

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 906**

51 Int. Cl.:

**B61F 19/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2014 E 14155801 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2910449**

54 Título: **Protección contra impactos para un tren de rodadura de un vehículo ferroviario**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.02.2021**

73 Titular/es:  
**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH  
(100.0%)  
Eichhornstrasse 3  
10785 Berlin , DE**

72 Inventor/es:  
**HAAS, JAN-PHILIPP**

74 Agente/Representante:  
**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 807 906 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**

Protección contra impactos para un tren de rodadura de un vehículo ferroviario

**Antecedentes de la invención**

5 La invención se refiere a un tren de rodadura para un vehículo ferroviario, en particular un vehículo ferroviario de alta velocidad, que comprende un conjunto de ruedas, un bastidor del tren de rodadura y un dispositivo de protección, estando soportado el bastidor del tren de rodadura sobre el conjunto de ruedas. El dispositivo de protección está conectado al bastidor del tren de rodadura por medio de una estructura de soporte y está asociado espacialmente al menos a un componente protegido del tren de rodadura. El dispositivo de protección protege una parte protegida del citado componente del tren de rodadura contra los impactos de objetos, en particular piezas de balasto, que se levantan de una vía utilizada durante el funcionamiento del vehículo. El dispositivo de protección comprende un elemento portador y al menos un elemento de absorción de impactos, el al menos un elemento de absorción de impactos está montado en el elemento portador para cubrir el elemento portador y formar una superficie de impacto para los citados objetos.

10 Un tren de rodadura de este tipo se conoce, por ejemplo, por los documentos EP 2 517 944 A2, WO 03/016119 A1 y EP 1 852 326 A2.

15 Los vehículos ferroviarios que circulan a altas velocidades, por ejemplo a velocidades de funcionamiento superiores a 180 km/h o más, a menudo se enfrentan al problema de que, por ejemplo, debido a las condiciones de flujo de aire que se desarrollan en la parte inferior del vehículo, típicamente en combinación con ciertos eventos o circunstancias adversas, se levantan objetos sueltos como, por ejemplo, piezas sueltas de balasto de la parte de la vía actualmente utilizada (es decir, la que se recorre) y chocan contra componentes del vehículo, en particular, componentes del tren de rodadura.

20 Tales objetos, dependiendo de su velocidad relativa con respecto al vehículo, no sólo pueden dañar los componentes del vehículo con los que chocan. También pueden acelerarse más y caer de nuevo sobre el lecho de la vía, en el que su energía cinética, considerablemente mayor, hace que uno o más objetos, típicamente piezas de balasto, se levanten y golpeen al vehículo. En resumen, esto puede dar lugar a un efecto de avalancha, también conocido como vuelo de balasto, con un número mucho mayor de piezas de balasto que golpean los componentes de la parte inferior del vehículo en la parte trasera de un tren. Estas situaciones de vuelo de balasto no sólo pueden provocar un daño considerable al vehículo. La vía y sus alrededores también pueden verse muy afectados.

25 Con el fin de evitar tales situaciones de vuelo de balasto se ha sugerido en el documento US 7.605.690 B2 que se detecte acústicamente la acumulación de vuelo de balasto en una etapa temprana, se proporcione la señal correspondiente (por ejemplo, al conductor o al control de un vehículo) y se tomen las medidas adecuadas para contrarrestarla, tales como la reducción de la velocidad del vehículo. Sin embargo, en particular en las líneas explícitas de alta velocidad, la reducción de la velocidad de funcionamiento del vehículo suele ser muy indeseable. Además, esas contramedidas sólo pueden ser eficaces después de que se haya producido un cierto número de impactos y el daño asociado a los componentes golpeados..

30 Como un enfoque para tratar la parte relacionada con el vehículo del problema de vuelo de balasto, se conoce el proporcionar revestimientos protectores a los componentes del vehículo afectados (por ejemplo, de acuerdo con la norma EN 13261). Sin embargo, estos revestimientos, por ejemplo, de materiales sintéticos tales como el poliuretano (PU), no son adecuados para soportar las elevadas cargas de impacto que se producen a velocidades de funcionamiento muy elevadas durante un período de tiempo apropiado y, además, requieren un amplio trabajo de mantenimiento (en particular, si se recubren directamente sobre la superficie del componente del vehículo correspondiente). Además, no son adecuados para resolver los problemas relacionados con el vuelo de balasto sobre el lado de la vía.

35 En el documento WO 2006/021514 A1 se ha sugerido un enfoque adicional para abordar al menos partes del problema de vuelo de balasto.

40 Este documento desvela un tren de rodadura genérico para un vehículo ferroviario en el que se proporcionan los llamados elementos deflectores. Estos elementos deflectores están destinados a formar un escudo que protege los componentes del vehículo de ser golpeados por tales objetos que se levantan de la vía. Los elementos deflectores generalmente en forma de placa, al menos en las secciones propensas a ser golpeadas, están diseñados explícitamente para que tengan una inclinación muy baja con respecto a la dirección longitudinal del tren de rodadura (es decir, la dirección de conducción del vehículo) para evitar en gran medida cualquier transferencia de energía cinética del vehículo al objeto que golpea, que de otro modo sería probable que causara el efecto de avalancha como se ha señalado más arriba.

45 Sin embargo, esta baja inclinación de las partes de impacto relevantes de los elementos deflectores con respecto a la dirección longitudinal del tren de rodadura da como resultado un tamaño muy grande de estos elementos deflecto-

res. Más precisamente, por ejemplo, en total prácticamente toda la parte inferior del tren de rodadura por delante del árbol del conjunto de rueda (incluido el espacio entre el cuerpo del vagón y el bogie en la zona del recorte del bogie) tiene que ser protegida para proteger el árbol del conjunto de rueda. Sin embargo, estos grandes dispositivos de protección aumentan considerablemente la complejidad del tren de rodadura. Además, la integración de esos grandes escudos en un moderno tren de rodadura de alta velocidad (que normalmente tiene muy poco espacio libre de construcción disponible ) requiere un esfuerzo de construcción considerable.

Se conoce un enfoque similar del elemento deflector por el documento EP 0 050 200 A1 que desvela generalmente cubiertas en forma de U para los componentes bajo suelo de los vehículos. Estas cubiertas autoportantes están hechas de paredes de material compuesto reforzado con fibras que se extienden sustancialmente paralelas a la dirección longitudinal, de tal manera que sólo están expuestas a cargas de impacto comparativamente bajas.

Contrariamente a eso, el documento DE 10 2006 004 814 A1 desvela un dispositivo de protección con una disposición sustancialmente vertical que absorbe las cargas de impacto del balasto por medio de una superficie de impacto del balasto formada por un elemento de malla de alambre propenso a daños locales de los cables individuales golpeados por una pieza de balasto.

Además, el documento EP 2 517 944 A2 desvela un tren de rodadura genérico en el que el dispositivo de protección comprende elementos de absorción de la energía de impacto que comprenden un material de madera como material de absorción de la energía de impacto que cubre el elemento portador. El material de madera, si bien proporciona una buena y duradera absorción de energía, tiene la desventaja de que tiene una tendencia comparativamente alta a absorber agua u otros líquidos, lo que conlleva un correspondiente hinchamiento del elemento de absorción de impactos en comparación con su estado seco. Esto conduce a problemas o mayores esfuerzos, respectivamente, en el montaje del elemento de absorción de impactos de una manera estable a largo plazo a pesar de su fuerte y periódica alteración de la geometría a lo largo del tiempo. Otro problema que se plantea con ese material de madera es la baja resistencia general al fuego, por lo que hay que adoptar medidas adicionales adecuadas para mejorar la resistencia al fuego del material de madera con el fin de respetar las normas de los operadores o los reglamentos oficiales relativos a la seguridad contra incendios.

### Sumario de la invención

De esta manera, un objeto de la invención es superar, al menos en cierta medida, las desventajas que se han mencionado más arriba y proporcionar un tren de rodadura que, con un diseño sencillo y un gasto reducido, proporcione a largo plazo una protección adecuada contra los impactos a los componentes del tren de rodadura y, al mismo tiempo, mantenga bajo el riesgo de vuelo de balasto.

Este y otros objetos se logran de acuerdo con la presente invención, que se basa en la enseñanza técnica de que un tren de rodadura que tenga un diseño simple, barato y compacto y que al mismo tiempo proporcione a largo plazo una protección adecuada contra los impactos de los componentes del vehículo con bajo riesgo de vuelo de balasto, se puede lograr si el elemento de absorción de impactos comprende al menos un elemento estructural que soporte la carga y esté hecho de un material compuesto reforzado con fibras. Un material compuesto de este tipo tiene la ventaja de que se puede configurar fácilmente para que tenga un peso bajo y una absorción de líquidos mucho menor, en particular, absorción de agua, en comparación con el material de madera de la cubierta portadora conocida por el documento EP 2 517 944 A2, mientras que al mismo tiempo mantiene las propiedades de absorción de energía de alto impacto y la integridad estructural general a largo plazo. Lo mismo ocurre con el hinchamiento máximo (es decir, la diferencia de tamaño y/o forma entre el estado con máxima absorción de agua y el estado totalmente seco). Además, tales materiales compuestos pueden ser adaptados para que sean inherentemente más resistentes al fuego que el material de madera conocido.

Se apreciará, en particular, que se pueden lograr configuraciones de fibras de refuerzo que proporcionen un efecto similar al de las fibras naturales del material de madera conocido. Además, la invención permite la implementación de configuraciones que son beneficiosas bajo el aspecto de mantener la integridad estructural global del elemento de absorción de impactos a largo plazo a pesar de las cargas de alto impacto distribuidas aleatoriamente en situaciones de impacto aleatorio, como ocurre con los objetos que se levantan aleatoriamente de la vía que se está recorriendo en ese momento.

Más precisamente, los elementos de absorción de impactos que tienen una alineación aleatoria de las fibras de refuerzo utilizadas en el elemento estructural proporcionan el efecto beneficioso de que, en comparación con las configuraciones con una alineación mutua definida de las fibras de refuerzo (por ejemplo, fibras paralelas), una porción de borde de un objeto que golpea la superficie de impacto sólo golpea a un número reducido de fibras bajo un ángulo que es adecuado para cortar (o destruir de otro modo) las fibras. Por consiguiente, en general, incluso en esas situaciones de carga de impacto aleatoria adversa se reducen los daños y, por lo tanto, se puede lograr de manera muy sencilla la integridad estructural general a largo plazo del elemento de absorción de impactos.

De esta manera, de acuerdo con un aspecto, la presente invención se refiere al tren de rodadura de un vehículo ferroviario, en particular un vehículo ferroviario de alta velocidad, de acuerdo con la reivindicación 1.

5 Se apreciará que el elemento estructural, básicamente, puede tener cualquier configuración deseada y adecuada. Por ejemplo, se pueden proporcionar una o más capas de fibras con una orientación mutua definida de las fibras utilizadas. Por ejemplo, se pueden utilizar una o más capas de fibras con fibras mutuamente paralelas (es decir, las llamadas capas de fibras unidireccionales). Además, se apreciará que se puede utilizar una pluralidad de tales capas de fibras unidireccionales con inclinación mutua de las fibras de las diferentes capas.

Preferiblemente, el elemento estructural comprende al menos una capa de fibras tejida, en particular, una textura de fibra. Con una disposición de este tipo se pueden lograr configuraciones particularmente resistentes y duraderas.

10 Además o como alternativa, preferiblemente, el elemento estructural comprende al menos una capa de fibras no tejida, en particular como la capa de fibras no tejida, una estera de fibra o un fieltro de fibra. Con una capa de fibras no tejidas de este tipo es posible en particular lograr la orientación aleatoria de las fibras de refuerzo utilizadas como se ha indicado más arriba. Por lo tanto, en última instancia, las propiedades isotrópicas de la citada capa de fibras no tejida, como se pueden lograr, por ejemplo, con una disposición de fibras aleatorias de este tipo, son muy beneficiosas. Por lo tanto, se pueden lograr configuraciones particularmente duraderas a largo plazo utilizando las citadas capas de fibras no tejidas. En particular, con respecto a la integridad estructural global a largo plazo, una capa de fibras no tejidas de este tipo es particularmente eficiente si, en una configuración con una pluralidad de capas de fibra, forma la una de esta pluralidad de capas de fibras que está situada más cerca de la superficie de impacto.

15 Se pueden lograr configuraciones particularmente ventajosas usando una combinación de al menos una capa de fibras tejidas y una capa de fibras no tejida.

20 Se apreciará que, en general, se puede elegir cualquier alineación global deseada y adecuada de las fibras de refuerzo de las capas de fibras como se ha indicado más arriba. La alineación global de las fibras de refuerzo, en particular, puede ser elegida en función de la funcionalidad específica de la capa de fibras respectiva que se obtenga dentro del elemento de absorción de impactos. Preferiblemente, al menos del 50% al 80% de las fibras de refuerzo se extienden al menos predominantemente, preferiblemente sustancialmente por completo, paralelamente al plano de extensión principal de su capa de fibras respectiva.

Con otras realizaciones adicionales preferidas de la invención, el elemento estructural es un elemento laminar, en particular un elemento laminar de alta presión, que comprende una pluralidad de capas. En este caso se pueden lograr configuraciones particulares de fabricación sencilla que tengan una alta resistencia y durabilidad.

30 Se apreciará que, básicamente, se puede usar cualquier tipo de fibra de refuerzo que se desee. Preferiblemente, el elemento estructural comprende al menos una capa de fibras que comprende fibras, en particular fibras sintéticas, siendo las fibras, en particular, fibras de vidrio y/o fibras de carbono y/o fibras de aramida.

35 Se apreciará que las diferentes capas de fibras pueden comprender diferentes tipos de fibras de refuerzo, por ejemplo, fibras hechas de diferentes materiales, fibras de diferentes dimensiones (por ejemplo, el diámetro y/o la longitud de la fibra). En particular, las propiedades (por ejemplo, el material y/o las dimensiones) de las fibras de la capa de fibras respectiva pueden ser seleccionadas en función de la ubicación y/o la funcionalidad de la capa de fibras respectiva. Por ejemplo, la capa de fibras situada más cerca de la superficie de impacto puede estar provista de fibras con un módulo elástico inferior y/o una mayor resistencia a la tracción en comparación con las fibras de la(s) otra(s) capa(s) de fibra situada(s) más alejada(s) de la superficie de impacto.

40 De manera similar, básicamente, cualquier forma deseada de unir las fibras de refuerzo puede ser implementada dentro del elemento estructural. Por ejemplo, el material de las propias fibras puede proporcionar una unión mutua entre las fibras. Preferiblemente, el elemento estructural comprende un material matricial en el que se incorporan las fibras. Básicamente, cualquier material matricial deseado y adecuado puede ser utilizado. Preferiblemente, el material matricial es una resina. De nuevo, generalmente, cualquier resina deseada puede ser utilizada. Las configuraciones particularmente simples y fáciles de fabricar utilizan una resina epoxi que tiene el material matricial.

45 Con ciertas realizaciones preferidas de la invención, el elemento estructural comprende un material de relleno, en particular, un material de relleno mineral. De esta manera se pueden lograr configuraciones muy robustas y ligeras.

50 Con ciertas realizaciones preferidas de la invención que tienen un comportamiento de protección contra los impactos particularmente bueno y estable a largo plazo, el elemento estructural tiene un valor de absorción de agua de menos del 25%, preferiblemente menos del 20%, más preferiblemente del 10% al 15%. Una absorción de agua tan baja, en particular, es altamente beneficiosa en términos del bajo hinchamiento del elemento estructural y, por lo tanto, la baja alteración en la forma y/o tamaño del elemento estructural, lo que a su vez influye en el esfuerzo para proporcionar un montaje estable a largo plazo del elemento estructural y, por lo tanto, del elemento de absorción de impactos.

Preferiblemente, el elemento estructural tiene una resistencia al impacto superior a 15 kJ/m<sup>2</sup>, preferiblemente de 20 kJ/m<sup>2</sup> a 40 kJ/m<sup>2</sup>, más preferiblemente de 25 kJ/m<sup>2</sup> a 30 kJ/m<sup>2</sup>. De este modo, de manera muy sencilla se puede lograr una configuración duradera y altamente estable a pesar de las cargas de impacto que se esperan típicamente de los objetos que se levantan de una vía en un entorno de vehículos ferroviarios de este tipo.

5 Además, preferiblemente, el elemento estructural tiene una resistencia a la tracción superior a 80 N/mm<sup>2</sup>, preferiblemente de 90 N/mm<sup>2</sup> a 120 N/mm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 100 N/mm<sup>2</sup> a 110 N/mm<sup>2</sup>. Además o como alternativa, el elemento estructural tiene preferiblemente una resistencia a la flexión superior a 150 N/mm<sup>2</sup>, preferiblemente de 160 N/mm<sup>2</sup> a 220 N/mm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 180 N/mm<sup>2</sup> a 200 N/mm<sup>2</sup>. Además o como alternativa, el elemento estructural tiene preferiblemente un módulo elástico a la tracción de 20.000 N/mm<sup>2</sup> a 35.000 N/mm<sup>2</sup>, preferiblemente de 24.000 N/mm<sup>2</sup> a 30.000 N/mm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 25.000 N/mm<sup>2</sup> a 28.000 N/mm<sup>2</sup>. Además, en adición o como alternativa, el elemento estructural tiene preferiblemente un módulo elástico de flexión de 10.000 N/mm<sup>2</sup> a 22.000 N/mm<sup>2</sup>, preferiblemente de 14.000 N/mm<sup>2</sup> a 20.000 N/mm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 16.000 N/mm<sup>2</sup> a 18.000 N/mm<sup>2</sup>. Todos estos parámetros (ya sea solos o en combinación arbitraria) proporcionan propiedades particularmente beneficiosas del elemento estructural y, en última instancia, del elemento de absorción de impactos, ya que permiten realizar la integridad estructural general a largo plazo del elemento de absorción de impactos en las condiciones de impacto que cabe esperar y, al mismo tiempo, permiten finalmente una buena absorción de la energía de impacto por parte del elemento de absorción de impactos.

20 Además, el elemento estructural tiene una densidad de 1,5 g/cm<sup>3</sup> a 2,5 g/cm<sup>3</sup>, preferiblemente de 1,7 g/cm<sup>3</sup> a 2,2 g/cm<sup>3</sup>, más preferiblemente de 1,8 g/cm<sup>3</sup> a 2,0 g/cm<sup>3</sup>. De esta manera se puede lograr un elemento de absorción de impactos comparativamente liviano y al mismo tiempo proporcionar una resistencia a largo plazo y una buena absorción de la energía de impacto.

25 Además, preferiblemente, el citado elemento estructural tiene al menos un requisito R7 y un nivel de riesgo HL2, preferiblemente un requisito R7 y un nivel de riesgo HL3, de acuerdo con la norma europea EN 45545 - 2. De esta manera, en particular, se puede lograr una seguridad contra incendios beneficiosa para el elemento de absorción de impactos.

30 Con ciertas realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo de protección y/o la estructura de soporte comprende al menos un dispositivo de absorción de energía de impacto, estando adaptado el dispositivo de absorción de energía de impacto para absorber una fracción notable de la energía de impacto de uno de los objetos que chocan contra el dispositivo de protección. Se apreciará que el dispositivo de absorción de la energía de impacto puede estar situado en cualquier lugar deseado de la cadena cinemática entre la superficie de impacto (golpeada por los objetos que se levantan) del dispositivo de protección y el bastidor del tren de rodadura, que es adecuado para proporcionar esa absorción de la energía de impacto. Preferiblemente, el propio elemento de absorción de impactos forma el dispositivo de absorción de energía de impacto por lo menos una vez. Por lo tanto, con ciertas realizaciones de la invención, el elemento de absorción de impactos comprende preferiblemente un material de absorción de energía de impacto, en particular, al menos una capa de absorción de energía de impacto.

40 Esta absorción de la energía de impacto por el propio dispositivo de protección y/o su soporte tiene la ventaja de que, por un lado, una inclinación más pronunciada con respecto a la dirección longitudinal si se puede seleccionar el tren de rodadura (o el vehículo, respectivamente) como la superficie de absorción del impacto del dispositivo de protección, mientras que (gracias a la absorción de energía) la transferencia de energía a las piezas que golpean el dispositivo de protección sigue siendo aceptablemente baja (lo que reduce el riesgo de vuelo de balasto). Esto permite una configuración que ahorra más espacio y que protege adecuadamente los componentes pertinentes del dispositivo de rodadura, al tiempo que es más fácil de integrar en un dispositivo de rodadura moderno.

45 Se apreciará que el dispositivo de protección puede ser utilizado para proteger cualquier componente deseado del tren de rodadura de tales impactos. Preferiblemente, el componente protegido es una parte del conjunto de ruedas, en particular, un árbol del conjunto de ruedas, ya que aquí, el dispositivo de protección es particularmente beneficioso (considerando la considerable relevancia de seguridad de la integridad estructural del conjunto de ruedas, en particular, del árbol del conjunto de ruedas).

50 La cantidad de absorción de energía de impacto proporcionada por el dispositivo de absorción de energía puede ser seleccionada en función de la probabilidad de acumulación de vuelo de balasto identificada para el vehículo específico (antes de la aplicación de la presente invención). Esta probabilidad, a su vez, entre otras, es una función del rango de velocidad del vehículo que se espera en condiciones normales de funcionamiento. En este caso, una magnitud relevante es la velocidad máxima nominal de operación del vehículo (es decir, la velocidad máxima que se debe alcanzar durante períodos más largos en condiciones de operación normales), ya que el riesgo de acumulación de vuelo de balasto tiene que mantenerse también a un nivel aceptable para esta velocidad máxima nominal de operación. Por lo tanto, de esta manera, en general se aplica que una velocidad máxima nominal de funcionamiento más elevada requiere un nivel más alto de absorción de la energía de impacto.

Con las realizaciones preferentes de la invención, el dispositivo de protección protege la parte protegida contra los impactos de las piezas de balasto que se levantan de un lecho de balasto de una vía utilizada durante el funcionamiento del vehículo, en el que el lecho de balasto está formado por piezas de balasto que tienen un diámetro nominal máximo y el vehículo tiene una velocidad nominal máxima de funcionamiento. Una pieza de balasto del lecho de balasto que tenga el máximo diámetro nominal define una energía de impacto nominal al golpear el dispositivo de protección a una velocidad de impacto relativa nominal, siendo la velocidad de impacto relativa nominal dirigida exclusivamente en paralelo a una dirección longitudinal del tren de rodadura y teniendo una cantidad igual a la máxima velocidad nominal de funcionamiento del vehículo. En este caso, para lograr una reducción adecuada del riesgo de acumulación de vuelo de balasto, el dispositivo de absorción de la energía de impacto está adaptado para absorber al menos el 5% de la energía de impacto nominal, en particular al menos el 15% de la energía de impacto nominal, preferiblemente al menos el 25% de la energía de impacto nominal.

Se apreciará que el elemento de absorción de impactos puede tener en general de cualquier forma deseada y adecuada. En casos preferiblemente sencillos, el elemento de absorción de impactos puede ser un elemento con forma de placa, que es particularmente fácil de fabricar y manejar. Además, preferiblemente, el elemento de absorción de impactos puede ser montado de forma liberable en el dispositivo de protección, lo que conlleva un bajo esfuerzo de mantenimiento.

Se apreciará que un único elemento de absorción de impactos puede ser suficiente. Sin embargo, el mantenimiento se simplifica en gran medida y se hace más eficiente en costos si se dispone una pluralidad de elementos de absorción de impactos en el dispositivo de protección, formando preferiblemente la pluralidad de elementos de absorción de impactos, conjuntamente y de forma sustancial, toda la superficie de impacto para los objetos que chocan contra el dispositivo de protección.

La absorción de la energía de impacto se puede lograr de cualquier manera adecuada, por ejemplo, proporcionando un diseño estructural específico del elemento de absorción de energía respectivo que permita la absorción o disipación de la energía, respectivamente, por fricción entre los componentes o partes del elemento de absorción de energía. Con las realizaciones posteriores de la invención, el elemento de absorción de impactos comprende un material de absorción de energía de impacto. Aquí, cualquier material adecuado que proporcione una cantidad suficiente de absorción de energía de impacto durante períodos suficientemente largos o un número suficiente de impactos individuales, respectivamente, puede ser elegido. Los materiales sintéticos apropiados pueden ser elegidos como material de absorción de la energía de impacto. En cualquier caso, se apreciará que, por supuesto, también se pueden utilizar combinaciones arbitrarias de diferentes materiales de absorción de energía.

Como se ha mencionado inicialmente, la absorción de energía permite una disposición más favorable (en particular, una mayor inclinación con respecto a la dirección longitudinal del tren de rodadura) de la superficie de impacto del dispositivo de protección. Se debe hacer notar que, en el sentido de la presente invención, la superficie de impacto debe ser considerada como la parte del dispositivo de protección que tiene una probabilidad de ser golpeada por un objeto levantado verticalmente de la vía (por ejemplo, un lecho de balasto) de más del 10% al 20% a la velocidad máxima nominal de funcionamiento del vehículo (como se ha señalado más arriba).

Por lo tanto, con las realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo de protección define una superficie de impacto para los objetos, al menos el 50% de la superficie de impacto, preferiblemente al menos el 80% de la superficie de impacto, más preferiblemente al menos el 90% de la superficie de impacto, estando inclinado con respecto a un eje longitudinal del tren de rodadura con un ángulo de inclinación. En este caso, el ángulo de inclinación oscila entre 35° y 70°, en particular entre 40° y 60°, preferiblemente entre 45° y 50°, de modo que se consigue una configuración que ahorra comparativamente espacio y que se integra más fácilmente en el espacio disponible en el tren de rodadura, que suele estar estrictamente limitado.

Con otras realizaciones preferidas de la invención, al menos una parte de la absorción de la energía de impacto se proporciona por medio del soporte del dispositivo de protección. Por lo tanto, en unas ciertas realizaciones del tren de rodadura de acuerdo con la invención, el dispositivo de protección comprende un elemento de protección, estando el elemento de protección asociado espacialmente al componente protegido y estando conectado al bastidor del tren de rodadura por medio de un segundo elemento de absorción de la energía de impacto. Esto tiene la ventaja de que, por un lado, la absorción de energía no tiene que ocurrir necesariamente en la región de la superficie de impacto, de manera que se puede elegir un diseño muy simple de la superficie de impacto, si se desea. Además, por otra parte, puede lograrse una absorción adicional de energía en una región alejada de la superficie de impacto, lo que aumenta la absorción general de energía de impacto y, con el tiempo, alivia los problemas o restricciones relacionados con la absorción de energía en la región de la superficie de impacto.

La absorción de energía se puede lograr en cualquier lugar y de cualquier manera adecuada en la región de soporte del dispositivo de protección. Por ejemplo, uno de los componentes (por ejemplo, un elemento de soporte) de la propia estructura de soporte puede diseñarse como el elemento de absorción de energía correspondiente. Preferiblemente, el elemento de protección está conectado a un elemento de soporte de la estructura de soporte, estando

dispuesto el segundo elemento de absorción de energía de impacto entre el elemento de protección y el elemento de soporte y/o entre el elemento de soporte y el bastidor del tren de rodadura.

5 Con las realizaciones de la invención ventajosas, uno o más componentes del tren de rodadura, que se proporcionan en cualquier caso por otras razones funcionales, también integran la función de la estructura de soporte y/o la función de segundo elemento de absorción de la energía impacto. Por lo tanto, con ciertas realizaciones preferidas del tren de rodadura de acuerdo con la invención, la estructura de soporte comprende un brazo de soporte de un motor de accionamiento que acciona el conjunto de rueda, el brazo de soporte que forma un elemento de soporte de la estructura de soporte que soporta el dispositivo de protección. Con un diseño de este tipo, se puede lograr una configuración altamente integrada funcionalmente.

10 La conexión entre el dispositivo de protección y la estructura de soporte puede lograrse de cualquier manera adecuada. Más precisamente, se puede elegir cualquier tipo de conexión (conexión positiva, conexión por fricción, conexión adhesiva, etc.) o combinaciones arbitrarias de las mismas. Preferiblemente, se elige una configuración que proporcione una conexión a prueba de fallos en la medida en que asegure el dispositivo de protección contra el desplazamiento (hasta la pérdida completa del dispositivo de protección) incluso si los elementos de fijación (como, típicamente, pernos roscados, abrazaderas, etc.) fallan durante el funcionamiento del vehículo.

15 Por lo tanto, preferiblemente, el dispositivo de protección comprende un elemento de protección, el cual está asociado espacialmente al componente de protección y define una primera sección de conexión que coopera con una segunda sección de conexión definida por la estructura de soporte. La primera sección de conexión y la segunda sección de conexión definen una conexión positiva, siendo efectiva la conexión positiva en una dirección de altura del tren de rodadura y/o en una dirección longitudinal del tren de rodadura, proporcionando de esta manera seguridad contra el desplazamiento en la dirección respectiva.

20 Con ciertas realizaciones preferidas de la invención, la primera sección de conexión comprende un par de primeras ménsulas del elemento de protección y la segunda sección de conexión comprende un par de segundas ménsulas de la estructura de soporte. Cada una de las primeras ménsulas define un eje longitudinal de las primeras ménsulas, mientras que cada una de las segundas ménsulas define un eje longitudinal de las segundas ménsulas. Al menos un primer eje de ménsula y/o al menos un segundo eje de ménsula está inclinado con respecto a una dirección longitudinal del tren de rodadura de tal manera que se obtiene de manera muy sencilla tal conexión positiva de seguridad. Preferiblemente, al menos un primer eje de ménsula y/o al menos un segundo eje de ménsula está inclinado con respecto a un plano definido por una dirección longitudinal y una dirección transversal del tren de rodadura. Esto conduce a una configuración muy beneficiosa con una conexión positiva tanto en la dirección longitudinal como en la dirección de altura, lo que proporciona un grado muy alto de seguridad contra el desplazamiento.

25 La presente invención también se refiere a un vehículo ferroviario, en particular un vehículo ferroviario de alta velocidad, que comprende un cuerpo de vagón y al menos un tren de rodadura de acuerdo con la invención, estando soportado el cuerpo del vagón sobre el tren de rodadura. Con un vehículo de este tipo, las características y ventajas que se han descrito más arriba en el contexto del tren de rodadura de acuerdo con la invención pueden realizarse en la misma medida. Por lo tanto, en este caso sólo se hace referencia a las explicaciones que se han dado más arriba.

30 Como se ha mencionado inicialmente, la presente invención es particularmente eficaz en el contexto de los vehículos ferroviarios de alta velocidad. De ahí que, preferiblemente, se defina una velocidad máxima nominal de funcionamiento para el vehículo ferroviario, siendo la velocidad máxima nominal de funcionamiento mayor de 180 km/h, siendo preferiblemente mayor de 200 km/h, más preferiblemente mayor de 240 km/h.

Realizaciones adicionales de la invención serán evidentes por las reivindicaciones dependientes y por la descripción que sigue de realizaciones preferidas que se refieren a las figuras del apéndice..

### Breve descripción de los dibujos

45 La figura 1 es una vista lateral esquemática de una realización preferida del vehículo ferroviario de acuerdo con la invención, que comprende una realización preferida del tren de rodadura de acuerdo con la invención;

la figura 2 es una vista superior esquemática de una parte del tren de rodadura de la figura 1 (vista en una sección a lo largo de la línea II - II de la figura 1);

la figura 3 es una representación en sección esquemática de una parte del tren de rodadura de la figura 2 (vista en una sección a lo largo de la línea III - III de la figura 2);

50 la figura 4 es una vista esquemática inferior del dispositivo de protección del tren de rodadura de la figura 3 (visto en la dirección de la flecha IV de la figura 3);

la figura 5 es una vista lateral esquemática del dispositivo de protección del tren de rodadura de la figura 3 (visto en la dirección de la flecha V de la figura 3);

la figura 6 es una vista superior esquemática del dispositivo de protección del tren de rodadura de la figura 3 (visto en la dirección de la flecha VI de la figura 3);

la figura 7 es una representación seccional esquemática de un detalle del tren de rodadura de la figura 2 (visto en una sección a lo largo de la línea VII - VII de la figura 2);

5 la figura 8 es una representación en sección esquemática de un detalle del dispositivo de protección de la figura 6 (visto en una sección a lo largo de la línea VIII - VIII de la figura 6).

### Descripción detallada de la invención

10 A continuación se describirá, con referencia a las figuras 1 a 8, la realización preferida de un vehículo ferroviario de alta velocidad 101 de acuerdo con la invención. El vehículo 101 comprende un cuerpo de vagón 102 soportado en sus dos extremos (por medio de una suspensión secundaria) en una realización preferida de un tren de alta velocidad de acuerdo con la invención en forma de bogie 103. El bogie 103 se desplaza sobre una vía T con una cama de balasto que comprende piezas de balasto B que tienen definido un diámetro máximo  $d_{max}$ .

15 Con el fin de simplificar las explicaciones que se dan a continuación, se ha introducido en las figuras un sistema de coordenadas x,y,z, en el que (en una vía recta y nivelada) el eje x designa la dirección longitudinal del tren de rodadura 103 (y del vehículo 101, respectivamente), el eje y designa la dirección transversal del tren de rodadura 103 (y del vehículo 101, respectivamente) y el eje z designa la dirección de altura del tren de rodadura 103 (y del vehículo 101, respectivamente).

20 Como se puede ver en las figuras 2 y 3 (ambas muestran vistas de la mitad del extremo del tren de rodadura 103 situado en el lado derecho de la figura 1) el medio comprende un bastidor del tren de rodadura 104 soportado (de manera convencional mediante una suspensión secundaria) sobre los dos conjuntos de ruedas 105. Cada conjunto de ruedas 105 comprende dos ruedas 106.1, 106.2 conectadas por un árbol 107 del conjunto de ruedas. Cada conjunto de ruedas 105 está accionado por una unidad de accionamiento asociada 108 (que comprende un motor 108.1 y un engranaje 108.2) suspendida por medio de una suspensión de la unidad de accionamiento al bastidor del tren de rodadura 104.

25 El vehículo 101 tiene una velocidad máxima nominal de funcionamiento  $v_{max}$  superior a 240 km/h de tal manera que se enfrenta al problema del vuelo de balasto como se ha descrito más arriba. Por lo tanto, es necesario, entre otras cosas, proteger los componentes relevantes para la seguridad y sensibles a los impactos del tren de rodadura 103, como la parte 107.1 (por lo demás no cubierta) del árbol 107 del conjunto de rueda, contra los impactos de las piezas de balasto B u otros objetos que se levantan en dirección de la altura (dirección z) de la vía T (que comprende un lecho de balasto). Además, no sólo es necesario proteger los componentes del tren de rodadura 103 contra los impactos. También es conveniente reducir al menos la probabilidad de que se produzcan esas situaciones de vuelo de balasto.

35 En el presente ejemplo, ambas necesidades son abordadas por un dispositivo de protección 109 estrechamente asociado espacialmente al árbol 107 del conjunto de ruedas en la parte extrema del árbol que está orientado separándose del centro del engranaje. El dispositivo de protección 109 está estrechamente asociado espacialmente a la parte libre 107.1 del árbol 107 del conjunto de ruedas, situado adyacente al motor 108.1 entre el disco de freno 105.1 y la rueda 106.1. Para simplificar las explicaciones que se dan a continuación, se ha introducido en las figuras un sistema de coordenadas xs,ys,zs, cuya relación con respecto al sistema de coordenadas x,y,zs se puede tomar de la figura 2.

40 El dispositivo de protección 109 comprende un elemento de protección 109.1 conectado al bastidor 104 del tren de rodadura por medio de una estructura de soporte en forma de brazo de soporte 108.3. El brazo de soporte 108.3 es una parte de la suspensión que soporta el dispositivo de accionamiento 108 y, por lo tanto, de manera beneficiosa y ahorrando espacio, integra la función de soportar el dispositivo de accionamiento 108 y el dispositivo de protección 109.

45 El elemento de protección 109.1, generalmente plano y en forma de placa, en su lado que está orientado separándose del árbol 107 y hacia abajo, hacia la vía T, lleva una pluralidad de elementos de absorción de impactos 109.2, 109.3. Los elementos de absorción de impactos 109.2, 109.3, generalmente planos y en forma de placa (aparte de los pequeños huecos insignificantes que se forman entre ellos) juntos forman sustancialmente toda la superficie de impacto 109.4 (que define el plano xs,ys) del dispositivo de protección 109. es decir, la parte del dispositivo de protección 109 que tiene una probabilidad de ser golpeada por un objeto B levantado verticalmente de la vía T (por ejemplo, un lecho de balasto) de más del 10% al 20% durante el funcionamiento normal a la velocidad máxima nominal de funcionamiento  $v_{max}$  del vehículo (como se ha señalado más arriba). El elemento de protección 109.1 se conecta al brazo de soporte 108.3 por medio de las primeras ménsulas 109.5 como se explicará con más detalle más adelante.



5 Como se puede ver en la figura 8, el elemento de protección 109.1 comprende un elemento portador trasero 109.6 (típicamente hecho de un metal, tal como el acero o similar) que lleva los elementos de absorción de impactos 109.2, 109.3. En el presente ejemplo, cada elemento de absorción de impactos 109.2, 109.3 comprende un elemento de absorción de la energía de impacto 109.7 que está orientado hacia el elemento portador 109.6 y un elemento estructural portador de la carga 109.8 que forma la superficie de impacto 109.4.

Como se puede ver adicionalmente en la figura 8, el elemento estructural 109.8 es un elemento laminado (típicamente un elemento laminado de alta presión) hecho de un material compuesto reforzado con fibras. El elemento estructural 109.8 comprende una pluralidad de capas, es decir, una primera capa de fibras 109.9 y una segunda capa de fibras 109.10 incrustadas dentro de las capas de matriz 109.11.

10 La primera capa de fibras 109.9 es una capa de fibras tejida, es decir, una textura de fibra tejida con las primeras fibras de refuerzo, más precisamente fibras de vidrio. Las fibras de refuerzo de la primera capa de fibras 109.9 se extienden predominantemente dentro del plano de extensión principal de la primera capa de fibras 109.9, es decir, en un plano sustancialmente paralelo a la superficie de impacto 109.4. Esta primera capa de fibras 109.9 proporciona una alta estabilidad estructural al elemento estructural 109.8. La alineación regular de las fibras de la primera  
15 capa de fibras 109.9 es particularmente beneficiosa bajo las cargas de impacto locales (cuando una pieza de balasto B golpea la superficie de impacto 109.4, como se indica con el contorno de líneas de trazos 112 de la figura 8) y la deformación resultante del elemento estructural 109.8.

20 Como se puede deducir del contorno 112, la deformación en forma de cuenco del elemento estructural 109.8 da lugar a cargas de tracción considerables introducidas en el elemento estructural 109.8 en el plano de extensión principal de las partes de la capa situadas en el lado opuesto a la superficie de impacto 109.4 (es decir, las partes de la capa situadas adyacentes al elemento de absorción de energía de impacto 109.7), que pueden ser fácilmente aceptadas por las fibras regularmente alineadas de la primera capa de fibras 109.9 situada en esta zona.

25 La segunda capa de fibras 109.10 es una capa de fibras no tejida, es decir, una estera de fibra, que también comprende fibras de vidrio como fibras de refuerzo. Las fibras de refuerzo de la segunda capa de fibras 109.10 se extienden predominantemente dentro del plano de extensión principal de la segunda capa de fibras 109.10, es decir, en un plano sustancialmente paralelo a la superficie de impacto 109.4.

30 Las fibras de refuerzo de la segunda capa de fibras 109.10 tienen una orientación aleatoria como se ha descrito más arriba. Por lo tanto, por último, la segunda capa de fibras 109.10 tiene propiedades sustancialmente isotrópicas en su plano de extensión principal, lo que es muy beneficioso para la zona situada cerca de la superficie de impacto 109.4 como se ha señalado más arriba. Por lo tanto, como se puede ver adicionalmente en la figura 8, la segunda capa de fibras 109.10 es la capa de fibras situada más cerca de la superficie de impacto 109.4, de manera que en el presente ejemplo se consigue una configuración particularmente duradera con una integridad estructural global a largo plazo del elemento de absorción de impactos respectivo 109.2, 109.3 utilizando la citada capa de fibras no tejidas 109.10 situada cerca de la superficie de impacto 109.4.

35 Aunque en el presente ejemplo sólo se proporcionan dos capas de fibras, se apreciará que se pueden implementar números y/o combinaciones y/o secuencias arbitrarias de tales capas de fibras tejidas y/o no tejidas con otras realizaciones de la invención. Por lo tanto, en particular, se pueden utilizar más de dos de estas capas de fibras. Por ejemplo, al menos dos capas adyacentes de fibras no tejidas 109.10 pueden estar localizadas cerca de la superficie de impacto dando una configuración en la que, en un determinado momento después de la destrucción local de la  
40 capa de fibras no tejidas más externa 109.10, la segunda capa de fibras no tejidas más interna 109.10 asume la función de la parte destruida de la capa de fibras no tejidas más externa 109.10.

45 En el presente ejemplo, las capas de fibras 109.9 y 109.10 están unidas unas a las otras por las capas matriciales 109.11 hechas de un material matricial que incrusta las fibras. Básicamente, se puede utilizar cualquier material matricial deseado y adecuado. En el presente ejemplo, el material matricial es una resina epoxídica. Además, el material matricial contiene un material de relleno mineral para lograr una configuración muy robusta y ligera. Sin embargo, se apreciará que material de relleno de este tipo también puede ser omitido en otras realizaciones de la invención.

50 En el presente ejemplo, se logra un comportamiento de protección contra impactos particularmente bueno y estable a largo plazo, ya que el elemento estructural 109.8 tiene un valor de absorción de agua de alrededor del 14%. Esa baja absorción de agua es particularmente beneficiosa en términos de bajo hinchamiento del elemento estructural 109.8 y, por lo tanto, la baja alteración de la forma y/o tamaño del elemento estructural 109.8 que influye en el esfuerzo por proporcionar un montaje estable a largo plazo del elemento estructural 109.8 y, por lo tanto, del elemento de absorción de impactos 109.2. En el presente ejemplo, basta con una simple conexión atornillada que, gracias a la escasa alteración de la forma y el tamaño del elemento estructural 109.8 durante el funcionamiento, no se afloja con  
55 el tiempo.

Además, en el ejemplo, el elemento estructural 109.8 tiene una resistencia al impacto de 25 kJ/m<sup>2</sup>. De esta manera se consigue una configuración duradera y altamente estable a pesar de las cargas de impacto que se esperan típicamente de los objetos B que se levantan de la vía T en un entorno de vehículos ferroviarios de este tipo.

5 Además, en el presente ejemplo, el elemento estructural 109.8 tiene una resistencia a la tracción de unos 100 N/mm<sup>2</sup>, una resistencia a la flexión de unos 180 N/mm<sup>2</sup>, un módulo elástico de tracción de 25.000 N/mm<sup>2</sup> y un módulo elástico de flexión de 16.000 N/mm<sup>2</sup> a 18.000 N/mm<sup>2</sup>. Todos estos parámetros proporcionan propiedades particularmente beneficiosas del elemento estructural 109.8 y, en última instancia, del elemento de absorción de impactos 109.2, ya que permiten realizar la integridad estructural general a largo plazo del elemento de absorción de impactos 109.2 en las condiciones de impacto que cabe esperar en un entorno de vehículos ferroviarios de este tipo y, al mismo tiempo, permiten una buena absorción de la energía de impacto.

Además, en el presente ejemplo, el elemento estructural 109.8 tiene una densidad de 1,9 g/cm<sup>3</sup>, lo que da lugar a un elemento de absorción de impactos comparativamente ligero 109.2, a la vez que proporciona resistencia a largo plazo y una buena absorción de la energía de impacto.

15 Además, en el presente ejemplo, el elemento estructural 109.8 tiene un requisito R7 y un nivel de riesgo HL2 conforme a la norma europea EN 45545 - 2. De esta manera se consigue un alto nivel de seguridad contra incendios particularmente beneficioso para el elemento de absorción de impactos 109.2.

Cada elemento de absorción de impactos 109.2, 109.3 se conecta de forma liberable al elemento de protección 109.1 por medio de una pluralidad de conexiones atornilladas. De esta manera se garantiza el rápido intercambio del primer elemento de absorción de energía de impacto respectivo 109.2, 109.3.

20 El elemento de absorción de energía de impacto 109.7 es un primer elemento de absorción de energía de impacto hecho de un material de absorción de energía de impacto, que comprende, por ejemplo, un material de caucho o similar, que proporciona una buena disipación de energía por fricción interna. Una mayor absorción de la energía de impacto la proporciona un segundo elemento de absorción de la energía de impacto en forma de cojinetes de caucho 110, por medio de los cuales el brazo de soporte 108.3 y otras partes de la unidad de accionamiento 108, respectivamente, se conectan elásticamente al bastidor del tren de rodadura 104.

Por lo tanto, en la realización mostrada, en total, se logra una absorción de energía de impacto considerable y bien notoria. Más precisamente, se logra una cantidad total de absorción de energía de impacto, en la que se absorbe al menos el 15% de la energía de impacto nominal E<sub>n</sub> de una pieza de balasto B. La energía de impacto nominal E<sub>n</sub> se define por una pieza de balasto B que tiene un diámetro nominal máximo d<sub>max</sub> (de las piezas de balasto en el lecho de balasto de la vía T) y que golpea la superficie de impacto 109.4 a una velocidad de impacto relativa nominal v<sub>i</sub>. La velocidad de impacto relativa nominal v<sub>i</sub> se dirige exclusivamente en paralelo a la dirección longitudinal del tren de rodadura 103 y tiene una cantidad igual a la velocidad de funcionamiento nominal máxima v<sub>max</sub>.

35 Se apreciará que, con otras realizaciones de la invención, el elemento de absorción de la energía de impacto 109.7 puede omitirse también, de manera que cada elemento de absorción de impactos 109.2, 109.3 comprende exclusivamente un elemento estructural 109.8 como se ha señalado más arriba. Se apreciará que, en tal caso, la absorción de energía en cierta medida también puede ocurrir dentro del elemento estructural 109.8, en el que la absorción de energía es una función de la fricción interna dentro y entre los componentes del elemento estructural 109.8 (es decir, la fricción interna dentro del material de la matriz, la fricción interna dentro del material de relleno, la fricción entre el material de la matriz y el material de relleno, la fricción entre el material de la matriz y/o el material de relleno y las fibras de refuerzo, como la fricción entre las propias fibras de refuerzo).

40 Como se puede ver en la figura 2, el elemento de protección 109.1 está dispuesto de tal manera que la superficie de impacto 109.4 está inclinada con respecto al eje longitudinal (eje x) del tren de rodadura 103 con un ángulo α = 45°, lo que tiene varias ventajas. Sin embargo, con otras realizaciones de la invención que tienen elementos de protección no planos y/o elementos de absorción de energía no planos (es decir, una superficie de impacto arbitrariamente curvada y/o poligonal) al menos el 50% (hasta al menos el 90%) de la superficie de impacto está inclinada con respecto al eje longitudinal con un ángulo de inclinación bastante pronunciado.

45 Además, se apreciará que, con otras realizaciones de la invención, se pueden elegir otros ángulos de inclinación α bastante pronunciados. Típicamente, el ángulo de inclinación α oscila entre 35° y 70° y preferiblemente es de aproximadamente α = 45° ± 5°. Esta disposición bastante inclinada de la superficie de impacto 109.4 tiene varias ventajas.

50 En primer lugar, dependiendo del ángulo de impacto (con el que el objeto B impacta contra la superficie de impacto 109.4) este ángulo de inclinación α produce una desviación del objeto B que impacta en una dirección aproximadamente vertical (es decir, aproximadamente paralela a la dirección de la altura, es decir, la dirección z), hacia abajo sobre la pista T. El impacto vertical subsiguiente (aproximadamente) sobre la pista T tiene la ventaja de que la pro-

babilidad de levantar más objetos B de la pista T se reduce en comparación con un impacto de la cama de la pista en un ángulo oblicuo.

La absorción de energía de impacto proporcionada por los primeros elementos de absorción de energía 109.2, 109.3 y el segundo elemento de absorción de energía de impacto 110 también está reduciendo efectivamente la probabilidad de levantar más objetos B de la pista T, ya que reduce la energía cinética del objeto B, de manera que se logra una reducción general del riesgo de acumulación de vuelo de balasto,

Además, el (ángulo de inclinación  $\alpha$  (bastante pronunciado) conduce a una configuración que ahorra comparativamente espacio del dispositivo de protección 109 con una dimensión comparativamente pequeña del dispositivo de protección 109 en la dirección x, de modo que el dispositivo de protección 109 puede integrarse fácilmente en el espacio típicamente limitado disponible en el tren de rodadura 103.

Como se ha indicado más arriba, la conexión entre el dispositivo de protección 109 y el brazo de soporte 108.3 se realiza mediante un par de primeras ménsulas 109.5 del elemento de protección 109.1 que forman una primera sección de conexión y un par de segundas ménsulas 108.4 del brazo de soporte 108.3 que forman una segunda sección de conexión. Como se puede ver, entre otras, en la figura 7, las primeras ménsulas 109.5 y las segundas ménsulas 108.4 cooperan por pares de tal manera que se forma una conexión positiva, que es efectiva en la dirección de la altura (dirección z) del tren de rodadura 103. Otros elementos de conexión, tales como los pernos rosca-dos 111 (que se alcanzan a través de los orificios de las primeras ménsulas 109.5 y las segundas ménsulas 108.4) se utilizan para fijar el elemento de protección 109.1 al brazo de soporte 108.3.

Cada una de las primeras ménsulas 109.5 define un primer eje longitudinal 109.6, mientras que cada una de las segundas ménsulas 108.4 define un segundo eje longitudinal 108.5 (véase la figura 2). Los ejes de ménsulas 109.6, 108.5 están inclinados con respecto a la dirección longitudinal (dirección x) del tren de rodadura 103, de manera que se consigue una disposición sustancialmente en forma de V de la primera y segunda sección de conexión.

Esta configuración en forma de V, por un lado, tiene la ventaja de que el par de primeras ménsulas 109.5 del elemento de protección 109.1 puede engancharse simplemente en el par de segundas ménsulas 108.4 (desde el lado orientado separándose del árbol 107).

Por otra parte, la configuración en forma de V también puede proporcionar seguridad contra el desplazamiento del elemento de protección 109.1 en la dirección longitudinal (dirección x) en caso de fallo de los elementos de conexión 111. Con este fin, se puede elegir una ligera inclinación (de unos pocos grados, por ejemplo, 5° a 10°) del plano definido por los ejes de ménsula 109.6, 108.5 con respecto al plano xy, de manera que, en caso de fallo de los elementos de unión 111, el elemento de protección 109.1 (por ejemplo, bajo la influencia de las vibraciones presentes en el funcionamiento normal) pueda deslizarse hacia el árbol 107 hasta que se forme una conexión positiva entre las primeras ménsulas 109.5 y las segundas ménsulas 108.4 en la dirección longitudinal (dirección x).

Sin embargo, se apreciará que esta inclinación, por un lado, no tiene por qué estar necesariamente presente ya que las fuerzas longitudinales generadas por los impactos pueden conducir al mismo resultado. Además, con otras realizaciones de la invención, se puede elegir una inclinación más fuerte (por ejemplo, de 30° a 45°), por ejemplo, junto con una conexión positiva entre ménsulas primera y segunda en la dirección longitudinal (dirección x) formada ya en condiciones normales de funcionamiento.

Por lo tanto, en cualquier caso, se logra una conexión a prueba de fallos en la medida en que asegura el dispositivo de protección 109 contra el desplazamiento (hasta la pérdida completa del dispositivo de protección 109) incluso si los elementos de conexión 111 fallan durante el funcionamiento del vehículo.

Se apreciará que, en la presente realización, un dispositivo de protección correspondiente 109 está asociado al otro conjunto de ruedas 105 del tren de rodadura 103 de una manera (puntual o de espejo) simétrica con respecto al plano central longitudinal CP del tren de rodadura 103, de modo que el vehículo 101 es apto para el funcionamiento bidireccional con la misma protección a sus componentes.

En lo que antecede, la invención ha sido descrita en el contexto de la protección del árbol 107 del conjunto de rueda. Sin embargo, se apreciará que el dispositivo de protección puede ser utilizado para proteger cualquier otro componente deseado del tren de rodadura 103 de tales impactos. Por ejemplo, otros componentes relevantes para la seguridad y/o sensibles a los impactos, como por ejemplo una antena u otros componentes del sistema de control de un tren pueden ser el componente protegido.

**REIVINDICACIONES**

1. Un tren de rodadura para un vehículo ferroviario, en particular un vehículo ferroviario de alta velocidad, que comprende
- 5           – un conjunto de ruedas (105),
- un bastidor de tren de rodadura (104) y
- un dispositivo de protección (109);
- el citado el bastidor del tren de rodadura (104) está soportado en el citado conjunto de ruedas (105);
- 10           – el citado dispositivo de protección (109) está conectado al citado bastidor del tren de rodadura (104) por medio de una estructura de soporte (108) y estando asociado espacialmente a por lo menos un componente protegido (107) del citado tren de rodadura (103);
- el citado dispositivo de protección (109) que protege una pieza protegida (107.1) del citado componente protegido (107) contra los impactos de objetos (B), en particular piezas de balasto, que se levantan de una vía (T) utilizada durante el funcionamiento del citado vehículo;
- 15           – el citado dispositivo de protección (109) comprende un elemento portador (109.6) y al menos un elemento de absorción de impactos (109.2, 109.3),
- el citado al menos un elemento de absorción de impactos (109.2, 109.3) está montado en el citado elemento portador (109.6) para cubrir el citado elemento portador (109.6) y formar una superficie de impacto (109.4) para los citados objetos (B);
- 20   **caracterizado en que**
- el citado elemento de absorción de impactos comprende al menos un elemento estructural de soporte de carga (109.8) hecho de un material compuesto reforzado con fibras, en el que
- el citado elemento estructural (109.8) es un elemento laminar que comprende una pluralidad de capas (109.9, 109.10, 109.11).
- 25   **2.** El tren de rodadura de acuerdo con la reivindicación 1, en el que
- el citado elemento estructural (109.8) comprende al menos una capa de fibras tejidas (109.9), en particular, una textura de fibras,
- y/o
- 30           – el citado elemento estructural (109.8) comprende al menos una capa de fibras no tejidas (109.10), en particular, una estera de fibras o un fieltro de fibras, formando la citada capa de fibras no tejidas (109.10), en particular, una de una pluralidad de capas de fibras situadas lo más cerca posible de la citada superficie de impacto (109.4);
- y/o
- el citado elemento estructural (109.8) es un elemento laminado de alta presión.
- 35   **3.** El tren de rodadura de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que
- el citado elemento estructural (109.8) comprende al menos una capa de fibras (109.9, 109.10) que comprende fibras, en particular fibras sintéticas, siendo las citadas fibras, en particular, fibras de vidrio
- y/o
- fibras de carbono y/o fibras de aramida;
- 40           y/o
- el citado elemento estructural (109.8) comprende un material matricial, siendo el citado material matricial, en particular, una resina, en particular una resina epoxídica;
- y/o

- el citado elemento estructural (109.8) comprende un material de relleno, en particular, un material de relleno mineral.
4. El tren de rodadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- 5
- el citado elemento estructural (109.8) tiene una absorción de agua inferior al 25%, preferiblemente inferior al 20%, más preferiblemente del 10% al 15%;
- y/o
- el citado elemento estructural (109.8) tiene una resistencia al impacto superior a 15 kJ/m<sup>2</sup>, preferiblemente de 20 kJ/m<sup>2</sup> a 40 kJ/m<sup>2</sup>, más preferiblemente de 25 kJ/m<sup>2</sup> a 30 kJ/m<sup>2</sup>;
- y/o
- 10
- el citado elemento estructural (109.8) tiene una resistencia a la tracción superior a 80 N/mm<sup>2</sup>, preferiblemente de 90 N/mm<sup>2</sup> a 120 N/mm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 100 N/mm<sup>2</sup> a 110 N/mm<sup>2</sup>;
- y/o
- el citado elemento estructural (109.8) tiene una resistencia a la flexión superior a 150 N/mm<sup>2</sup>, preferiblemente de 160 N/mm<sup>2</sup> a 220 N/mm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 180 N/mm<sup>2</sup> a 200 N/mm<sup>2</sup>;
- 15
- y/o
- el citado elemento estructural (109.8) tiene un módulo elástico de tracción de 20.000 N/mm<sup>2</sup> a 35.000 N/mm<sup>2</sup>, preferiblemente de 24.000 N/mm<sup>2</sup> a 30.000 N/mm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 25.000 N/mm<sup>2</sup> a 28.000 N/mm<sup>2</sup>;
- y/o
- 20
- el citado elemento estructural (109.8) tiene un módulo elástico de flexión de 10.000 N/mm<sup>2</sup> a 22.000 N/mm<sup>2</sup>, preferiblemente de 14.000 N/mm<sup>2</sup> a 20.000 N/mm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 16.000 N/mm<sup>2</sup> a 18.000 N/mm<sup>2</sup>;
- y/o
- 25
- el citado elemento estructural (109.8) tiene una densidad de 1,5 g/cm<sup>3</sup> a 2,5 g/cm<sup>3</sup>, preferiblemente de 1,7 g/cm<sup>3</sup> a 2,2 g/cm<sup>3</sup>, más preferiblemente de 1,8 g/cm<sup>3</sup> a 2,0 g/cm<sup>3</sup>.
- y/o
- el citado elemento estructural (109.8) tiene al menos un requisito R7 y un nivel de riesgo HL2, preferiblemente un requisito R7 y un nivel de riesgo HL3, de acuerdo con la norma EN 45545 - 2.
5. El tren de rodadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- 30
- el citado dispositivo de protección (109) y/o la citada estructura de (108) comprende al menos un dispositivo de absorción de energía de impacto (109.2, 109.3, 110);
  - el citado dispositivo de absorción de energía de impacto (109.2, 109.3, 110) está adaptado para absorber una fracción notable de la energía de impacto de uno de los citados objetos (B) golpeando el citado dispositivo de protección (109);
- 35
- el citado elemento de absorción de impactos (109.2, 109.3), en particular, forma el citado dispositivo de absorción de energía de impacto (109.2, 109.3, 110);
  - el citado elemento de absorción de impactos (109.2, 109.3), en particular, comprende un material de absorción de la energía de impacto, en particular, al menos una capa de absorción de la energía de impacto.
- 40
6. El tren de rodadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el citado componente protegido (107) es una parte del citado conjunto de ruedas (105), en particular, un árbol (107) del conjunto de ruedas del citado conjunto de ruedas (105).
7. El tren de rodadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que

- el citado dispositivo de protección (109) comprende un dispositivo de absorción de energía de impacto (109.2, 109.3, 110) y protege la citada parte protegida (107.1) contra los impactos de piezas de balasto (B) que se levantan de un lecho de balasto de una vía (T) utilizada durante el funcionamiento del citado vehículo;
- 5
- el citado lecho de balasto comprende piezas de balasto (B) que tienen un diámetro nominal máximo;
  - el citado vehículo tiene una velocidad máxima de funcionamiento nominal;
  - una pieza de balasto (B) del citado lecho de balasto que tiene el citado diámetro nominal máximo que define una energía de impacto nominal al golpear contra el citado dispositivo de protección (109) a una velocidad de impacto relativa nominal, siendo la citada velocidad de impacto relativa nominal dirigida
- 10
- exclusivamente en paralelo a una dirección longitudinal del citado tren de rodadura (103) y teniendo una cantidad igual a la citada velocidad de funcionamiento nominal máxima del citado vehículo;
  - el citado dispositivo de absorción de energía de impacto (109.2, 109.3, 110) está adaptado para absorber al menos el 5% de la citada energía de impacto nominal, en particular al menos el 15% de la citada energía de impacto nominal, preferiblemente al menos el 25% de la citada energía de impacto nominal.
- 15
- 8.** El tren de rodadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- el citado elemento de absorción de impactos (109.2, 109.3) es un elemento con forma de placa;
- y/o
- el citado elemento de absorción de impactos (109.2, 109.3) se monta de forma liberable en el citado dispositivo de protección (109);
- 20
- y/o
- una pluralidad de los citados elementos de absorción de impactos (109.2, 109.3) están dispuestos en el citado dispositivo de protección (109), formando conjuntamente la citada pluralidad de elementos de absorción de impactos (109.2, 109.3), en particular, sustancialmente toda la superficie de impacto (109.4) para los citados objetos (B) del citado dispositivo de protección (109).
- 25
- 9.** El tren de rodadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- el citado dispositivo de protección define una superficie de impacto (109.4) para los citados objetos (B);
  - al menos el 50% de la citada superficie de impacto (109.4), preferiblemente al menos el 80% de la citada superficie de impacto (109.4), más preferiblemente al menos el 90% de la citada superficie de impacto (109.4), está inclinada con respecto a un eje longitudinal del citado tren de rodadura (103) por un
- 30
- ángulo de inclinación;
  - el citado ángulo de inclinación varía de 35° a 70°, en particular de 40° a 60°, preferiblemente de 45° a 50°.
- 10.** El tren de rodadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- el citado dispositivo de protección (109) comprende un elemento de protección (109.1);
- 35
- el citado elemento de protección (109.1) está asociado espacialmente al citado componente de protección (107);
  - el citado elemento de protección (109.1) está conectado al citado bastidor del tren de rodadura (104) por medio de un segundo elemento de absorción de energía de impacto (110).
- 11.** El tren de rodadura de acuerdo con la reivindicación 10, en el que
- 40
- el citado elemento de protección (109.1) está conectado a un elemento de soporte (108.3) de la citada estructura de soporte (108);
  - el citado segundo elemento de absorción de energía de impacto (110) está dispuesto entre el citado elemento de protección (109) y el citado elemento de soporte (108.3) y/o entre el citado elemento de soporte (108.3) y el citado bastidor del tren de rodadura (104).
- 45
- 12.** Un vehículo ferroviario, en particular un vehículo ferroviario de alta velocidad, que comprende

- un cuerpo de vagón (102) y
- al menos un tren de rodadura (103) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores;
- el citado cuerpo de vagón (102) está soportado sobre el citado tren de rodadura (103).

**13.** El vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 13, en el que

- 5
- se define una velocidad máxima nominal de funcionamiento para el citado vehículo ferroviario;
  - la citada velocidad máxima nominal de funcionamiento es superior a 180 km/h, siendo preferiblemente superior a 200 km/h, más preferiblemente superior a 240 km/h.

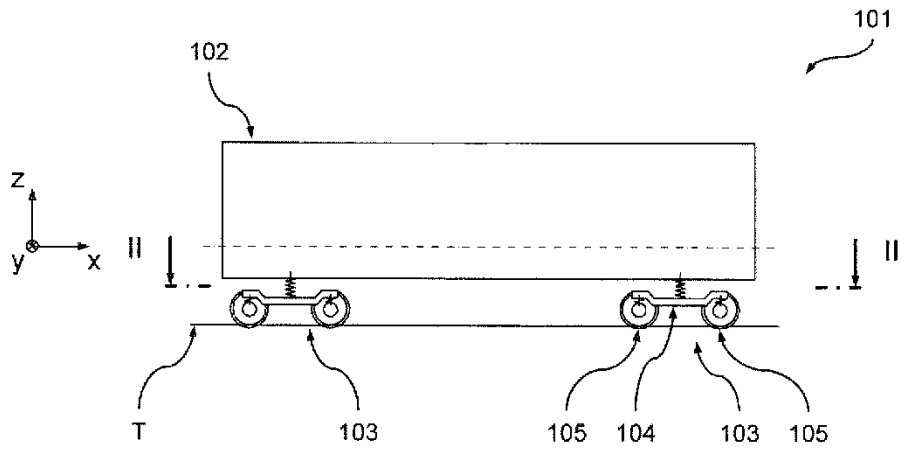


Fig. 1

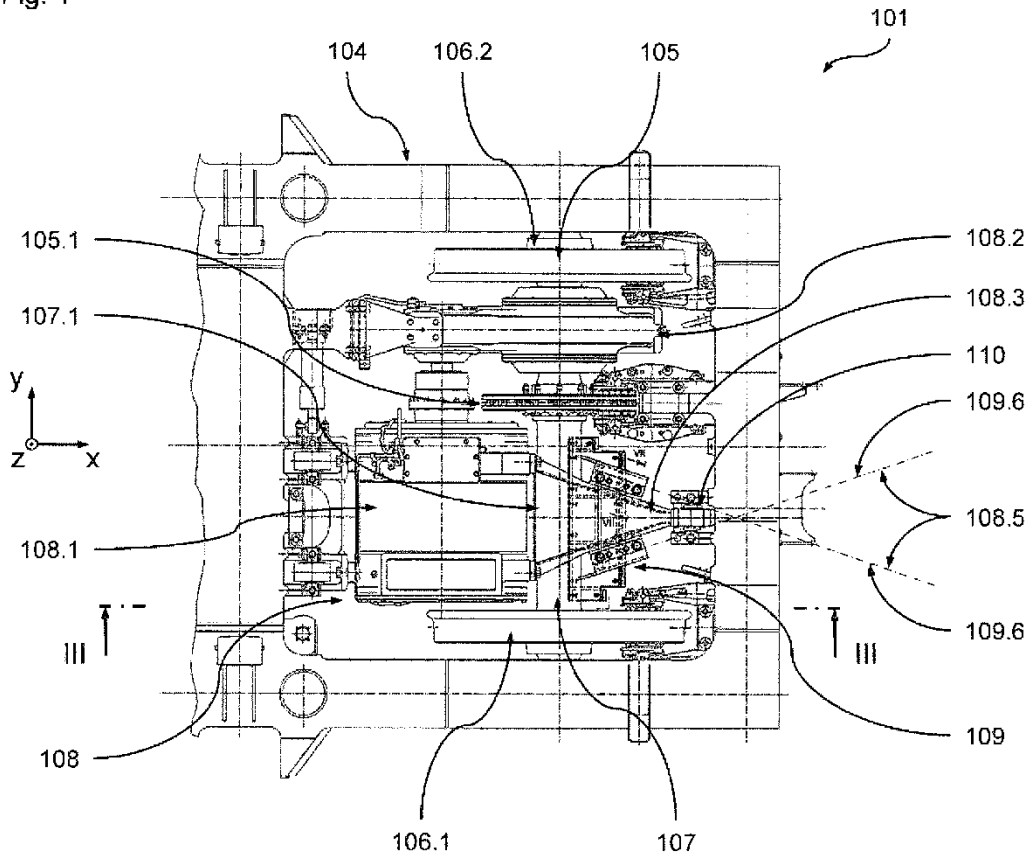


Fig. 2



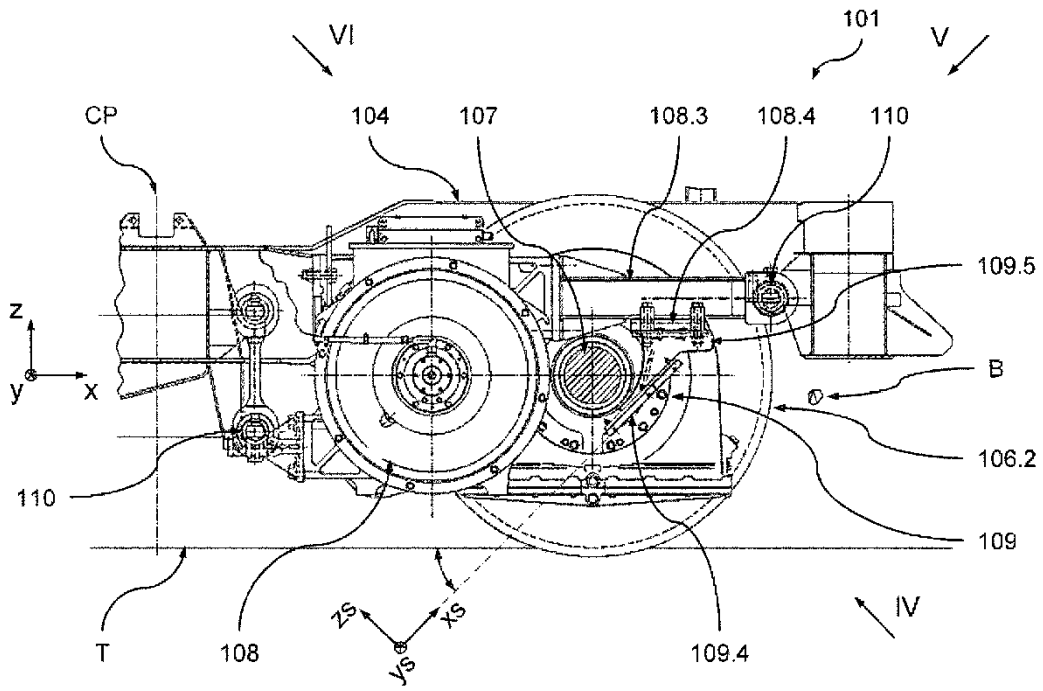


Fig. 3

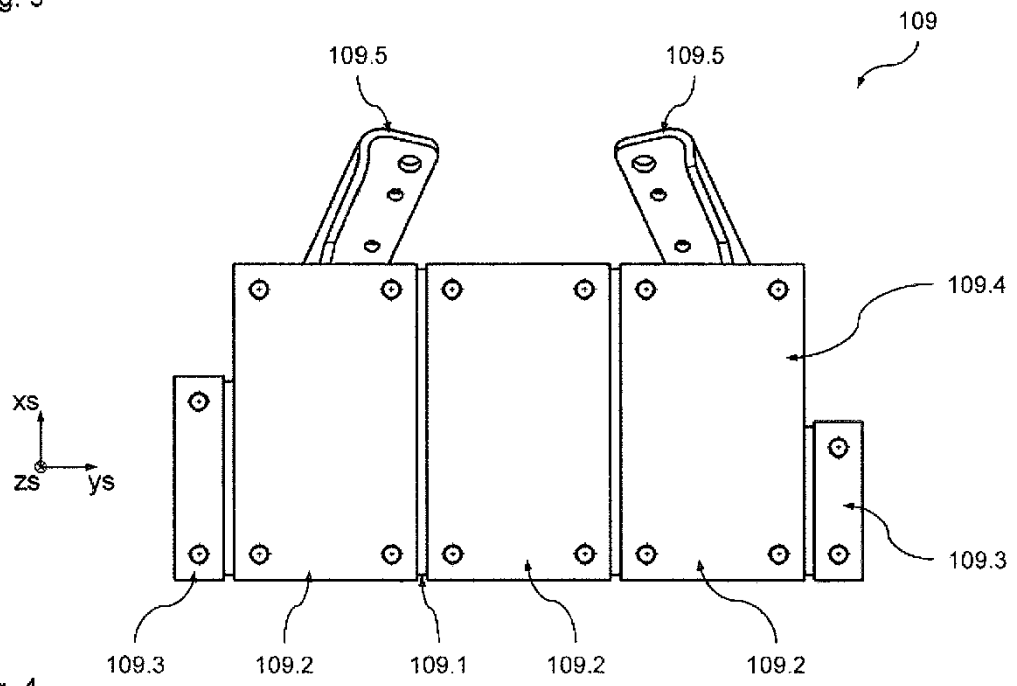


Fig. 4

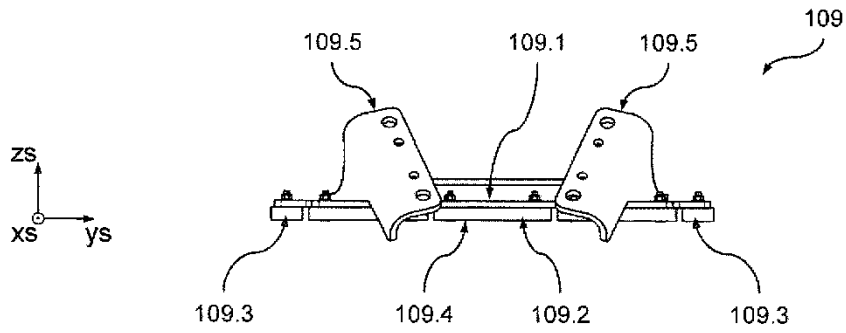


Fig. 5

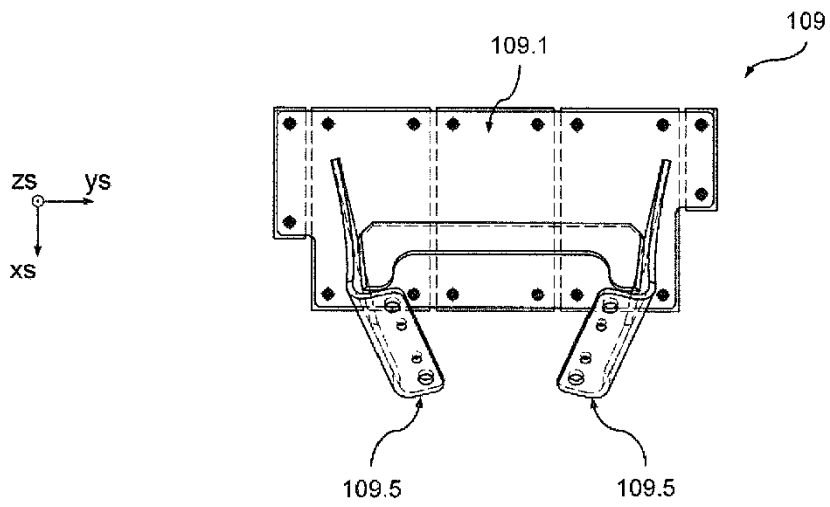


Fig. 6

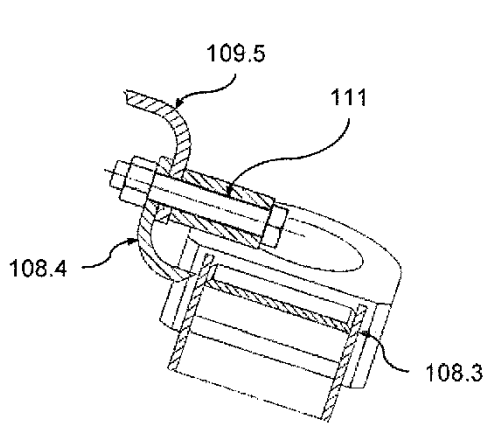


Fig. 7

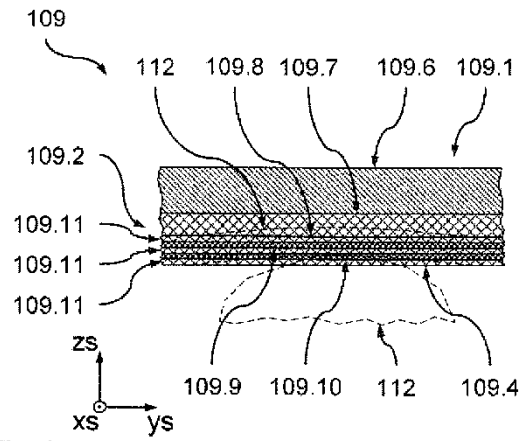


Fig. 8