afin d'alléger les roue, ce qui nécessite de minimiser les contraintes engendrées dans la roue notamment par l'échauffement provoqué par les freinages par sabot frottant sur la jante, on donne à la ligne méridienne de la toile une forme curviligne possédant un point d'inflexion à proximité de la jante. C'est en particulier le cas pour la roue de chemin de fer décrite dans la demande de brevet FR 2 687 098.

Les contraintes et les dilatations engendrées dans la roue par les freinages provoquent une déformation de la toile, appelée déjettement, qui modifie la position axiale de la jante par rapport au moyeu, de telle sorte que l'écartement des jantes des deux roues d'un même essieu est soit augmenté, soit réduit, cela dépend de la géométrie de la roue. Lorsque le déjettement conduit à réduire l'écartement des jantes, le passage d'appareils de voie tels que les aiguillages est rendu difficile, ce qui peut conduire à des déraillements si la déformation est trop importante. Aussi, on préfère choisir une géométrie de roue qui tend à écarter les jantes. Cependant, pour ce type de roue, le déjettement tend à faire frotter les boudins sur le flanc des rails, ce qui entraîne une usure supplémentaire. Dans les deux cas, pour éviter les difficultés engendrées par un déjettement trop important, on limite les échauffement en service des roues en limitant la charge par essieu. Cela est particulièrement vrai sur les lignes de chemin de fer dont le profil nécessite des freinages longs. C'est le cas, par exemple, des lignes qui franchissent des cols dans les régions montagneuses.

On distingue le déjettement à chaud existant pendant les périodes de freinage, et le déjettement résiduel après refroidissement de la roue résultant de déformations permanentes engendrées par les échauffements. Le déjettement résiduel, lui aussi, dépend de la géométrie de la roue et doit être minimisé.

La roue décrite dans la demande de brevet FR 2 687 098, de par son dessin, présente un faible déjettement résiduel. Mais elle présente, néanmoins, comme toutes les roues allégées, une sensibilité au déjettement qui limite notablement les conditions d'exploitation qu'on peut lui faire accepter. Ces limitations rendent ces roues inaptes à l'utilisation sur des wagons de fret lourdement chargés, en particulier sur les routes de montagne.

De plus, les échauffements successifs engendrent dans la roue des contraintes résiduelles de traction relativement importantes qui limitent sa tenue en service.

5 Le problème du déjettement, et plus généralement de la stabilité géométrique en service, se pose également pour les roues de trains à grande vitesse pour voyageurs, et plus particulièrement pour les roues destinées aux trains du type pendulaire. En effet, ces trains qui roulent à des vitesses pouvant atteindre, voire dépasser 240 km/h, d'une part, circulent sur des voies banalisées, c'est à dire dont le profile n'est pas tracé spécialement pour permettre la grande vitesse, d'autre part, 10 sont équipés d'un freinage mixte par disques montés sur les essieux et par sabots. Du fait de ces conditions d'exploitation, il est très préférable que les roues aient une toile dont la ligne méridienne est curviligne, afin de leur donner suffisamment d'élasticité radiale et axiale, et pour qu'elles se déforment le moins possible sous l'effet des freinages successifs ou sous l'effet de freinages très importants, en 15 particulier lors d'arrêts d'urgence. Ces conditions sont nécessaires pour assurer la sécurité des train. Cependant, cette élasticité et cette stabilité dimensionnelle ne sont pas suffisants pour ce type de trains. En effet, les efforts aux quels sont soumises les roues peuvent engendrer des ruptures catastrophiques par fatigue, ruptures qui doivent, à tout prix, être évitées, car elles sont très dangereuses, et 20 d'autant plus dangereuses qu'elles se produisent lorsque le train roule vite.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénient en proposant une roue de chemin de fer allégée à faible sensibilité au déjettement aussi bien à chaud que résiduel, dont le niveau des contraintes résiduelles de traction sont très sensiblement réduites, ces roues étant, éventuellement, adaptées 25 aux trains à grande vitesse pour voyageurs du type pendulaire.

A cet effet, l'invention a pour objet une roue de chemin de fer de révolution autour d'un axe XX' perpendiculaire à un plan médian P , du type comprenant une jante comportant une surface de roulement et un boudin, un moyeu, une toile, une zone de liaison de la toile avec la jante, une zone de liaison de la toile avec le 30 moyeu, la section de la toile étant construite le long d'une ligne méridienne AB s'étendant entre un point A situé à la jonction de la toile et de la zone de liaison de la toile avec la jante, et un point B situé à la jonction de la toile et de la zone de liaison de la toile avec le moyeu, les deux point A et B étant situés de part et d'autre du plan médian P et étant symétriques l'un de l'autre par rapport au point I 35 intersection de la ligne méridienne AB et du plan P ; le point I étant un point d'inflexion pour la courbe AB .

De préférence, la distance du point I à l'axe XX' est comprise entre 0,5 et 0,65 fois le rayon extérieur de la roue. Il est également préférable que la tangente T_A à la courbe AB au point A et T_B à la courbe AB au point B soient parallèles au plan P.

L'effet du déjettement à chaud sur la stabilité sur les voies est minimale lorsque le point A est situé du même côté du plan P que le boudin (3).

Afin d'alléger au maximum la roue, il est préférable que, le long de la ligne AB, l'épaisseur e de la toile décroisse régulièrement depuis le point B jusqu'au point A, et que, par exemple, la décroissance soit linéaire en fonction de la distance au point B mesurée le long de la ligne AB. Le rapport de l'épaisseur au point A à l'épaisseur au point B étant, de préférence, compris entre 0,5 et 0,55.

Enfin, il est souhaitable que la roue soit centrée ; la distance du plan P à la face externe du boudin étant comprise entre 70 et 85 mm, environ.

Lorsque la roue est destinée à équiper un train à grande vitesse de type pendulaire pouvant rouler jusqu'à 240 km/h, il est préférable qu'elle soit constituée d'un acier dont la composition chimique comprend, en poids :

	0,470 %	≤	C	≤	0,570 %
	0,600 %	≤	Mn	≤	0,850 %
	0,150 %	≤	Si	≤	0,400 %
			S	≤	0,010 %
20			P	≤	0,020 %
			Ni	≤	0,300 %
			Cr	≤	0,300 %
			Mo	≤	0,080 %
			Cu	≤	0,300 %
25			V	≤	0,050 %
			Al	≤	0,025 %
			Ti	≤	0,070 %
			H	≤	0,0002 %
			O	≤	0,0015 %
30			N	≤	0,0080 %

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, et que, en outre :

- la propreté inclusionnaire, contrôlée par comparaison à des images type selon la norme ASTM E45, soit telle que les cotations A, B, C, D sont inférieures aux valeurs maximales suivantes :

types d'inclusions	A sulfures	B aluminates	C silicates	D oxydes
fins	1,5	1,5	1,5	1,5
épais	1,5	1	1	1,5

la somme des valeurs B+C+D soit inférieure ou égale à 3,

- l'indice ASTM de taille du grain soit supérieur ou égal à 7, au maximum 20 % de grains ayant un indice ASTM égal à 6,

- 5 - la dureté sur la face latérale de la jante soit comprise entre 255 et 321 HB et reste supérieure à 255 HB au moins jusqu'à 35 mm en dessous de la surface de roulement correspondant au dernier profilage,
- les caractéristiques de traction et de résilience soient les suivantes :

	Jante	Toile
Rm	820 /940 MPa	$\delta Rm / jante^* \geq 110$ MPa
Re	≥ 550 MPa	≥ 420 MPa
A %	≥ 14 %	≥ 16 %
Ku à 20 °C	≥ 17 J**	
Kv à - 30 °C	≥ 10 J**	

10 * écart Rm jante -Rm toile

** moyenne de 3 essais

- 15 - le contrôle par ultrasons de toute la plage d'usure de la bande de roulement, effectué conformément à la spécification AAR M107 section 18, ne fasse pas apparaître de défauts équivalents à un trou de 2 mm de diamètre ou plus.

Ces conditions permettent, notamment, d'éviter des ruptures de jantes par fissuration en cours d'exploitation.

20 L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise, mais non limitative, en regard de la figure qui représente une demi section méridienne d'une roue pour train à grande vitesse du type pendulaire.

25 Le principe général qui guide la conception de la géométrie de la roue selon l'invention étant le même qu'il s'agisse d'une roue de wagon ou d'une roue pour train à grande vitesse, on va d'abord décrire le principe général sans référence à l'utilisation, puis on précisera la géométrie d'une roue pour train à grande vitesse du type pendulaire.

La roue de chemin de fer dont la demi section méridienne est représentée à la figure 1 est une pièce de révolution autour d'un axe XX' perpendiculaire à un plan

médian P. La roue comporte à sa périphérie une jante 1 dont la mi-épaisseur se trouve dans le plan P. La jante 1 comporte une surface de roulement 2 et un boudin 3. Dans son axe, la roue comporte un moyeu 4 ayant un alésage axial 8 destiné à recevoir une fusée d'essieu. Une toile 5 assure la liaison entre le moyeu 4 et la jante 5 par l'intermédiaire d'une zone de liaison de la toile avec la jante 6 et d'une zone de liaison de la toile avec le moyeu 7. La section de la toile 5 est construite le long d'une ligne méridienne AB s'étendant entre un point A situé à la jonction de la toile 5 et de la zone de liaison de la toile avec la jante 6, et un point B situé à la jonction de la toile 5 et de la zone de liaison de la toile avec le moyeu 7. Les deux points A et B sont situés de part et d'autre du plan médian P et sont symétriques l'un de l'autre par rapport au point I intersection de la ligne méridienne AB et du plan P. Le point I est un point d'inflexion pour la courbe AB. Les portions de courbe AI et IB sont sensiblement des arcs de cercle dont le rayon R est supérieur à la moitié de la distance radiale h (distance mesurée parallèlement au plan P) entre le point A et le point B. Plus généralement, les portions de courbe AI et BI sont symétriques l'une de l'autre par rapport au point I.

La distance du point I à l'axe XX' est comprise entre 0,5 et 0,65 fois rayon extérieur de la roue, ce rayon étant la distance du point C d'intersection du plan P avec la surface de roulement 2 à l'axe XX' lorsque la roue est neuve, et la distance du point C' à l'axe XX' lorsque la roue est usée.

La tangente T_A à la courbe AB au point A coupe la trace J_1J_2 de la limite entre la toile et la jante, en un point J, et, la tangente T_B à la courbe AB au point B coupe la trace M_1M_2 de la limite entre la toile et le moyeu, en un point M. La trace J_1J_2 coupe la trace du plan P en un point P_1 , et la trace M_1M_2 coupe la trace du plan P en un point P_2 . Les distances P_1J et P_2M sont sensiblement égales, c'est à dire, égales, aux tolérances de fabrication près. De préférence, telles que les tangentes T_A et T_B soient parallèles au plan P, aux tolérances de fabrication près.

Le point A est situé du même côté du plan P que le boudin 3.

Le long de la ligne AB, l'épaisseur e de la toile décroît régulièrement, sensiblement linéairement, depuis le point B jusqu'au point A.

Enfin, la roue de chemin de fer est centrée, ce qui signifie que le plan P est à la fois à mi-épaisseur de la jante et à mi-épaisseur du moyeu.

C'est d'abord la disposition des points A et B, symétriquement par rapport au point I, et le fait que le point I est un point d'inflexion de la courbe AB, qui limite le déjettement. Avec cette disposition, l'échauffement engendré par le freinage tend à déformer la ligne AB parallèlement au plan P. Le déjettement est d'autant plus limité que le point d'inflexion I est situé aux environs du mi-rayon de la roue. Il est

également limité lorsque les tangentes T_A et T_B sont sensiblement parallèles au plan P.

La courbe AB n'est pas nécessairement constituée de deux arcs de cercle. Elle peut être, par exemple, une portion de courbe du troisième degré.

5 Le point A n'est pas obligatoirement du même côté du plan P que le boudin, cependant, cette disposition est favorable car l'éventuel déjettement à tend à augmenter l'écartement des roues, ce qui est favorable à une bonne stabilité sur la voie.

10 Le fait pour la roue d'être centrée n'est pas, non plus, obligatoire, mais il permet de limiter les contraintes de flexion rotative dans les fusées d'essieu.

Enfin, la variation progressive de l'épaisseur de la toile permet d'alléger au maximum la roue, en particulier lorsque la toile est brute de forge. L'allégement est rendu possible, en particulier parce que les efforts dynamiques axiaux les plus importants que doit supporter la toile se situent au voisinage du moyeu. Il n'est donc
15 pas nécessaire que l'épaisseur de la toile au voisinage de la jante soit aussi importante qu'au voisinage du moyeu.

Il faut remarquer qu'une roue de chemin de fer est soit une pièce forgée, soit une pièce moulée, c'est à dire une pièce ayant une certaine imprécision géométrique, aussi, les caractéristiques qui viennent d'être décrites ne sont que
20 "sensiblement" réalisées, c'est à dire à quelques mm près.

La roue ainsi réalisée est particulièrement adaptée aux wagons dont la charge par essieu peut atteindre 25 Tonnes et qui doivent pouvoir supporter une puissance de freinage par roue pouvant atteindre 40 kW pendant 30 minutes.

25 La roue est également adaptée aux trains à grande vitesse du type pendulaire, pouvant rouler jusqu'à 240 km/heure au moins. Dans ce cas, de façon préférentielle, la roue comporte un plan de symétrie P passant par la mi-épaisseur de la jante 1, mais elle n'est pas tout à fait centrée puisque le moyeu 4 est un peu décalé du côté du boudin 3. La toile 5 est construite autour d'une ligne méridienne AB ayant un point d'inflexion I situé dans le plan P. Le rayon extérieur R_1 de la roue
30 neuve est de 457,2 mm, les points A et B sont situés sur des cercles de rayons respectifs $R_2 = 316,2$ mm et $R_3 = 204,6$ mm, si bien que le point I est situé sur un cercle de rayon $R_4 = 260,4$ mm. Le rapport R_4/R_1 est de 0,57. La distance radiale h entre les point A et B est de 111,6 mm. Les segments AI et IB de la ligne méridienne sont des arcs de cercle de rayons respectifs $R_5 = 65$ mm et $R_6 = 65$ mm, tous les
35 deux supérieurs à la moitié de la distance radiale h. L'épaisseur de la toile, qui est $e_1 = 32$ mm du côté du moyeu, décroît régulièrement jusqu'à $e_2 = 19,05$ mm du côté de la jante, et cette décroissance est quasiment linéaire. Les tangentes T_A et T_B aux points A et B sont parallèles au plan P. Le point J d'intersection de la tangente avec

2201251

la ligne J_1J_2 , trace de la limite entre la toile 5 et la jante 1, est situé du côté du boudin 3, à une distance de 32,2 mm du plan P. Le point M d'intersection de la tangente T_B avec la ligne M_1M_2 , trace de la limite entre la toile 5 et le moyeu 4, est situé du côté opposé au boudin 3, à une distance de 27,8 mm du plan P. L'épaisseur e_3 de la jante est de 136,5 mm, le moyeu a une épaisseur $e_4 = 169,1$ mm, et le plan P est situé à une distance axiale de 69,9 mm de la face du moyeu située du côté opposé au boudin. La surface latérale de la jante, côté boudin, est disposée en retrait de 22,225 mm par rapport à la surface latérale du moyeu située du côté du boudin. En outre, la roue comporte un trou 9 d'injection d'huile qui débouche dans l'alésage 8 du moyeu 4, et qui est destiné à injecter de l'huile sous pression pour faciliter le démontage de la roue lorsque celle-ci est montée sur un essieu.

La roue ainsi dessinée a une bonne élasticité axiale et radiale et une bonne résistance aux freinages : le déjettement est faible et les contraintes résiduelles dans la zone de raccordement entre la jante et la toile restent des contraintes de compression.

Les dimensions exactes de la roue qui viennent d'être données ci-dessus sont optimisées pour une application particulière et peuvent être modifiées, en tant que de besoin, par l'Homme du Métier pour les adapter à des conditions d'utilisation un peu différentes.

Ces roues peuvent être réalisées en tout acier défini par les normes relatives aux aciers pour roues de chemin de fer, et notamment par la spécification américaine AAR M-107 du 2/01/1994. Cependant, les inventeurs ont constaté que le respect des caractéristiques imposées par ces normes n'était pas suffisant pour éviter des ruptures catastrophiques en service lorsque les roues sont montées sur des trains à grande vitesse. Les inventeurs ont constaté par contre que, pour assurer la sécurité dans les conditions d'exploitation d'un train pendulaire circulant sur une voie banalisée à une vitesse pouvant atteindre 240 km/h, la roue devait être forgée pour obtenir une compacité suffisante, et être constitué d'un acier ayant les caractéristiques suivantes :

a) composition chimique, en % en poids :

$$0,470 \% \leq C \leq 0,570 \%$$

$$0,600 \% \leq Mn \leq 0,850 \%$$

$$0,150 \% \leq Si \leq 0,400 \%$$

$$S \leq 0,010 \%$$

$$P \leq 0,020 \%$$

$$Ni \leq 0,300 \%$$

$$Cr \leq 0,300 \%$$

5

Mo	≤ 0,080 %
Cu	≤ 0,300 %
V	≤ 0,050 %
Al	≤ 0,025 %
Ti	≤ 0,070 %
H	≤ 0,0002 %
O	≤ 0,0015 %
N	≤ 0,0080 %

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

10

b) propreté inclusionnaire :

contrôlée par comparaison à des images type selon la norme ASTM E 45, les valeurs doivent rester inférieures aux valeurs maximales suivantes :

types d'inclusions	A sulfures	B aluminates	C silicates	D oxydes
fins	1,5	1,5	1,5	1,5
épais	1,5	1	1	1,5

15

de plus la somme des valeurs B+C+D doit rester inférieure ou égale à 3.

c) taille de grain :

Le grain doit être fin et d'indice ASTM supérieur ou égal à 7, on peut admettre au plus 20 % de grains d'indice ASTM égal à 6.

d) caractéristiques mécaniques :

20 La dureté doit être comprise entre 255 et 321 HB sur la face latérale de la jante et rester supérieure à 255 HB au moins jusqu'à 35 mm en dessous de la surface de roulement correspondant au dernier profilage.

Les caractéristiques de traction et de résilience doivent être les suivantes :

	Jante	Toile
Rm	820 / 940 MPa	$\delta Rm / jante^* \geq 110$ MPa
Re	≥ 550 MPa	≥ 420 MPa
A %	≥ 14 %	≥ 16 %
Ku à 20 °C	≥ 17 J**	
Kv à - 30 °C	≥ 10 J**	

25

* écart Rm jante -Rm toile

** moyenne de 3 essais

e) Contrôles par ultrasons :

le contrôle par ultrasons de toute la plage d'usure de la bande de roulement, effectué conformément à la spécification AAR M107 section 18, ne doit pas faire apparaître de défauts équivalents à un trou de 2 mm de diamètre.

5

La composition chimique est choisie pour obtenir par trempe de la jante une structure ferrito-perlitique ayant les caractéristiques mécaniques souhaitées. Les caractéristiques mécaniques de la jante et la dureté permettent de limiter les écaillages et les déformations de la table de roulement. En particulier, la limite d'élasticité est choisie pour obtenir une résistance suffisante aux efforts de cisaillement sous la table de roulement et ainsi éviter les déformations de celle-ci qui engendrent des pertes de stabilité de la voiture équipée de la roue. Les caractéristiques mécaniques de la toile permettent de dessiner une roue légère qui résiste bien aux efforts dynamiques en service. La différence de résistance à la traction R_m entre la jante et la toile permet d'obtenir des contraintes résiduelles de traction dans la zone de liaison entre la toile et la jante. La combinaison entre les caractéristiques mécaniques de la jante, en particulier la résilience, la propreté inclusionnaire et les résultats de contrôle par ultrasons, permet d'éviter la perte de secteurs de jante par fissuration en cours d'exploitation, ce type d'incident étant particulièrement dangereux.

10

15

20

La teneur minimale en carbone est fixée pour permettre d'obtenir une dureté suffisante pour limiter l'usure de la roue par roulement. La teneur maximale est fixée pour limiter l'usure de la roue engendré par le freinage par sabots qui engendre des échauffements superficiels très importants pouvant conduire à la formation de lentilles de martensite d'autant plus fragiles que la teneur en carbone est élevée. De plus, il est préférable de limiter la teneur en carbone pour obtenir une dureté de la table de roulement pas trop supérieure à celle des rails afin de limiter l'usure de ceux - ci.

25

Pour certaines roues freinées uniquement par disques, comme les roue de locomotive qui travaillent dans des conditions un peu différentes de celles des roues de voiture, on peut choisir une teneur en carbone un peu plus élevée, comprise entre 0,570 % et 0,670 %. La dureté doit alors être comprise entre 277 et 341 HB sur la face latérale de la jante et rester supérieure à 277 HB au moins jusqu'à 35 mm en dessous de la surface de roulement correspondant au dernier profilage.

30

35

Les caractéristiques de traction et de résilience doivent être les suivantes :

	Jante	Toile
Rm	920 / 1150 MPa	$\delta Rm / \text{jante}^* \geq 110 \text{ MPa}$
Re	$\geq 680 \text{ MPa}$	$\geq 450 \text{ MPa}$
A %	$\geq 12 \%$	$\geq 14 \%$
Ku à 20 °C	$\geq 10 \text{ J}^{**}$	
Kv à - 30 °C	$\geq 6 \text{ J}^{**}$	

5 Toutes les autres caractéristiques, notamment la propreté et le résultats des contrôles par ultrasons, doivent être identiques à celle qui ont été définies dans le cas précédent.

On peut noter que, lorsque la roue n'est pas du tout freinée par sabots, la toile de la roue peut être droite, mais les caractéristiques mécaniques et de propreté, notamment, doivent être respectées pour éviter les ruptures en service.

10 A titre d'exemple et de comparaison, on a fabriqué des roues pour train pendulaire pouvant rouler jusqu'à 240 km/h, ayant les caractéristiques suivantes :

1) série n°1, conforme à l'invention :

- roue pour voiture à toile en S telle que décrite ci-dessus, freinage mixte, 85 % par disques, 15% par sabots.

15 - composition chimique du métal (en 10^{-3} % en poids) :

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V	Ti	H	O	N
485	810	395	4	11	245	195	30	143	20	-	-	0,15	1,1	7

- caractéristiques mécaniques :

	Jante	Toile
Rm	925 MPa	710 MPa
Re	638 MPa	482 MPa
A %	17 %	18 %
Ku à 20 °C	18/20/19 J*	
dureté	295 HB	

* trois valeurs

- propreté inclusionnaire :

types d'inclusions	A sulfures	B aluminates	C silicates	D oxydes
fins	0,5	0	0	0,5

- contrôles par ultrasons :

5 pas de défauts équivalents à des trous de 2 mm de diamètre.

- structure et taille de grain :

ferrite-perlite, grain ASTM 8

2) série n°2, conforme à l'invention :

10 - roue pour locomotive à toile droite, freinage 100 % par disques.

- composition chimique du métal (en 10^{-3} % en poids) :

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V	Ti	H	O	N
616	795	380	4	13	210	232	38	143	20	-	-	0,18	1,4	7

- caractéristiques mécaniques :

15

	Jante	Toile
Rm	1134 MPa	917 MPa
Re	782 MPa	623 MPa
A %	15 %	16 %
Ku à 20 °C	14/10/12 J*	
dureté	330 HB	

* trois valeurs

- propreté inclusionnaire :

types d'inclusions	A sulfures	B aluminates	C silicates	D oxydes
fins	0,5	0	0	0,5

20 - contrôles par ultrasons :

pas de défauts équivalents à des trous de 2 mm de diamètre.

- structure et taille de grain :

ferrite-perlite, grain ASTM 8

3) série n°3, a titre de comparaison :

- roue pour voiture à toile droite, freinage mixte, 85 % par disques, 15% par sabots.
- composition chimique du métal (en 10⁻³ % en poids) :

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V	Ti	H	O	N
625	720	185	21	11	105	100	25	215	9	-	-	0,2	2	7

5

- caractéristiques mécaniques :

	Jante	Toile
Rm	992 MPa	782 MPa
Re	630 MPa	394 MPa
A %	14 %	16 %
Ku à 20 °C	7/10/6,5 J*	
dureté	300 HB	

* trois valeurs

- propreté inclusionnaire :

10

types d'inclusions	A sulfures	B aluminates	C silicates	D oxydes
épais	1,5	3,5	0	0,5

- contrôles par ultrasons :

pas de défauts équivalents à des trous de 3 mm de diamètre.

- structure et taille de grain :

15

ferrite-perlite, grain ASTM 6

Les résultats d'exploitation de ces séries de roues ont été les suivants :

Série	n°1	n°2	n°3
Déjettement	faible	sans objet	fort
Ecaillage	faible	faible	moyen
Usure de la table de roulement	faible	faible	moyen
Déformation au roulement	faible	très faible	moyen
Rupture de jante (perte de secteurs)	non	non	oui

Ces résultats font apparaître d'une part que la toile en S selon l'invention réduit de façon très sensible le déjettement (comparaison A et C), et surtout que les caractéristiques du métal selon l'invention permettent d'éviter les ruptures de la jante par fissuration.

REVENDEICATIONS

1 - Roue de chemin de fer de révolution autour d'un axe XX' perpendiculaire à un plan médian P , du type comprenant une jante (1) dont la mi-épaisseur se trouve dans le plan P , comportant une surface de roulement (2) et un boudin (3), un moyeu (4), une toile (5), une zone de liaison de la toile avec la jante (6), une zone de liaison de la toile avec le moyeu (7), la section de la toile (5) étant construite le long d'une ligne méridienne AB s'étendant entre un point A situé à la jonction de la toile (5) et de la zone de liaison de la toile avec la jante (6), et un point B situé à la jonction de la toile (5) et de la zone de liaison de la toile avec le moyeu (7), caractérisée en ce que les deux points A et B sont situés de part et d'autre du plan médian P et sont symétriques l'un de l'autre par rapport au point I intersection de la ligne méridienne AB et du plan P , le point I étant un point d'inflexion pour la courbe AB .

2 - Roue de chemin de fer selon la revendication 1 caractérisée en ce que la distance du point I à l'axe XX' est comprise entre 0,5 et 0,65 fois rayon extérieur de la roue.

3 - Roue de chemin de fer selon la revendication 1 ou 2 caractérisée en ce que la distance au plan P du point d'intersection J de la tangente T_A à la courbe AB au point A et de la trace J_1J_2 de la limite entre la toile et la jante, est égale à la distance au plan P du point d'intersection M de la tangente T_B à la courbe AB au point B et de la trace M_1M_2 de la limite entre la toile et la jante, et, de préférence, les tangentes T_A et T_B à la courbe AB aux points A et B sont parallèles au plan P .

4 - Roue de chemin de fer selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisée en ce que les portions de courbe AI et BI sont symétriques l'une de l'autre par rapport au point I .

5 - Roue de chemin de fer selon la revendication 4 caractérisée en ce que les portions de courbe AI et BI sont des arcs de cercle.

6 - Roue de chemin de fer selon la revendication 5 caractérisée en ce que les arcs de cercle ont un rayon R supérieur à la moitié de la distance radiale h entre les points A et B .

7 - Roue de chemin de fer selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisée en ce que le point A est situé du même côté du plan P que le boudin (3).

8 - Roue de chemin de fer selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisée en ce que, le long de la ligne AB , l'épaisseur e de la toile décroît régulièrement depuis le point B jusqu'au point A .

9 - Roue de chemin de fer selon la revendication 8 caractérisée en ce que l'épaisseur e de la toile décroît linéairement en fonction de la distance au point B mesurée le long de la ligne AB.

5 10 - Roue de chemin de fer selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisée en ce qu'elle est centrée.

11 - Roue de chemin de fer pour train à grande vitesse selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 caractérisée en ce qu'elle est constituée d'un acier dont la composition chimique comprend, en poids :

10	$0,470 \% \leq C \leq 0,570 \%$
	$0,600 \% \leq Mn \leq 0,850 \%$
	$0,150 \% \leq Si \leq 0,400 \%$
	$S \leq 0,010 \%$
	$P \leq 0,020 \%$
15	$Ni \leq 0,300 \%$
	$Cr \leq 0,300 \%$
	$Mo \leq 0,080 \%$
	$Cu \leq 0,300 \%$
	$V \leq 0,050 \%$
	$Al \leq 0,025 \%$
20	$Ti \leq 0,070 \%$
	$H \leq 0,0002 \%$
	$O \leq 0,0015 \%$
	$N \leq 0,0080 \%$

25 le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, en outre,

- la propreté inclusionnaire, contrôlée par comparaison à des images type selon la norme ASTM E45, est telle que les cotations A, B, C, D sont inférieures aux valeurs maximales suivantes :

types d'inclusions	A sulfures	B aluminates	C silicates	D oxydes
fins	1,5	1,5	1,5	1,5
épais	1,5	1	1	1,5

la somme des valeurs B+C+D doit étant inférieure ou égale à 3,

30 - l'indice ASTM de taille du grain est supérieur ou égal à 7, au maximum 20 % de grains ayant un indice ASTM égal à 6,

- la dureté sur la face latérale de la jante est comprise entre 255 et 321 HB et reste supérieure à 255 HB au moins jusqu'à 35 mm en dessous de la surface de roulement correspondant au dernier profilage,

- les caractéristiques de traction et de résilience sont les suivantes :

	Jante	Toile
Rm	820 /940 MPa	$\delta Rm / jante^* \geq 110$ MPa
Re	≥ 550 MPa	≥ 420 MPa
A %	≥ 14 %	≥ 16 %
Ku à 20 °C	≥ 17 J**	
Kv à - 30 °C	≥ 10 J**	

* écart Rm jante -Rm toile

** moyenne de 3 essais

5 - le contrôle par ultrasons de toute la plage d'usure de la bande de roulement, effectué conformément à la spécification AAR M107 section 18, ne fait pas apparaître de défauts équivalents à un trou de 2 mm de diamètre ou plus.

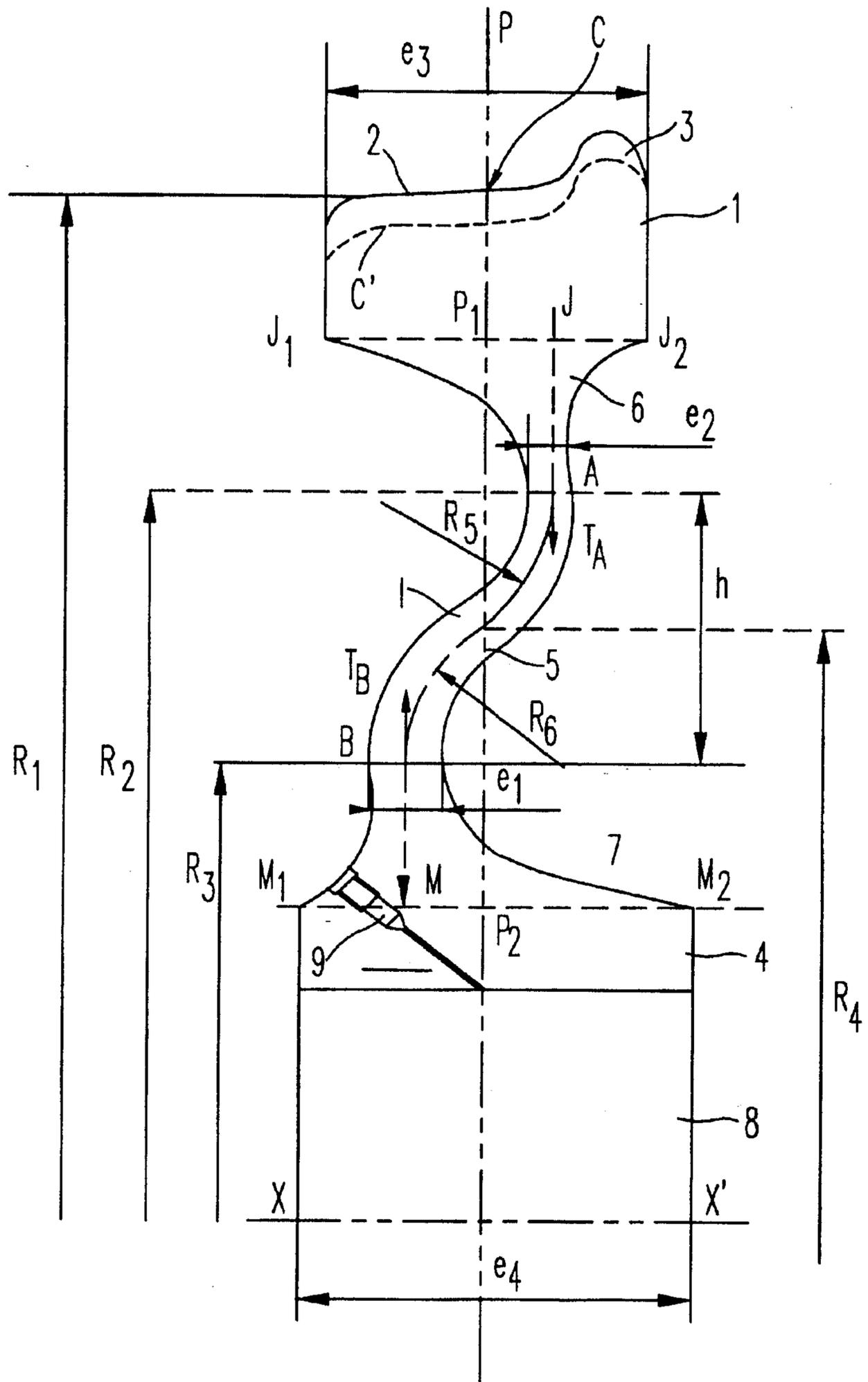


FIG. 1

