

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 881 803**

51 Int. Cl.:

B60L 5/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2017 E 17195114 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.05.2021 EP 3308995**

54 Título: **Banda de desgaste de pantógrafo y pantógrafo equipado con dicha banda de desgaste**

30 Prioridad:

17.10.2016 FR 1660052

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

30.11.2021

73 Titular/es:

**SNCF VOYAGEURS (100.0%)
9 rue Jean-Philippe Rameau
93200 Saint-Denis, FR**

72 Inventor/es:

**BLANVILLAIN, GÉRARD;
AUDITEAU, GÉRARD y
CRUCHET, JÉRÔME**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 881 803 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

Banda de desgaste de pantógrafo y pantógrafo equipado con dicha banda de desgaste

1. Ámbito técnico de la invención

5 La invención concierne a bandas de desgaste de pantógrafos así como a los pantógrafos que comprenden estas bandas.

2. Antecedentes tecnológicos

10 Se sabe que un vehículo ferroviario, tal como un tren, un metro o un tranvía, comprende una locomotora eléctrica alimentada de corriente por intermedio de una catenaria que comprende soportes verticales que sostienen un cable de contacto que se extiende por encima de las vías de ferrocarril sobre las cuales circula el vehículo. Los soportes de la catenaria están espaciados algunas decenas de metros y soportan un cable portador del que se suspende el cable de contacto por intermedio de péndulos. Un pantógrafo está además instalado en el techo de la locomotora eléctrica del vehículo ferroviario para captar la corriente eléctrica que circula por el cable de contacto con el fin de alimentar a la locomotora de energía eléctrica durante su desplazamiento sobre los carriles. Este pantógrafo comprende típicamente una parte articulada llevada por el techo de la locomotora y un arco o cabezal de captación destinado a recibir la corriente del cable de contacto de la catenaria. La parte del arco en contacto con el cable de contacto de la catenaria se conoce con los términos de « banda de desgaste » o « banda de frotamiento » del pantógrafo.

15 Durante la colocación de una catenaria, el cable de contacto queda desalineado en cada poste con el fin de evitar que el punto de contacto y de frotamiento entre el pantógrafo y el cable de contacto sea siempre el mismo, so pena de provocar un « aserrado » o un envejecimiento prematuro del arco del pantógrafo. Esto es lo que se denomina el zigzag de la catenaria. Además, la banda de desgaste del arco del pantógrafo ve deslizar el cable en función del avance del tren, pero también le ve barrer la banda de desgaste de derecha a izquierda e inversamente por la desalineación. Esta banda de desgaste debe poder soportar el desgaste por frotamiento. Además, la banda de desgaste es sometida a un calentamiento significativo. Este calentamiento la desestructura y la hace más fácilmente desgastable.

20 Durante mucho tiempo, las bandas de desgaste han estado constituidas de un material metálico como el cobre y/o el acero. A partir de ahora, las bandas de desgaste de metal son reemplazadas gradualmente por bandas de carbono. El carbono tiene la ventaja de desgastar muy poco el cable de contacto gracias a sus propiedades autolubrificantes.

25 Sin embargo, el carbono tiene una resistividad muy alta en relación con el metal, lo que provoca un calentamiento significativo por el paso de la corriente. Este inconveniente puede ser compensado en parte por un aumento de la anchura de la banda y por tanto de la zona de contacto con el cable, pero el aumento del peso a bordo se vuelve muy penalizante desde un punto de vista dinámico para el pantógrafo.

30 A fin de reducir la resistividad y por lo tanto de aumentar la conductividad de las bandas de desgaste de carbono, se han desarrollado bandas de desgaste que comprenden una porción principal de carbono y uno o varios elementos conductores de cobre o de aluminio que desembocan en la cara de captación de corriente. Sin embargo, pasa entonces demasiada corriente a través del elemento conductor de aluminio o cobre, lo que provoca un calentamiento del elemento conductor hasta el punto de que este último se ablanda y se funde en superficie.

35 Siempre con el fin de reducir la resistividad, se han desarrollado igualmente bandas de desgaste de carbono cuyos poros de carbono se han rellenado de metal. Estas bandas, denominadas bandas de carbono impregnadas, presentan una notable mejora de la conductividad pero que, no obstante, sigue siendo insuficiente con respecto a los niveles necesarios en presencia de fuertes corrientes. Además, la conductividad y la resistencia al desgaste de estas bandas no están estandarizadas. Las mismas siguen siendo muy variables según las gamas de productos e incluso entre dos productos comercializados con las mismas propiedades. El documento DE 93 16 425 U1 divulga una banda de desgaste de pantógrafo según el preámbulo de la reivindicación 1.

3. Objetivos de la invención

40 La invención tiene como objetivo mitigar al menos algunos de los inconvenientes conocidos de las bandas de desgaste de pantógrafo.

En particular, la invención tiene como objetivo proporcionar, en al menos un modo de realización de la invención, una banda de desgaste que tenga una mejor conductividad general y un calentamiento controlado.

La invención tiene también como objetivo proporcionar, en al menos un modo de realización de la invención, una banda de desgaste que tenga una alta resistencia al desgaste.

50 La invención tiene también como objetivo proporcionar, en al menos un modo de realización de la invención, bandas de desgaste diseñadas de manera que tengan propiedades de conductividad y resistencia al desgaste controladas y reproducibles.

La invención tiene también como objetivo proporcionar, en al menos un modo de realización de la invención, una banda de desgaste cuyos materiales sean menos sometidos a los efectos del calentamiento generado por el paso de la corriente.

- 5 La invención tiene también como objetivo proporcionar, en al menos un modo de realización de la invención, una banda de desgaste que permita pasar el máximo de corriente con una distribución controlada de la corriente entre los materiales constitutivos para que el calentamiento se limite a un nivel aceptable para cada uno de ellos sin llegar a su umbral de degradación.

4. Exposición de la invención

Para ello, la invención se refiere a una banda de desgaste de pantógrafo según la reivindicación 1.

- 10 La inserción en una banda de desgaste de carbono de un elemento conductor con una resistividad inferior a la resistividad del carbono de la porción principal permite aumentar la conductividad global de la banda de desgaste. El elemento conductor sirve de bomba de corriente para aligerar el carbono limitando así su desgaste causado por un calentamiento excesivo.

- 15 Sin embargo, cuando un elemento mucho más conductor que la porción principal de la banda de desgaste se inserta en esta última, la corriente pasa preferiblemente a través del elemento altamente conductor, lo que puede ocasionar su calentamiento provocando su dilatación y pudiendo llegar hasta la fusión del elemento conductor en la superficie en contacto con el cable de la catenaria. Utilizando un elemento conductor que comprende carbono, la conductividad global del elemento conductor disminuye con respecto a un elemento conductor solo de metal puro, como el cobre o el aluminio. Se limita entonces el fenómeno de calentamiento del elemento conductor.

- 20 Además, el comportamiento de la corriente dentro de la banda de desgaste es más fácil de modelar. En el caso de bandas de desgaste de carbono impregnadas de metal de acuerdo con la técnica anterior, el comportamiento depende principalmente de las dispersiones de fabricación, es decir de las resistividades de cada uno de estos materiales, de la porosidad del carbono, del grado de impregnación, de la distribución de los poros del carbono en toda la banda de desgaste. Con el alto nivel de temperatura alcanzado, los cambios de características de cada parámetro ya no son controlables, en particular cuando tienen un impacto en el comportamiento de desgaste. En el presente caso, según
25 la invención, el elemento conductor permite descargar el carbono de parte de la corriente para así mantener en el carbono un nivel de temperatura correspondiente a parámetros estables que no superen los límites de inflexión de las características. La influencia del carbono solo se reduce, haciendo la modelación más fiable con el elemento conductor.

- 30 Otro interés de una banda de desgaste de acuerdo con la invención es que este tipo de montaje permite la integración de un elemento conductor de pequeño volumen para una baja masa resultante, al tiempo que permite hacer pasar a través de la banda de desgaste el máximo de corriente dentro de los límites de degradación aceptables para cada uno de los elementos que la constituyen.

Preferiblemente, la citada porción principal se extiende por toda la longitud de la banda de desgaste.

- 35 La porción principal puede ser de una sola pieza o estar constituida por varias piezas.

Ventajosamente, la citada porción principal tiene la forma de una banda que tiene una ranura transversal, permitiendo la ranura la inserción del elemento conductor.

- 40 El elemento conductor se extiende al menos en parte a lo largo de la citada dirección longitudinal, es decir, que el elemento conductor se extiende a lo largo de la dirección longitudinal sobre al menos una parte de la longitud de la banda de desgaste. Preferiblemente, el elemento conductor se extiende sobre tres cuartos de la longitud de la banda de desgaste, más preferiblemente sobre toda la longitud de la banda de desgaste.

- 45 La citada porción principal es de carbono. El carbono de la porción principal se selecciona, por ejemplo, del grupo constituido de carbono, de mezcla de grafito de carbono, de materiales compuestos de carbono/carbono y de sus mezclas. El carbono, la mezcla de grafito de carbono, los materiales compuestos de carbono/carbono y de sus mezclas pueden estar impregnados o no con un metal.

- 50 Según una variante, el citado al menos un elemento conductor es de una aleación que comprende carbono. El elemento conductor puede ser de hierro fundido, de cobre dopado con carbono, de acero, de aleación de acero, de acero inoxidable y/o de una mezcla de estos materiales. La resistividad de tales aleaciones es menor que la del carbono pero mayor que la del cobre o del aluminio. La misma se encuentra dentro de un rango que permite incrementar la conductividad global de la banda de desgaste al tiempo que limita la corriente que pasa por el elemento conductor a un nivel que permite evitar el fenómeno de calentamiento por concentración.

Contrariamente al cobre, cuyas características mecánicas (dureza, resistencia, etc.) se deterioran a partir de los 200 °C, los materiales como el cobre dopado o el hierro fundido permiten así el mantenimiento de las características mecánicas hasta temperaturas mucho más elevadas.

Además, los metales puros presentan un alto riesgo de fluencia debido al frotamiento, agravado por el calentamiento de la superficie que desplaza material y degrada la integridad del conjunto elemento conductor/porción principal de carbono. Las aleaciones que comprenden carbono permiten reducir el fenómeno de fluencia gracias a una buena propiedad de maquinabilidad. Este es particularmente el caso del hierro fundido, así como del acero y de sus aleaciones.

Finalmente, materiales como el cobre tienen características de frotamiento muy desfavorables. El cobre dopado con carbono mejora la aptitud para el desgaste. La utilización de un material a base de aleación que comprenda carbono, tal como el acero y más particularmente el hierro fundido, sigue siendo muy favorable debido a su tasa de carbono.

Preferiblemente, la tasa de carbono del elemento conductor es superior al 0,01 % (en porcentaje en masa). Esta tasa puede variar en función del metal de la aleación. Por ejemplo, si el metal es cobre, puede ser preferible una aleación que comprenda entre el 3% y el 20 % de carbono, más preferiblemente entre el 10% y el 16%, incluso más preferiblemente alrededor del 14 %. En el caso del acero, la tasa de carbono es por lo general entre el 0,001% y el 2%, más preferiblemente entre el 0,01% y el 0,1% para evitar el temple. La tasa de carbono del hierro fundido es entre el 2,1% y el 6,67 %, más preferiblemente entre el 3% y el 5%).

En otra variante, el elemento conductor comprende al menos una primera parte y al menos una segunda parte, siendo la citada segunda parte de carbono. En efecto, hay principalmente dos medios para obtener un elemento conductor que tenga una resistividad global menor que la resistividad del carbono de la citada porción principal y que comprenda carbono con el objetivo de aumentar la conductividad global de la banda de desgaste que le contiene al tiempo que limite la corriente que transite por el mismo hasta un nivel que permita evitar el fenómeno del calentamiento. La primera variante consiste en utilizar un elemento conductor de una aleación metálica que comprende carbono, permitiendo el carbono presente en la aleación incrementar la resistividad del metal hasta un umbral ideal. La otra variante consiste en proporcionar un elemento conductor que comprenda al menos dos partes: una parte metálica y una parte de carbono, así la parte de carbono permite aumentar la resistividad global del elemento conductor, con el fin de que la misma esté en el intervalo deseado y esto incluso si la primera parte de este último es de metal puro. Al tener un elemento conductor en dos partes, se puede jugar con las dimensiones de cada una de las dos partes para modular la resistividad general del elemento conductor.

Ventajosamente, el material de la primera parte de al menos un elemento conductor es metal. Por ejemplo, el metal de la primera parte de al menos un elemento conductor se elige del grupo constituido de cobre, de las aleaciones que contienen cobre, del hierro, de las aleaciones que contienen hierro. En un modo de realización, para resistividades bajas, el material de la primera parte de al menos un elemento conductor se elige entre el cobre o sus aleaciones, más preferiblemente entre las aleaciones de cobre con estaño. Incluso más preferiblemente para resistividades intermedias, el material de la primera parte es una aleación que comprende carbono. La primera parte puede ser, por ejemplo, de hierro fundido, de cobre dopado con carbono, de acero, de una aleación de acero, de acero inoxidable y/o de una mezcla de estos materiales. Estos materiales tienen una temperatura de fusión más alta que el cobre y permiten una distribución de la corriente mejor controlada que con el cobre.

Ventajosamente, el elemento conductor desemboca en la citada cara de captación de corriente. El elemento conductor está entonces directamente en contacto con el cable de contacto de la catenaria. Según este modo de realización, la banda de desgaste se puede fabricar fácilmente haciendo una ranura en una banda de carbono tal como una banda de carbono ordinaria e insertando en la misma el elemento conductor. Preferiblemente, el material del elemento conductor que desemboca en la cara de captación de corriente tiene una característica mecánica de frotamiento que permite evitar la fluencia en superficie bajo la acción conjugada de la temperatura y del frotamiento del cable de contacto de la catenaria.

Según un modo de realización, al menos un elemento conductor se extiende completamente entre la citada cara de detección de corriente y la citada cara de conexión. Entonces, parte de la corriente puede circular directamente desde el cable de contacto de la catenaria hasta el arco a través de un elemento conductor de baja resistencia.

Según este modo de realización, la porción principal puede estar constituida de dos piezas, flanqueando cada una de las piezas de la porción principal el elemento conductor. Esta configuración facilita la realización de la banda de desgaste cuando el elemento conductor se extiende íntegramente entre la citada cara de captación de corriente y la citada cara de conexión.

Según un modo de realización, el elemento conductor comprende al menos una primera parte y esta primera parte desemboca en la cara de captación de corriente. Según un modo de realización, el elemento conductor comprende al menos una segunda parte, desembocando la segunda parte en la cara de conexión. Preferiblemente, el material de la primera parte de al menos un elemento conductor tiene una alta temperatura de fusión que permite resistir la fusión de la superficie en contacto con el cable de contacto de la catenaria. Preferiblemente, el material de la primera parte de al menos un elemento conductor tiene una característica mecánica de frotamiento que permite evitar la fluencia en superficie bajo la acción conjugada de la temperatura y del frotamiento del cable de contacto de la catenaria.

Típicamente, la primera parte se extiende a lo largo de la citada dirección longitudinal. Asimismo, típicamente, la segunda parte se extiende a lo largo de la citada dirección longitudinal.

Preferentemente, la primera parte y la segunda parte del elemento conductor están en contacto. Así, el elemento conductor puede comprender una primera parte que desemboca en la citada cara de captación de corriente y una segunda parte en contacto con la primera parte que a su vez desemboca en la citada cara de conexión. La primera y la segunda parte del elemento conductor se extienden entonces cada una parcialmente entre la citada cara de captación de corriente y la citada cara de conexión. El elemento conductor que comprende las primera y segunda partes puede, a su vez, extenderse por completo entre la citada cara de captación de corriente y la citada cara de conexión.

Es posible actuar sobre la resistividad de cada una de las partes del elemento conductor para obtener el resultado deseado.

Según la variante en la cual el elemento conductor comprende una primera y una segunda parte, el material de la segunda parte de al menos un elemento conductor es carbono. La alta resistividad del carbono permite compensar la baja resistividad del material de la primera parte del elemento conductor, pero su baja altura permite, no obstante, obtener una resistencia menor que la primera parte del elemento conductor. Por ejemplo, el carbono de la segunda parte de un elemento conductor se elige entonces del grupo constituido de carbono, de mezcla de grafito de carbono, de materiales compuestos de carbono/carbono y de sus mezclas. El carbono, la mezcla de grafito de carbono, los materiales compuestos carbono/carbono y de sus mezclas pueden estar impregnados o no con un metal. La segunda parte del elemento conductor puede ser de un material compuesto reforzado con fibras, impregnado de metal o sinterizado, por ejemplo. El carbono de la segunda parte puede diferir del carbono de la porción principal.

Según un modo de realización, al menos un elemento conductor se extiende parcialmente entre la citada cara de captación de corriente y la citada cara de conexión. Preferiblemente, cada elemento conductor comprende entonces solo un material. El elemento conductor es entonces preferiblemente de una aleación que comprende carbono.

Además de actuar sobre la resistividad de los diferentes materiales para obtener la distribución de corriente deseada, es posible actuar sobre las dimensiones del elemento conductor y de la porción principal. En efecto, además de la resistividad de los diferentes materiales que las componen, las resistencias respectivas del elemento conductor y de la porción principal de la banda de desgaste son también función de sus dimensiones, en particular sus respectivos grosor y anchura. Típicamente, la resistencia del elemento conductor y de la porción principal se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula: $R_i = (\rho_i \times H_i) / S$ donde ρ_i es la resistividad, H_i la altura y S es la sección. De esta manera, la resistencia deseada se puede obtener basándose en el material y las dimensiones de los componentes de la banda de desgaste. Sin embargo, las resistencias respectivas de la porción principal y el elemento conductor no son los únicos elementos que se pueden tener en cuenta. También deben tenerse en cuenta las capacidades de calentamiento de los materiales. En efecto, las dimensiones del elemento conductor se determinan preferentemente de manera que la distribución de la corriente entre la porción principal y el elemento conductor respete las capacidades de calentamiento de cada uno de los materiales a fin de que mantengan sus características sin degradación significativa. En la práctica, una vez determinadas las resistencias óptimas, se pueden aportar correcciones tras las mediciones de temperaturas de calentamiento para que los materiales empleados permanezcan dentro de su límite de temperatura correspondiente a la conservación de sus características.

Las longitudes de la banda de desgaste, de su porción principal y su elemento conductor se determinan según la dirección longitudinal, los grosores según una dirección perpendicular al plano de las caras captación de corriente y/o de conexión al arco, las anchuras según una dirección perpendicular a la dirección longitudinal y a la dirección según la cual se mide el grosor.

Así pues, la banda de desgaste tiene un grosor determinado E_B . El grosor E_B corresponde a la separación entre las caras de captación de corriente y de conexión al arco. Extendiéndose la porción principal íntegramente entre la citada cara de captación de corriente y la citada cara de conexión, su grosor es por lo tanto también E_B .

La primera parte del elemento conductor tiene un grosor determinado E_1 . La segunda parte del elemento conductor tiene un grosor determinado E_2 . El elemento conductor tiene un grosor total E_E igual a la suma de E_1 y E_2 . La banda de desgaste tiene una anchura determinada l_B . Cada parte del elemento conductor tiene una anchura determinada l_{Ei} . Cuando el elemento conductor comprende varios materiales que no son de la misma naturaleza que la porción principal de carbono, su anchura puede ser diferente para ajustar las resistencias o mejorar la difusión del calor. Preferiblemente, las dos partes del elemento conductor tienen la misma anchura determinada l_E .

Según un modo de realización, la relación entre cada grosor E_{1i} y el grosor E_B está entre el 50 % y el 100 %. Esta relación permite una distribución controlada de la corriente entre el elemento conductor y la porción principal de la banda de desgaste.

Según la invención, la relación entre la suma de las anchuras l_{Ei} de cada elemento conductor y la anchura l_B está comprendida entre el 5% y el 25%, preferiblemente entre el 5% y el 15%. Esta relación permite una distribución controlada de la corriente entre el elemento conductor y la porción principal de la banda de desgaste al tiempo que mantiene la mayor parte de la citada cara de captación de la corriente de carbono. Por tanto, se conserva el efecto de lubricación del cable de la catenaria por el carbono y se limita el desgaste de la banda de desgaste.

La banda de desgaste puede comprender uno, dos o tres o más elementos conductores. Preferiblemente, la banda de desgaste comprende un solo elemento conductor.

Según un modo de realización preferido, al menos un elemento conductor es un inserto.

5 La invención concierne igualmente a un pantógrafo que comprende al menos una banda de desgaste según la invención.

5. Lista de las Figuras

Otros objetivos, características y ventajas de la invención aparecerán en la lectura de la siguiente descripción, que dada únicamente a modo no limitativo y que se refiere a las figuras adjuntas en las cuales:

- 10
- La figura 1 es una vista lateral esquemática de una banda de desgaste montada en un soporte colector de arco según un modo de realización de la invención.
 - La figura 2 es una vista esquemática de una cara de captación de corriente de una banda de desgaste según un modo de realización de la invención.
 - Las figuras 3 a 8 son vistas esquemáticas en corte de una banda de desgaste montada sobre un soporte colector de arco según diferentes modos de realización de la invención.

15 6. Descripción detallada de un modo de realización de la invención

En las figuras, las escalas y las proporciones no están respetadas estrictamente y esto, con fines de ilustración y de claridad.

En la figura 1, está representada una banda de desgaste montada en un soporte colector 5 de arco.

20 La banda de desgaste es de forma alargada. Se extiende según una dirección longitudinal. La banda de desgaste comprende en particular una cara de captación de corriente 3 y una cara de conexión 4. La cara de captación de corriente 3 está destinada a ponerse en contacto con un cable de catenaria. La cara de conexión 4 está destinada a asegurar el paso de la corriente desde la banda de desgaste hasta el soporte del colector 5 el cual sirve de soporte a la banda de desgaste 1 y de interfaz con el arco del pantógrafo. Más concretamente, como se representa en la figura 1, la cara de conexión 4 interactúa con el soporte colector 5 del arco al que está unida por encolado. El soporte colector 25 5 comprende tomas de corriente 6.

La banda de desgaste comprende una porción principal 1 de carbono y un elemento conductor 2 de un material cuya resistividad es menor que la del material de la porción principal.

La porción principal se extiende íntegramente entre la cara de captación de corriente 3 y la cara 4 de conexión. La porción principal se extiende también íntegramente en toda la longitud de la banda de desgaste.

30 El elemento conductor 2 está insertado en la porción principal 1. El elemento conductor 2 está unido a esta última por medio de tornillos 7. Al igual que la banda de desgaste y la porción principal que le compone, el elemento conductor 2 es de forma alargada. En la Figura 1, el elemento conductor está centrado con respecto a la banda de desgaste. Según otro modo de realización no representado, el mismo puede igualmente estar descentrado. El elemento conductor se extiende según la dirección longitudinal sobre la mayor parte de esta última. Según un modo de 35 realización no representado, el elemento conductor puede extenderse igualmente en toda su longitud. El elemento conductor 2 se extiende parcialmente entre la cara de captación de corriente 3 y la cara de conexión 4. El elemento conductor 2 representado en la figura 1 desemboca en la cara de captación de corriente 3.

40 La figura 2 es una vista desde arriba de la banda de desgaste representada en la figura 1. Representa una vista esquemática de la cara de captación de corriente 3. La cara de captación de corriente de la banda de desgaste es rectangular. Según otro modo de realización no representado, la banda de desgaste puede ser no rectangular. En particular, puede tener chaflanes bastante largos que adelgazan los extremos. La cara del elemento conductor 2 que desemboca en la cara de captación de corriente 3 se extiende, según la dirección longitudinal, en una banda estrecha en el interior de la banda de desgaste. Esta es igualmente rectangular. De esta manera, la cara de captación de corriente comprende una cara de la porción principal de la banda de desgaste. Esta cara de la porción principal de la 45 banda de desgaste es rectangular. Al igual que la banda de desgaste, la porción principal puede ser no rectangular, según otro modo de realización no representado. La misma tiene una ranura por la cual desemboca el elemento conductor.

50 Las figuras 3 a 6 representan vistas esquemáticas en corte de diferentes modos de realización de la banda de desgaste según la invención. En estas figuras, la banda de desgaste comprende una porción principal 1 y un solo elemento conductor 2. El grosor de la banda de desgaste está representado aquí por E_B , su anchura por l_B . El grosor de la primera parte 8 del elemento conductor 2 está representado aquí por E_1 y el de la segunda parte 9, cuando está presente, está representado por E_2 .

En la figura. 3, está representado un modo de realización de la invención en el cual la banda de desgaste comprende un elemento conductor 2 de un único material y que se extiende parcialmente entre la cara de captación de corriente 3 y la cara de conexión. 4 sin entrar en contacto con el soporte 5. El elemento conductor 2 se compone sólo de una primera parte de un material de resistividad más baja que la porción principal 1 de carbono y que comprende carbono, tal como un material a base de cobre dopado con carbono, de acero o de hierro fundido. El mismo desemboca en la cara de captación de corriente 3, pero no desemboca en la cara de conexión 4. La parte de la corriente que circula desde la cara de captación de corriente por el elemento conductor 2 de baja resistividad debe pasar, por tanto, por la porción principal de carbono para llegar a la cara de conexión 4. El paso a través de esta zona de alta resistividad disminuye la densidad de corriente en el elemento conductor 2 y, en consecuencia, disminuye su calentamiento. Se controla así mejor la distribución de la corriente y por lo tanto el calentamiento entre la porción principal 1 y el elemento conductor 2. El pequeño grosor de la porción principal 1 en la zona con un elemento conductor corresponde a una resistencia menor que aquella en una zona de grosor total de la porción principal.

En la figura 4 está representado un modo de realización de la invención en el cual la banda de desgaste comprende un elemento conductor 2 de dos materiales diferentes. El elemento conductor 2 se extiende completamente entre la cara de captación de corriente 3 y la cara de conexión 4. El elemento conductor 2 comprende una primera parte 8 y una segunda parte 9. Las primera y segunda partes del elemento conductor 2 tienen la misma anchura 1_E . La primera parte 8 es de un material de menor resistividad que el carbono tal como de aleaciones a base de cobre o de hierro o de aleaciones que contienen carbono tales como el hierro fundido o el acero. La segunda parte 9 es de un material cuya resistividad es mayor que la del material de la primera parte 8, por ejemplo de carbono de naturaleza diferente del carbono de la porción principal 1 o de material compuesto fibrado o metálico sinterizado por ejemplo. La primera parte 8 desemboca en la cara de captación de corriente 3 y está en contacto con una segunda parte 9 del elemento conductor 2. La segunda parte 9 desemboca en la cara de conexión 4. Como en el modo de realización ilustrado en la figura 3, el paso a través de esta zona de resistividad intermedia disminuye la densidad de corriente en el elemento conductor 8 y, en consecuencia, disminuye su calentamiento. La distribución de la corriente y por tanto el calentamiento entre la porción principal 1 y el elemento conductor 2 se controlan así mejor.

Como la figura 4, la figura 5 representa un modo de realización de la invención en el cual la banda de desgaste comprende un elemento conductor 2 de dos materiales diferentes. El elemento conductor 2 se extiende enteramente entre la cara de captación de corriente 3 y la cara de conexión 4. El elemento conductor 2 comprende una primera parte 8 y una segunda parte 9, siendo la segunda parte de carbono. Sin embargo, contrariamente al modo de realización ilustrado en la figura 4, en la figura 5, las primeras y segunda partes del elemento conductor 2 no tienen la misma anchura. La anchura 1_{E2} de la segunda parte 9 del elemento conductor es mayor que la anchura 1_{E1} de la primera parte 8 del elemento conductor. Las dos partes 8 y 9 del elemento conductor están dimensionadas de modo que la distribución de la corriente entre la porción principal 1 y el elemento conductor 2 esté adaptada y controlada.

En la figura 6, está representado un modo de realización de la invención en el cual la banda de desgaste comprende un elemento conductor 2 de un único material y que se extiende completamente entre la cara de captación de corriente 3 y la cara de conexión 4. El elemento conductor 2 está constituido sólo de una parte de una aleación que comprende carbono. Desemboca a la vez en la cara de captación de corriente 3 y en la cara de conexión 4. Preferiblemente, el material tiene una resistividad tal que su efecto permite forzar el paso de una parte de la corriente a través de la porción principal de carbono. El material es entonces preferiblemente hierro fundido o aleaciones sinterizadas a base de carbono, o incluso materiales compuestos a base de fibra de carbono cargada con metal. Solo la anchura del elemento conductor, su resistividad y su material determinan el nivel de corriente de paso. Además de su resistividad, uno de los criterios de elección del material es su capacidad de no fluir sobre la cara de captación bajo la acción del calentamiento conjugado con el frotamiento mecánico del alambre de catenaria. Por lo tanto, el cobre puro tiene una resistividad muy baja pero una temperatura de fusión bastante baja y fluye fácilmente bajo una acción mecánica. El cobre dopado tiene una resistividad baja pero una temperatura de fusión más alta y fluye menos fácilmente bajo una acción mecánica. El acero tiene una resistividad más alta que el cobre pero una temperatura de fusión elevada y fluye menos fácilmente la acción mecánica. El hierro fundido tiene una resistividad bastante alta y una temperatura de fusión elevada, pero no presenta fluencia bajo acción mecánica.

Las figuras 7 y 8 representan vistas esquemáticas en corte a nivel de un tornillo 7 de diferentes modos de realización de la banda de desgaste según la invención.

La figura 7 representa el mismo modo de realización que aquél representado en la figura 3 en el cual la banda de desgaste comprende una porción principal 1 y un elemento conductor 2. El elemento conductor 2 es de un único material y se extiende parcialmente entre la cara de captación de corriente 3 y la cara de conexión 4. Para que el tornillo 7 no esté en contacto eléctrico con el soporte colector 5 del arco o la porción principal de la banda de desgaste y no cortocircuite el flujo de la corriente, en el soporte colector 5 está realizado un agujero amplio y en la porción principal 1 un escariado 11 para reducir el riesgo de cortocircuitos entre el tornillo 7 y el soporte 5. Además, el tornillo 7 está aislado eléctricamente del soporte colector 5 por un aislante 10.

La figura 8 representa el mismo modo de realización que la figura 5 en el cual la banda de desgaste comprende una porción principal 1 y un elemento conductor 2. El elemento conductor 2 es de un solo material que se extiende integralmente entre la cara de captación de corriente 3 y la conexión cara 4. De acuerdo con este modo de realización, una parte de la corriente puede fluir desde la cara de captación de corriente 3 hasta la cara de conexión 4 sólo a través

de un elemento conductor 2 de resistividad intermedia comprendida entre la del carbono y la del cobre o del acero. Por tanto, no es necesario aislar el tornillo 7 para que no participe en la conducción de la corriente.

7. Ejemplos

5 Con el fin de ilustrar de una manera simplificada las propiedades de la banda de desgaste según la invención, la distribución de la corriente entre la porción principal y el elemento conductor de la banda de desgaste se ha modelado esquemáticamente para bandas de desgaste que tienen un elemento conductor en diferentes materiales y de diferentes dimensiones.

10 Para ello, se consideró una superficie de apoyo del cable de contacto correspondiente a la anchura de la banda de desgaste l_B y a la anchura del elemento conductor l_E equivalente a la placa de desgaste del cable de contacto (6 mm por ejemplo) y una corriente de base de 1000 A que pasa desde el cable de la catenaria hasta el soporte colector del arco.

Los valores de resistencia se calculan de la siguiente manera: $R_i = (\rho_i \times H_i) / S$ con las resistividades de los materiales expresadas en Ohm.m (ρ).

Las resistividades de los diferentes materiales se dan en la Tabla 1 a continuación:

15

Tabla 1

Resistividad de un elemento conductor de cobre a 20 °C	1,640E-11 Ohm.mm	1,640E-02 μOhm.m
Resistividad de un elemento conductor de cobre a 150 °C	2,470E-11 Ohm.mm	2,470E-02 μOhm.m
Resistividad del carbono nuevo a 20 °C	8,190E-09 Ohm.mm	8,190E+00 Ohm.m
Resistividad del carbono nuevo a 150 °C	9,190E-09 Ohm.mm	9,190E+00 Ohm.m
Resistividad de un elemento conductor de acero a 20 °C	9,87E-11 Ohm.mm	9,870E-02 μOhm.m
Resistividad de un elemento conductor de acero inoxidable a 20 °C	5,50E-10 Ohm.mm	5,500E-01 μOhm.m
Resistividad de un elemento conductor de hierro fundido a 20 °C	1,00 E-09 Ohm.mm	1,000E+00 Ohm.m

La efusibilidad de los materiales, el aumento de la resistencia bajo calentamiento o la interacción de contacto entre los materiales no se han tenido en cuenta para ilustrar los efectos del material y de las dimensiones, con el fin de simplificar la explicación.

20 7.1-Elemento conductor de cobre puro

Sobre la base de un elemento conductor de cobre puro que se extiende totalmente entre la superficie de contacto y el soporte colector, la proporción teórica de corriente que pasa a través de la porción principal y por el elemento conductor se da en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2

Características del elemento conductor.	Proporción de corriente que pasa por la porción principal de carbono (1)	Proporción de corriente que pasa por el elemento conductor (2)
Elemento conductor de cobre Ex l _E = 6 mm y Ex E ₁ = 30 mm	<15 %	> 85 %

Se ve claramente que el elemento conductor se calienta y se ablanda porque deja pasar demasiada corriente mientras que el carbono no pasa lo suficiente. El valor total no está optimizado.

5 7.2-Elemento conductor que comprende una 1ª y una 2ª partes, siendo la 1ª parte de cobre, y siendo la 2ª parte de carbono

La proporción teórica de corriente que fluye por la porción principal y por el elemento conductor se da en la tabla 2 a continuación.

10

Tabla 3

Características del elemento conductor.			Proporción de corriente que pasa por la porción principal de carbono (1)	Proporción de corriente que pasa a través del elemento conductor (2)
Elemento conductor l _E = 6 mm	1ª parte	Cobre	55 %	45 %
		ExE ₁ = 25 mm		
	2ª parte	Carbono		
		ExE ₂ = 5 mm		
Elemento conductor l _E = 6 mm	1ª parte	Cobre	35 %	65 %
		ExE ₁ = 28 mm		
	2ª parte	Carbono		
		ExE ₂ = 2 mm		
Elemento conductor l _E = 6 mm	1ª parte	Cobre	45 %	55 %
		ExE ₁ = 26,8 mm		
	2ª parte	Carbono		
		ExE ₂ = 3,2 mm		
Elemento conductor l _E = 10 mm	1ª parte	Cobre	40 %	60 %
		ExE ₁ = 25 mm		
	2ª parte	Carbono		
		ExE ₂ = 5 mm		

El grosor del elemento conductor y en particular de la 2ª parte de este último es, por tanto, un factor muy influyente. Lo mismo ocurre con la anchura del elemento conductor. Modificando las dimensiones del elemento conductor, se puede modular la distribución de la corriente entre la porción principal y el elemento conductor para controlar un nivel de calentamiento compatible con las características de los materiales considerados.

5

7.3-Elemento conductor que comprende una 1ª y una 2ª partes, siendo la 1ª parte de acero, siendo la 2ª parte de carbono

El elemento conductor puede ser igualmente de acero, cuya resistividad es del orden de $9,8 \times 10^{-11}$ Ohm.m, es decir, 6 veces más resistivo que el cobre ($1,6 \times 10^{-11}$ Ohm.m) pero proporcionalmente despreciable en comparación con la del carbono (8.2×10^{-9} Ohm.m).

10

Tabla 4

Características del elemento conductor.			Proporción de corriente que pasa por la porción principal de carbono.	Proporción de corriente que pasa por el elemento conductor.
Elemento conductor $l_E = 6$ mm	1ª parte	Acero	56 %	44 %
		$ExE_1 = 25$ mm		
	2ª parte	Carbono		
		$ExE_2 = 5$ mm		
Elemento conductor $l_E = 6$ mm	1ª parte	Acero	45 %	55 %
		$ExE_1 = 27$ mm		
	2ª parte	Carbono		
		$ExE_2 = 3$ mm		

El acero que tiene una influencia notable con respecto al cobre, no cambia por tanto fundamentalmente la arquitectura de la banda de desgaste. La distribución de la corriente aquí es controlable.

15

7.4-Elemento conductor que comprende un elemento en una sola parte siendo el material hierro fundido

El elemento conductor también puede ser de hierro fundido. El hierro fundido tiene una resistividad intermedia interesante (1×10^{-9} Ohm.m) que permite que las corrientes se distribuyan mejor entre la porción principal y el elemento conductor sin que necesariamente el elemento conductor sea en dos partes, contrariamente a un elemento conductor de cobre.

20

Tabla 5

Características del elemento conductor.			Proporción de corriente que pasa por la porción principal de carbono.	Proporción de corriente que por el elemento conductor.
Elemento conductor $l_E = 6$ mm	1ª parte	Hierro fundido	45 %	55 %
		$ExE_1 = 30$ mm		
	2ª parte	-		
		$ExE_2 = 0$ mm		

Se desprende de los ejemplos anteriores que la resistividad del material es un elemento dominante en la determinación del tipo y el dimensionamiento del conjunto (de baja o media resistividad con un elemento conductor con una segunda parte de carbono, resistividad media con un ensamblaje con un elemento conductor pasante).

- 5 La presencia del elemento conductor tiene como principal objetivo desviar una parte de la corriente que pasa por el elemento conductor para limitar su calentamiento, ya que este último provoca un deterioro del material que se traduce en un desgaste acelerado. No se busca necesariamente obtener una distribución del 50 % debido a que los niveles de calentamiento aceptables inducidos por el paso de la corriente no son los mismos en la porción principal o el elemento conductor (del orden de 250° para la porción principal y más de 800° para el elemento conductor). Por consiguiente, después de un dimensionado por el cálculo de las resistencias, el nivel de temperatura inducida y la interacción entre materiales son los que determinarán las dimensiones de cada uno de los elementos en función de la resistencia al calentamiento y de los límites de degradación.

El interés de estos tipos de montaje es para permitir la integración de un inserto de volumen más pequeño para una baja masa resultante, al tiempo que permita pasar el máximo de corriente a través del montaje de conjunto dentro de los límites de degradación aceptables para cada uno de los materiales.

15 7.5 Características físicas de los materiales del elemento conductor

Entre las características físicas distintas de la resistividad principalmente, los materiales o familia de materiales abordados tienen características físicas que presentan ventajas o inconvenientes en la utilización tal como se presentan. Los factores más influyentes son la capacidad de mantener las características mecánicas bajo el efecto de la temperatura, la maquinabilidad y mantener un buen coeficiente de rozamiento.

20 Calentamiento

Uno de los principales problemas reside en la degradación térmica del elemento conductor bajo el efecto de la corriente en la interfaz con la catenaria. Esto es particularmente evidente con el cobre, el cual pierde sus características mecánicas (dureza, resistencia, etc.) a partir de los 200 °C.

- 25 Una de las soluciones innovadoras consiste en dopar el cobre, con materiales de aporte de carbono, que permitan el mantenimiento de las características hasta temperaturas mucho más altas (véase la tabla 6). También son interesantes otras vías, por ejemplo, la utilización de hierro fundido, el cual tiene temperaturas admisibles más altas.

Maquinabilidad

- 30 Como otro inconveniente de los materiales metálicos en contacto que frotan con otro material, la fluencia debida al frotamiento, agravada por el calentamiento de la superficie, desplaza material y degrada el ensamblaje elemento conductor/porción principal de carbono. El aporte de carbono permite reducir el fenómeno gracias a una buena propiedad de maquinabilidad. El empleo del acero y sus aleaciones reduce así el fenómeno gracias a un alto umbral de pérdida de características, más allá de los 1000 °C. El hierro fundido es particularmente interesante por su cualidad de maquinabilidad.

Frotamiento

- 35 Los materiales habituales presentan características de frotamiento bien conocidas. En los materiales presentados como ejemplo, se ve claramente que el cobre, frente al cobre de la catenaria, es muy desfavorable. Un cobre dopado con carbono mejora la aptitud al desgaste.

Por otro lado, la utilización de material a base de hierro es más favorable, aceros dulces por ejemplo, y más particularmente el hierro fundido gracias a su mayor tasa de carbono.

40

Tabla 6

Material	Resistividad	Tasa de carbono	Temperatura de ablandamiento bajo calentamiento	Aptitud al frotamiento / cobre catenaria	Nivel de Interés
Carbono impregnado de Cu	8.19 E-9	80 %	<500° (desestructuración y sublimación) 200° (impregnación de cobre)	9/10	Parte principal
Hierro fundido	1 E-9	4 %	> 1000°	6/10	****
Acero	0.0987 E-9	1 %	> 1000°	4/10	**
Cobre dopado	0.015 E-9	14 %	800°	3/10	***
Cobre puro	0.0164 E-9	0 %	200°	1/10	*

Se ve con bastante claridad que para que los materiales aseguren un rendimiento aceptable en la utilización presentada, el cobre puro no es lo ideal.

5

La presencia de carbono en materiales metálicos habituales es, por tanto, un elemento importante en el buen comportamiento del inserto, a partir del momento en que el mismo permita:

- mantener las características mecánicas de los materiales de base a alta temperatura (800 °C/1000 °C),
- mantener una buena maquinabilidad del material de base,
- mejorar el coeficiente de frotamiento del material de base.

10

REIVINDICACIONES

1. Banda de desgaste de pantógrafo que se extiende a lo largo de una dirección longitudinal y que comprende una cara, denominada cara de captación de corriente (3), destinada a ponerse en contacto con un cable de contacto de una catenaria, y una cara, denominada cara de conexión (4), destinada a ser montada en un arco de un pantógrafo,
- 5 comprendiendo la banda de desgaste:
- una porción de carbono, denominada porción principal (1), que se extiende a lo largo de la citada dirección longitudinal, integralmente entre la citada cara de captación de corriente y la citada cara de conexión,
 - al menos un elemento conductor (2) insertado en la citada porción principal que se extiende al menos en parte a lo largo de la citada dirección longitudinal, al menos parcialmente entre la citada cara de captación de corriente (3) y la citada cara de conexión (4), siendo el citado elemento conductor (2) de una resistividad menor que la resistividad del carbono de la citada porción principal (1) y que comprende carbono, caracterizada por que la suma de las anchuras de cada elemento conductor está comprendida entre el 5 % y el 25 % de la anchura de la banda de desgaste, siendo determinadas las anchuras según una dirección perpendicular a la dirección longitudinal y a la dirección perpendicular al plano de las caras de captación de corriente y/o de conexión al arco.
- 10
- 15
2. Banda de desgaste según la reivindicación 1, caracterizada por que al menos un elemento conductor (2) se extiende integralmente entre la citada cara de captación de corriente (3) y la citada cara de conexión (4).
3. Banda de desgaste según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizada por que:
- la porción principal (1) es en una sola pieza,
- 20
- O
- la porción principal (1) está constituida por dos piezas, flanqueando cada una de las piezas de la porción principal (1) el elemento conductor (2), extendiéndose el elemento conductor (2) integralmente entre la cara de captación corriente (3) y la cara de conexión (4).
- 25
4. Banda de desgaste según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el citado al menos un elemento conductor es de una aleación que comprende carbono, preferiblemente de hierro fundido, de cobre dopado con carbono, de acero, de aleación de acero, de acero inoxidable y/o de una mezcla de estos materiales.
5. Banda de desgaste según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el elemento conductor (2) comprende al menos una primera parte y al menos una segunda parte, siendo la citada segunda parte (9) de carbono.
6. Banda de desgaste según la reivindicación 5, caracterizada por que la citada primera parte (8) desemboca en la citada cara de captación de corriente (3) y la citada segunda parte (9) desemboca en la citada cara de conexión (4).
- 30
7. Banda de desgaste según las reivindicaciones 5 o 6, caracterizada por que el material de la primera parte (8) de al menos un elemento conductor (2) es metal, preferiblemente una aleación que comprende carbono.
8. Banda de desgaste según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que comprende un solo elemento conductor (2).
- 35
9. Pantógrafo que comprende al menos una banda de desgaste según una de las reivindicaciones 1 a 8.

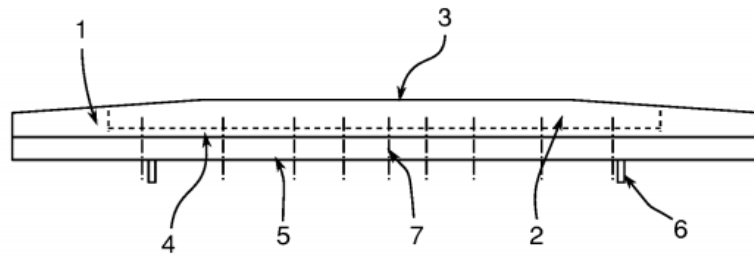


Figura 1

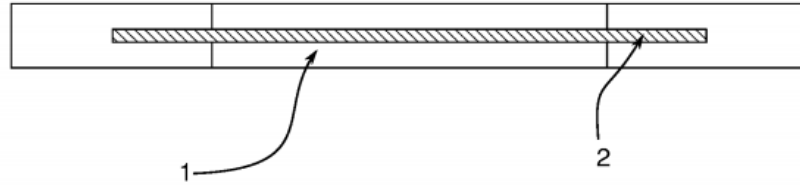


Figura 2

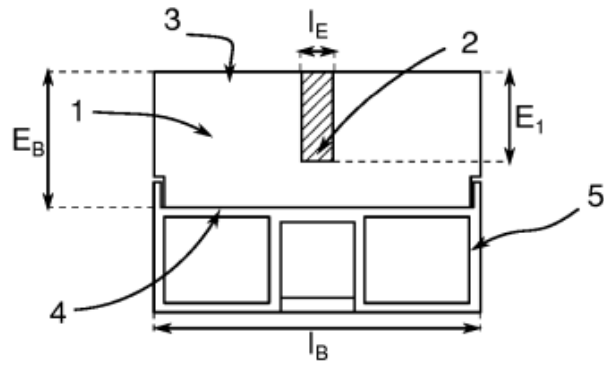


Figura 3

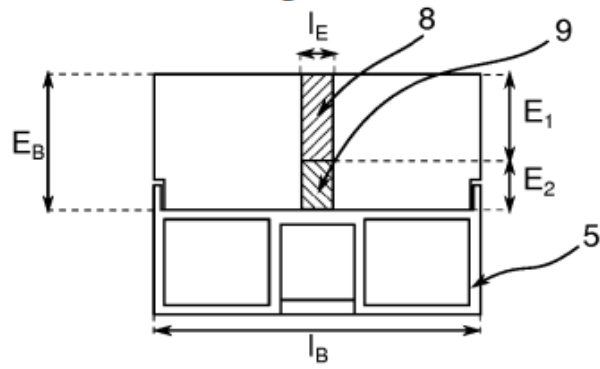


Figura 4

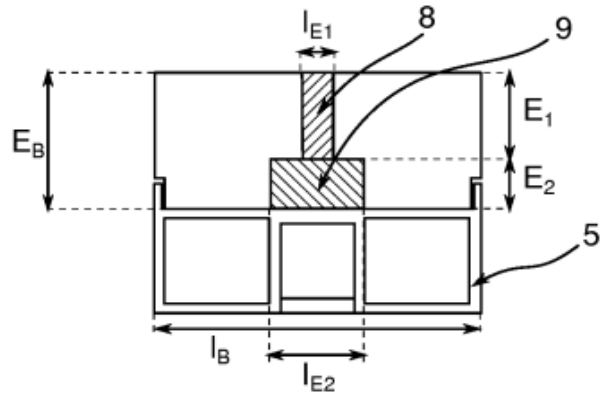


Figura 5

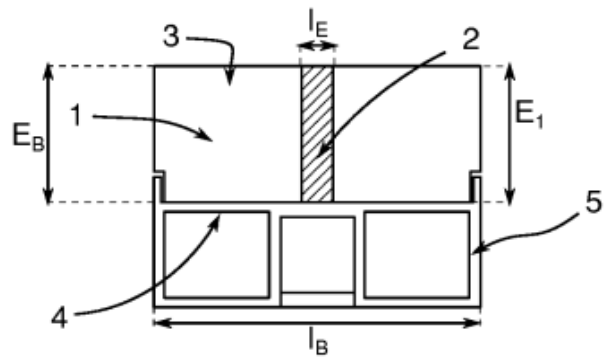


Figura 6

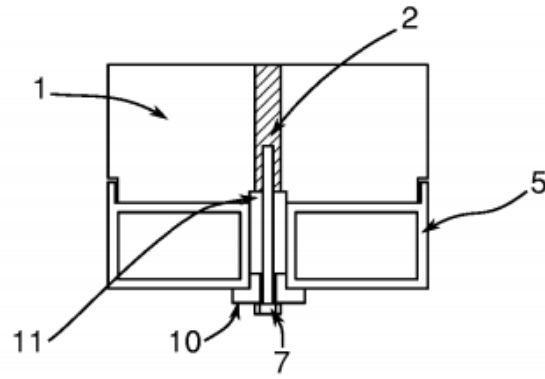


Figura 7

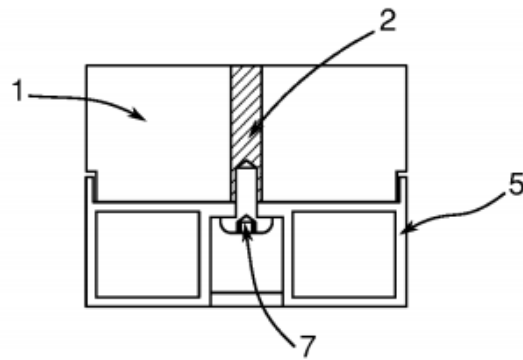


Figura 8