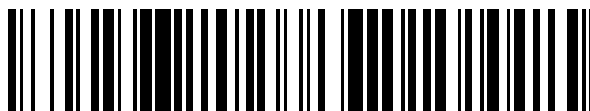


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 639**

51 Int. Cl.:

B60B 17/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.04.2014** **PCT/EP2014/058039**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.11.2014** **WO14177410**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2014** **E 14718598 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017** **EP 2991840**

54 Título: **Disco de rueda para vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

02.05.2013 DE 102013007447

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

03.11.2017

73 Titular/es:

**VOITH PATENT GMBH (100.0%)
St. Pöltener Str. 43
89522 Heidenheim, DE**

72 Inventor/es:

**LUBOS, FLORIAN;
KAMPS, ANDREAS y
SCHNEIDER, LARS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 640 639 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Disco de rueda para vehículo ferroviario

La invención se refiere a un disco de rueda para un vehículo ferroviario del tipo definido en detalle en el preámbulo de la reivindicación 1.

Se conocen discos de ruedas para vehículos ferroviarios a partir del estado general de la técnica. Están constituidos típicamente de un cubo de rueda circundante alrededor de un eje de giro así como de una corona dentada, que está destinada para la rodadura sobre los carriles. El cubo de rueda colocado central y la corona de rueda colocada en la periferia exterior están unidos entre sí por medio de una llamada nervadura. Esta nervadura, que está realizada en dirección radial recta, inclinada o doblada, está configurada típicamente como disco circundante. Puede estar constituida especialmente en gran medida simétrica rotatoria y de esta manera puede presentar en cada sección radial el mismo contorno o un contorno comparable. Por el contorno en el sentido de la invención presentada aquí debe entenderse en este caso la forma de la superficie de limitación lateral del disco de la rueda en la sección radial. Por lo tanto, un disco de rueda recto tendría un contorno configurado por una recta, un disco de rueda doblado tendría un contorno configurado por un arco en forma de S o en forma de C.

Sucede ahora que especialmente la curva de transición desde el cubo de la rueda hacia la nervadura y especialmente en discos de rueda más pequeños, también o alternativamente a ello la curva de transición entre la nervadura y la corona de la rueda están sometidas a una carga muy alta. Para contrarrestar esta carga, son necesarios espesores correspondientes del material o etapas de mecanización apropiadas para la consolidación del material en las zonas críticas. Esto es costoso y caro y de manera correspondiente hace difícil el empleo del disco de rueda con altos espesores del material.

Para contrarrestar esta problemática, se conoce a partir del documento EP 0 794 872 A1 que a través de una previsión de diseño compleja para las transiciones, se compensan las tensiones en el disco de la rueda, de manera que con espesores más reducidos del material se puede conseguir una resistencia alta. La estructura es en este caso extraordinariamente compleja y utiliza una función (parábola) de quinto orden para el diseño de las transiciones. Esto es costoso, por una parte, en el diseño y, por otra parte, en la fabricación en la programación.

El estado más próximo de la técnica está formado por el documento DE 23 20 726 A1, que muestra un disco de rueda comparable para un vehículo ferroviario con un cubo de rueda circundante alrededor de un eje de giro. Entre la nervadura y la corona de rueda está configurada en este caso sobre un lado en cada plano de corte radial la curva de transición a través de una función, de manera que esta función pasa tangencialmente tanto en el contorno de la nervadura como también del cubo de la rueda o de la corona de la rueda.

Además, se remite al estado de la técnica el documento WO 03/064 182 A1 así como al documento US 2013/026723 A1.

El cometido de la presente invención consiste ahora en indicar un disco de rueda para un vehículo ferroviario, que posibilita una resistencia todavía mejor y que, además, se puede diseñar y fabricada sencillo y eficiente. Según la invención, este cometido se soluciona por medio de un disco de rueda con las características de la parte de caracterización de la reivindicación 1 de la patente. Las configuraciones ventajosas se deducen a partir de las restantes reivindicaciones dependientes de ellas.

En el disco de rueda según la invención para un vehículo ferroviario está previsto que al menos una de las curvas de transición entre la nervadura y el cubo de la rueda y/o entre la nervadura y la corona de la rueda esté configurada sobre al menos un lado axial en cada uno de sus planos de corte radiales de tal manera que se cumplan las tres condiciones siguientes. La curva de transición se configura, en principio, a través de una curva de Bézier. Tal curva de Bézier es sencilla, eficiente y posibilita una transición muy uniforme con alta resistencia y muy buena distribución de la tensión en toda la zona de a transición. Esta curva de Bézier pasa en uno de sus extremos tangencialmente al contorno de la nervadura. Además, la curva de Bézier pasa en su otro extremo tangencialmente al contorno del cubo de la rueda y/o de la corona dentada, según cuál de las curvas de transición se configure. A través de esta conexión tangencial de la curva de Bézier en el contorno o bien del cubo de la rueda y/o de la corona de la rueda resulta una estructura, que está diseñada muy sencilla y eficiente y se puede programar para la fabricación. Posibilita con un empleo mínimo de material a través de la homogeneización de la distribución de la tensión una resistencia muy alta del disco de la rueda.

Un desarrollo ventajoso del disco de la rueda según la invención prevé en este caso que la curva de Bézier esté configurada como curva de Bézier de segundo o tercer grado. Una curva de Bézier cuadrada o cúbica de este tipo tiene en este caso la ventaja de que solamente se necesitan tres o cuatro puntos de apoyo (puntos principales y puntos de control) y, por lo tanto, es especialmente sencilla y eficiente en el cálculo. A través de un grado más elevado de la curva de Bézier no se mejoran o sólo de forma no esencial los resultados con respecto a la capacidad

de carga mecánica, de manera que una curva de Bézier cuadrada o cúbica con el gasto de cálculo correspondiente reducido para el disco de rueda según la invención es especialmente ventajosa.

De acuerdo con una configuración especialmente ventajosa del disco de rueda según la invención, puede estar previsto, además, que la curva de Bézier presente dos puntos principales y uno o dos puntos de control, donde los puntos principales se encuentran en una zona, en la que la curva de Bézier pasa tangencial al contorno de la nervadura y del cubo de la rueda o de la corona de la rueda, y donde los dos puntos de control se encuentran sobre dos tangentes en los puntos principales en las transiciones tangenciales. En esta configuración especialmente favorable de la curva de transición según la invención en forma de una curva de Bézier se trata, por lo tanto, de una curva de Bézier cúbica con cuatro puntos de apoyo. Los dos puntos principales se encuentran en este caso exactamente en los puntos, en los que termina el contorno de conexión y comienza la curva de Bézier o bien termina la curva de Bézier y comienza el contorno de conexión. Los dos puntos de control se encuentran entonces sobre tangentes, que prolongan las transiciones tangenciales de manera correspondiente a los dos puntos principales. Con preferencia, los puntos de control se encuentran en este caso entre los puntos principales y el punto de corte que aparece siempre típicamente de las dos tangentes. Con gasto de cálculo mínimo se puede conseguir así un disco de rueda con una transición muy estable entre la nervadura y el cubo de la rueda o bien la nervadura y la corona de la rueda.

En otra configuración muy favorable de la misma, está previsto ahora, además, que los dos puntos de control sobre las tangentes coincidan en un punto de corte de las tangentes con respecto a un punto de control. A través de la selección directa de los dos puntos de control, de manera que éstos configuran un punto de control común, que está exactamente sobre el punto de corte de las tangentes, se simplifica adicionalmente el gasto de cálculo, con lo que el diseño, la programación y la fabricación son de nuevo más eficientes.

En otra configuración muy favorable del disco de rueda, está previsto, además, que el contorno del cubo de la rueda presente a continuación de la curva de Bézier un contorno de conexión en forma de una recta, que se extiende en un ángulo diferente de cero, en particular un ángulo de más de 5° , con respecto a la dirección axial. El disco de la rueda puede estar configurado también de tal manera que el cubo de la rueda y la corona de la rueda no se superponen en el centro, sino que están unidos entre sí por una nervadura que se extiende inclinada, que es similar en su forma general a la envolvente de un tronco de pirámide. Esto puede tener una importancia decisiva con respecto a las fuerzas introducidas y/o el espacio de construcción para eventuales piezas de montaje que deben fijarse en la nervadura.

En un desarrollo ventajoso del disco de rueda según la invención, puede estar previsto, además, que el contorno de la nervadura presente a continuación de la curva de Bézier un contorno de conexión en forma de arco. Tal arco, que pasa tangencialmente a la curva de Bézier, aparece especialmente en nervaduras curvadas, es decir, en nervaduras que se extienden en forma de S o en forma de C en la sección radial. En cambio, en una configuración alternativa de ella, está previsto que el contorno de la nervadura presente a continuación de la curva de Bézier un contorno exterior en forma de una recta.

En una configuración favorable, la nervadura se estrecha en la dirección de la corona de la rueda. Independientemente de la configuración exacta de la nervadura, por ejemplo sobre contornos exteriores que se extienden rectos o en forma de arco, la nervadura se puede estrechar en la dirección desde el cubo de la rueda hacia la corona de la rueda un ángulo de este estrechamiento frente al eje medio de la nervadura puede ser en este caso con preferencia mayor que $0,5^\circ$. En general, tendrá menos de 20° , con preferencia menos de 15° . Un ángulo seleccionado adecuado en esta zona posibilita de esta manera una transición tangencial muy armónica desde a curva de Bézier hasta el contorno de la nervadura y de este modo reduce los picos de tensión en la zona de la nervadura, de manera que se puede elevar adicionalmente la resistencia con un empleo mínimo de material.

En un desarrollo muy ventajoso de ella, independientemente de si el contorno de conexión está configurado como recta o como arco, está previsto que la curva de Bézier esté configurada de tal forma que la transición tangencial se termine antes de que en al menos una de las secciones radiales una zona de conexión esté dispuesta para un elemento de alojamiento y/o elemento de montaje en la nervadura. La curva de Bézier como curva de transición al contorno de conexión de la nervadura está seleccionada en su dilatación radial de tal manera que ésta se termina en cualquier caso antes de que estén previstos elementos de montaje y/o elementos de alojamiento, por ejemplo elementos de alojamiento para un disco de freno u otros elementos que se conectan en el disco de la rueda. Esto garantiza que tales elementos de montaje y/o elementos de alojamiento, que perturbarían el desarrollo de la curva de Bézier imaginaria, no aparezcan en su zona. La curva de Bézier se adapta, por lo tanto, en su dilatación radial de tal forma que la transición armónica creada a través de la curva de Bézier con propiedades óptimas de resistencia no se interrumpe por tales "puntos de interferencia". Esto garantiza la resistencia óptima. Aparte de ello, puede estar previsto que en la zona de base de la nervadura, en el material del cubo de la rueda esté previsto un talado de expulsión de aceite o un taladro lubricante para la lubricación del cubo de la rueda sobre un eje. Tal taladro no debe entenderse en este caso como punto perturbador en el sentido de la invención presentada aquí.

Otras configuraciones ventajosas del disco de rueda según la invención resultan a partir del ejemplo de realización que se describe en detalle a continuación con referencia a las figuras. En este caso:

La figura 1 muestra una vista lateral de un disco de rueda.

La figura 2 muestra una sección radial a través de una mitad de un disco de rueda.

La figura 3 muestra varias configuraciones posibles del disco de rueda en representaciones esquemáticas similares a la representación en la figura 2; y

La figura 4 muestra una configuración según la invención de la transición entre el cubo de la rueda y la nervadura.

En la representación de la figura 1 se puede reconocer de manera puramente ejemplar una vista lateral de un disco de rueda 1. Tal disco de rueda 1 se utiliza como rueda para vehículos ferroviarios. La estructura se representa en detalle a partir de la sección designada con II-II en la figura 1, que se puede reconocer en la figura 2. La estructura representada de la figura 2 debe entenderse de forma puramente esquemática para la ilustración de los elementos del disco de rueda. La estructura según la invención se explica todavía más adelante con la ayuda de la figura 4. En la sección radial de la figura 2 se puede reconocer que el disco de rueda 1 está constituido por un cubo de rueda 3 que rodea el eje de giro 2. Este cubo de rueda 3 se conecta a través de un componente en forma de disco, que se designa como nervadura 4, con una corona de rueda 5, que rueda sobre los carriles cuando se emplea el disco de rueda 1. Esta estructura, como se representa en la figura 2, se conoce en general y es habitual. En la representación en la figura 2 se trata de una estructura con una llamada nervadura recta 4, que se extiende perpendicularmente al eje de giro 2 en dirección radial.

En lugar de tal nervadura recta 4 se pueden prever también otras construcciones. Éstas se indican de forma esquemática en la figura 3. En la figura 3a) se puede reconocer en este caso una nervadura 4 que se extiende inclinada, cuyo eje medio M está configurado en un ángulo α frente a la dirección radial R. El ángulo α puede ser en este caso con preferencia mayor de 5°. En la representación de la figura 3b) se puede reconocer una nervadura 4 curvada en forma de C en la sección radial, en la figura 3c) una nervadura 4 en forma de S. La configuración de la nervadura 4 en forma de C o bien en forma de S se compone de manera correspondiente de un arco continuo o bien de dos o más arcos opuestos.

En discos de ruedas 1 son especialmente críticas las curvas de transición 6 entre el cubo de la rueda 3 y la nervadura 4 o bien la nervadura 4 y la corona de la rueda 5. Por lo tanto, está previsto que al menos una de estas curvas de transición designadas con 6 en la representación de la figura 2 esté configurada de la manera descrita a continuación en la figura 4 en el ejemplo de una transición entre el cubo de la rueda 3 y la nervadura recta 4. La curva de transición 6 está configurada en este caso de tal forma que termina en la dirección radial R, perpendicular al eje de giro 2 o bien a la dirección axial A, respectivamente, antes de que comience la zona de conexión 7 representada espesada en la representación de la figura 2, que está prevista para el alojamiento de elementos de montaje o elementos de alojamiento para elementos de montaje. Por ejemplo, esto se indica en la representación de la figura 2 por un taladro 8, que sirve para el alojamiento de elementos de montaje. Éstos pueden ser, por ejemplo, discos de freno, aisladores acústicos de la rueda o similares.

Las curvas de transición 6 o al menos una de las curvas de transición 6 representadas en la figura 2 del disco de rueda 1 son como se indica ahora, como se explica a continuación en un ejemplo de realización preferido. Esto se puede reconocer en la representación esquemática de la figura 4. Las secciones individuales no se representan en este caso a escala. La representación de la figura 4 debe entenderse esquemática y sirve para facilitar la descripción del contorno. La curva de transición 6 se configura en este caso por una curva de Bézier designada con B en la representación de la figura 4.

En principio e independientemente de una forma de realización específica representada en la figura 4, la curva de Bézier se puede representar matemáticamente como sigue por medio del polinomio de Bernstein:

$$\vec{X}(t) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} t^i \cdot (1-t)^{n-i} \cdot \vec{P}_i$$

En este caso, P_i son los vectores de dirección hacia los puntos de apoyo (puntos principales y puntos de control)

$$\vec{P}_0 = \begin{pmatrix} P_{0x} \\ P_{0y} \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{P}_1 = \begin{pmatrix} P_{1x} \\ P_{1y} \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{P}_2 = \begin{pmatrix} P_{2x} \\ P_{2y} \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{P}_3 = \begin{pmatrix} P_{3x} \\ P_{3y} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Para curvas de Bézier cúbicas se aplica, por ejemplo:

$$\vec{X}(t) = \sum_{i=0}^3 \binom{3}{i} t^i \cdot (1-t)^{3-i} \cdot \vec{P}_i = (1-t)^3 \cdot \vec{P}_0 + 3t(1-t)^2 \cdot \vec{P}_1 + 3t^2(1-t) \cdot \vec{P}_2 + t^3 \cdot \vec{P}_3$$

$$\vec{X}(t) = (-\vec{P}_0 + 3 \cdot \vec{P}_1 - 3 \cdot \vec{P}_2 + \vec{P}_3) \cdot t^3 + (3 \cdot \vec{P}_0 - 6 \cdot \vec{P}_1 + 3 \cdot \vec{P}_2) \cdot t^2 + (-3 \cdot \vec{P}_0 + 3 \cdot \vec{P}_1) \cdot t + \vec{P}_0$$

Con la introducción de los factores vectoriales se aplica:

$$\vec{D} = -\vec{P}_0 + 3 \cdot \vec{P}_1 - 3 \cdot \vec{P}_2 + \vec{P}_3$$

$$\vec{C} = 3 \cdot \vec{P}_0 - 6 \cdot \vec{P}_1 + 3 \cdot \vec{P}_2$$

$$\vec{B} = -3 \cdot \vec{P}_0 + 3 \cdot \vec{P}_1$$

$$\vec{A} = \vec{P}_0$$

De esta manera resulta para la forma de los parámetros de la curva de Bézier B:

$$\vec{X}(t) = \vec{D} \cdot t^3 + \vec{C} \cdot t^2 + \vec{B} \cdot t + \vec{A}$$

Si se calculan todos los puntos X para $t \in [0;1]$, entonces resulta la curva de Bézier B entre P_0 y P_3 con los puntos de control P_1 y P_2 .

Los puntos principales P_0 y P_3 de la curva de Bézier B se encuentran en este caso en la transición de una recta 9, que está configurada inclinada en un ángulo β frente a la dirección radial R, la curva de Bézier B. El otro punto principal P_3 se encuentra en la transición de la curva de Bézier B a otra recta 10, que forma parte, en el ejemplo de realización representado en la figura 4, del cubo de la rueda 3 y que está configurada inclinada en un ángulo γ con respecto a la dirección axial A. El cubo de la rueda 3 se estrecha, por lo tanto, en el ejemplo de realización representado en la figura 4 partiendo de la nervadura 4 en la dirección de su extremo axial. De la misma manera, la nervadura 4 se estrecha partiendo desde el cubo de la rueda 3 en la dirección de la corona de la rueda 5 no representada aquí. Los ángulos β , γ son en este caso típicamente inferiores a 20° , el ángulo β en la zona de la nervadura 4 que se estrecha está típicamente entre $1,5 - 2^\circ$, el ángulo γ está en el orden de magnitud entre 5 y 15° .

Las transiciones entre la curva de Bézier B y las rectas 9 y 10, que en otra configuración pueden estar realizadas, dado el caso, también como arco, se realizan en este caso tangencialmente en los puntos principales P_0 , P_3 respectivos. Las tangentes t_1 , t_2 en los puntos P_0 , P_3 se representan con puntos en la representación de la figura 4. Por ejemplo, en una configuración cúbica de la curva de Bézier B ahora, respectivamente, uno de los puntos de control P_1 , P_2 se encuentran en la tangente t_1 , t_2 respectiva y de esta manera se pueden desplazar de manera correspondiente para la configuración de la curva de Bézier B. En el ejemplo de realización especialmente favorable representado aquí, los dos puntos de control P_1 , P_2 coinciden y ambos se encuentran sobre un punto de corte S entre las dos tangentes t_1 , t_2 . Este punto de corte S configura, por lo tanto, al mismo tiempo ambos puntos de control P_1 , P_2 . Por lo tanto, tenemos aquí el caso especial de una curva de Bézier cuadrada B, que presenta su tercer punto de control $P_1 = P_2$ exactamente en el punto de corte S de las dos tangentes t_1 , t_2 . Esto es especialmente sencillo y eficiente en el cálculo y, por consiguiente, en la programación de las máquinas necesarias para la fabricación. El disco de rueda 1 configurado de esta manera se puede fabricar, por lo tanto, especialmente sencillo y eficiente en la zona de su curva de transición 6.

En general, la estructura permite a través de una armonización de las distribuciones de la tensión una resistencia muy alta con un gasto mínimo de material y sin que sean necesarios procedimientos costosos como por ejemplo una

consolidación del material en la zona de la transición. Independientemente de ello, se puede incrementar adicionalmente la resistencia a través de tales procedimientos para la consolidación de la superficie. Los procedimientos pueden estar configurados en este caso tanto mecánicamente (chorro de bolas, laminación, etc.) como también según la técnica del material / químicamente (cementación, nitración, etc.).

REIVINDICACIONES

1.- Disco de rueda (1) para un vehículo ferroviario con

- 5 1.1 un cubo de rueda (3) que rodea el eje de giro (2);
 1.2 una corona de rueda (5); y
 1.3 una nervadura (4) que conecta el cubo de la rueda (3) con la corona de la rueda (5), caracterizado por
 que
 10 1.4 una curva de transición (6) entre la nervadura (4) y el cubo de la rueda (3) y/o una curva de transición
 (6) entre la nervadura (4) y la corona de la rueda (5) están configuradas sobre al menos un lado axial en cada plano
 de corte radial, de manera que
 1.5 la o bien cada curva de transición (6) está configurada como una curva de Bézier (B),
 1.6 la curva de Bézier (B) pasa tangencialmente al contorno de la nervadura (4); y
 15 1.7 la curva de Bézier (B) pasa tangencialmente al contorno del cubo de la rueda (3) o de la corona de la
 rueda (5).

2.- Disco de la rueda (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que la curva de Bézier (B) está configurada como curva de Bézier (B) de segundo o tercer grado.

20 3.- Disco de la rueda (1) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la curva de Bézier (B) presenta dos
 puntos principales (P_0 , P_3) y uno o dos puntos de control (P_1 , P_2), en el que los puntos principales (P_0 , P_3) se
 encuentran en la zona, en la que la curva de Bézier (B) pasa tangencialmente al contorno de la nervadura (4) y del
 cubo de la rueda (3) o de la corona de la rueda (5), y en el que los puntos de control (P_1 , P_2) se encuentran sobre
 dos tangentes (t_1 , t_2) a los puntos principales (P_0 , P_3) en las transiciones tangenciales.

25 4.- Disco de la rueda (1) según la reivindicación 3, caracterizado por que los dos puntos de control (P_1 , P_2) coinciden
 sobre las tangentes (t_1 , t_2) en un punto de corte (S) de las tangentes (t_1 , t_2) a un punto de control ($P_1 = P_2$).

30 5.- Disco de rueda (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el contorno del cubo de la
 rueda (3) presenta a continuación de la curva de Bézier (B) un contorno de conexión en forma de una recta (10), que
 se extiende en un ángulo diferente de cero, en particular un ángulo (γ) mayor de 5° , con respecto a la dirección axial
 (A).

35 6.- Disco de rueda (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el contorno de la nervadura (4)
 presenta a continuación de la curva de Bézier (B) un contorno de conexión en forma de un arco.

7.- Disco de rueda (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el contorno de la nervadura (4)
 presenta a continuación de la curva de Bézier (B) un contorno de conexión en forma de una recta (9).

40 8.- Disco de rueda (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la nervadura (4) se estrecha en
 dirección desde el cubo de la rueda (3) hacia la corona de la rueda (3).

45 9.- Disco de rueda (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la curva de Bézier (B) está
 configurada de tal manera que la transición tangencial hacia el contorno de conexión se termina antes de que en al
 menos una de las secciones radiales una zona de conexión (7) esté dispuesta para un elemento de alojamiento y/o
 elemento de montaje en la nervadura (4).

