

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 822**

51 Int. Cl.:

B60B 17/00 (2006.01)

B61H 5/00 (2006.01)

F16D 65/12 (2006.01)

F16D 65/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2015 PCT/JP2015/000465**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2015 WO15122148**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2015 E 15748878 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019 EP 3106317**

54 Título: **Rueda de vehículo ferroviario con discos de freno**

30 Prioridad:

12.02.2014 JP 2014024784

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

26.11.2019

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**NOGAMI, HIROSHI;
FUJIMOTO, TAKAHIRO;
SAKAYAMA, YUIKO;
SAKAGUCHI, ATSUSHI y
ASABE, KAZUTAKA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 822 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

Rueda de vehículo ferroviario con discos de freno

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno (en la presente memoria descriptiva y en lo que sigue, también denominada "rueda de vehículo ferroviario con DF"), en la que los discos de freno están fijados a una rueda para un vehículo ferroviario.

10 TÉCNICA ANTECEDENTE

Como sistema de frenado para vehículos ferroviarios, los frenos de disco que tienen un excelente rendimiento de frenado se utilizan con mayor frecuencia a medida que aumenta la velocidad del vehículo y su tamaño. Un freno de disco está configurado de tal manera que se presiona un forro de freno contra una superficie deslizante de un disco de freno sujeto a una rueda. Como resultado, la fuerza de frenado es generada en una rueda rotativa, controlando de esta manera la velocidad del vehículo.

El tipo de freno de disco incluye un disco de freno de tipo de fijación al centro (tipo de fijación de superficie deslizante) en el que los discos de freno están fijados a una rueda en una región dentro de una superficie deslizante, y un disco de freno de tipo de fijación a la circunferencia interior en el que los discos de freno están fijados a una rueda en una región situada más cerca de la circunferencia interior que la superficie deslizante. El disco de freno de tipo de fijación a la circunferencia interior requiere que se use una porción para la fijación, aparte de una porción que incluye una superficie deslizante. Por otra parte, el disco de freno de tipo de fijación al centro no necesita estar provisto de una porción de este tipo para ser usada para la fijación, y por lo tanto es ventajoso en la reducción de peso.

Las figuras 1A y 1B son diagramas para mostrar una estructura general de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno que constituye un freno de disco para un vehículo ferroviario, en el que la figura 1A muestra una vista en planta de una porción de cuarto de círculo, y la figura 1B muestra una vista en sección a lo largo de la dirección radial de una porción de medio círculo, respectivamente. Las figuras 2A a 2C son diagramas para mostrar tópicamente la estructura de una rueda de vehículo ferroviario con DF convencional, en la que la figura 2A muestra una vista en perspectiva de una cara posterior de un disco de freno visto desde el lado de la superficie periférica interior, la figura 2B muestra una vista en planta de un disco de freno visto desde un lado de la cara posterior, y la figura 2C muestra una vista en sección a lo largo de la dirección radial, respectivamente. Todos los discos de freno que se muestran en las figuras 1A, 1B, y 2A a 2C son de tipo de fijación al centro.

Como se muestra en las figuras 1A, 1B, y 2A a 2C, un disco de freno 1 incluye una porción de placa circular anular 2 cuya cara frontal 2a proporciona la superficie deslizante. En la cara posterior 2b de la porción de placa circular 2, una pluralidad de porciones de aleta 3 se proyectan de una manera radial. En algunas de la pluralidad de porciones de aleta 3, un orificio de perno 4 que pasa a través de la porción de placa circular 2 está formado en una posición aproximadamente central en la dirección radial.

Una rueda 10 incluye una porción de bulón 11 dentro de la cual se debe ajustar a presión un árbol, una porción de reborde 12 que incluye una banda de rodadura que debe estar en contacto con un carril, y una porción de placa 13 para combinarlos unos a los otros. Los discos de freno 1 están dispuestos en un conjunto de dos con el fin de interponer la porción de placa 13 de la rueda 10 entre ellos con la cara frontal 2a de cada disco de freno orientada hacia afuera. Un perno 5 se inserta en cada orificio de perno 4, y una tuerca 6 se atornilla en cada perno 5 y se fija al mismo. Como resultado, el disco de freno 1 está fijado a la rueda 10 de tal manera que una superficie extrema frontal de la porción de aleta 3 está en contacto de presión con una cara lateral 13a de la porción de placa 13 de la rueda 10 en el rango completo de la dirección radial.

El disco de freno 1 está fijado a la porción de placa 13 en una región dentro de la superficie deslizante. En el disco de freno de tipo de fijación al centro, con respecto a la dirección radial del disco de freno 1, es preferible que el disco de freno 1 se fije a la rueda 10 en la proximidad de una porción central entre la circunferencia interior y la circunferencia exterior del disco de freno 1, por ejemplo, una porción entre una posición para dividir internamente la circunferencia interior y la circunferencia exterior en una relación de 1: 3, y una posición para dividir internamente la circunferencia interior y la circunferencia exterior en una relación de 3: 1.

Substancialmente, toda la superficie de la cara frontal del disco de freno 1 sirve como una superficie deslizante, y como se muestra en la figura 1B, se forma una gran separación (por ejemplo, una separación de 70 mm a 120 mm) sobre la circunferencia completa entre la porción de bulón 11 y la porción de placa circular 2. Es decir, el disco de freno 1 no se extiende a la proximidad de la porción de bulón 11, realizando de esta manera una reducción de peso del disco de freno 1. Una rueda de vehículo ferroviario con DF convencional que tiene una configuración de este tipo se describe, por ejemplo, en la Bibliografía de Patentes 1.

Mientras un vehículo ferroviario se está desplazando, el disco de freno 1 gira integralmente con la rueda 10 a alta velocidad. En consecuencia, el aire alrededor del disco de freno 1 fluye desde el lado de la circunferencia interior

(una separación entre la porción de bulón 11 y la porción de placa circular 2) al interior de un espacio formado entre el disco de freno 1 y la rueda 10, específicamente, un espacio rodeado por la porción de placa circular 2 y la porción de aleta 3 del disco de freno 1, y la porción de placa 13 de la rueda 10, y fluye hacia afuera desde el lado de la circunferencia exterior (ver las flechas de línea continua en las figuras 2A a 2C). Es decir, mientras el vehículo ferroviario se está desplazando, se produce un flujo de gases de aire en un espacio entre el disco de freno 1 y la rueda 10. Un flujo de gases de este tipo se convierte en significativo cuando el vehículo se desplaza a una velocidad alta de más de 300 km/h, tal como un vehículo ferroviario de alta velocidad como el Shinkansen (R), con lo que induce el sonido conocido como sonido aerodinámico. Por esa razón, se requiere una reducción del sonido aerodinámico por consideración ambiental.

En un disco de freno de tipo de fijación a la circunferencia interior, la separación entre la porción de bulón 11 y la porción de placa circular 2 es muy pequeña en comparación con un disco de freno de tipo de fijación al centro. Por esa razón, mientras el vehículo se está desplazando, la cantidad de aire que fluye hacia el espacio rodeado por la porción de placa circular 2 y la porción de aleta 3 del disco de freno 1, y la porción de placa 13 de la rueda 10 es pequeña, y generalmente no se generará sonido aerodinámico a un nivel que cause un problema. Por lo tanto, se puede decir que la generación de sonido aerodinámico es un problema peculiar del disco de freno de tipo de fijación al centro.

Las técnicas anteriores que abordan la necesidad de reducir el sonido aerodinámico asociado con un disco de freno de tipo de fijación al centro, incluyen lo que sigue.

Por ejemplo, la Bibliografía de Patentes 2 describe una rueda de vehículo ferroviario con DF, en la que un disco de freno está provisto adicionalmente de un nervio entre las porciones de aletas adyacentes a lo largo de la dirección circunferencial, de modo que el flujo de gases es suprimido por el nervio. De acuerdo con la rueda de vehículo ferroviario con DF que se describe en la bibliografía que se ha descrito más arriba, es posible reducir el sonido aerodinámico a un nivel deseado.

Sin embargo, en la técnica que se describe en la Bibliografía de Patentes 2, el rendimiento de enfriamiento del disco de freno durante el frenado se deteriora debido a que el nervio suprime el flujo de gases. Por este motivo, los aumentos en la deformación causada por la expansión térmica del disco de freno y en la carga de esfuerzo impuesto sobre el perno de fijación, junto con el aumento de la rigidez del propio disco de freno debido a la adición de los nervios, pueden producir el riesgo de que la durabilidad del disco de freno y del perno se deterioren.

Una técnica anterior para resolver este problema se describe en la Bibliografía de Patentes 3.

Las figuras 3A y 3B son diagramas para mostrar típicamente la estructura de una rueda de vehículo ferroviario con DF convencional que se describe en la Bibliografía de Patentes 3, en la que la figura 3A muestra una vista en perspectiva de una cara posterior de un disco de freno visto desde su lado de superficie periférica interior, y la figura 3B muestra una vista en sección a lo largo de la dirección radial. Como se muestra en estas figuras, en la rueda de vehículo ferroviario con DF que se describe en la Bibliografía de Patentes 3, al disco de freno 1 se le añaden los nervios 7 en la dirección circunferencial, cada uno situado entre las porciones de aleta adyacentes 3, y además se forma una ranura 7a a lo largo de la dirección radial en una porción central en la dirección circunferencial de cada nervio 7.

De acuerdo con esta rueda de vehículo ferroviario con DF, un flujo de gases es garantizado por la ranura 7a. Puesto que esto permite mantener el rendimiento de enfriamiento del disco de freno 1 durante el frenado, y aligerar el aumento de rigidez debido a la adición del nervio, se mitigan la deformación que acompaña a la expansión térmica del disco de freno 1 y la carga de tensión impuesta sobre el perno de fijación, suprimiendo así el deterioro en la durabilidad del disco de freno 1 y del perno.

LISTA DE CITAS

BIBLIOGRAFÍA DE PATENTES

Bibliografía de Patentes 1: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa número 2006 - 9862

Bibliografía de Patentes 2: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa número 2007 - 205428

Bibliografía de Patentes 3: Publicación de Solicitud Internacional número WO2010/071169

El documento JP 2008 - 261443 describe una rueda de material rodante con disco de freno, en la que los orificios de sujeción 15 en los que una parte de diámetro pequeño 21 y una parte de diámetro grande 22 continuadas por una parte escalonada 23, están provistos en ambos discos de freno 2a. Una parte de rosca macho provista en un extremo de una parte de vástago 18 de los pernos 4a que tiene una parte de cabeza 19 en la parte de diámetro grande 22 de los orificios de sujeción 15 se atornilla en un orificio roscado 16 provisto en el otro disco de freno 2a dispuesto en el lado opuesto con respecto a la rueda de material rodante 1, y por lo tanto, los discos de freno 2a están conectados y soportados con respecto a la rueda 1 de material rodante. Se reduce el área de apertura de los orificios de sujeción 15 sobre una parte de superficie de fricción.

SUMARIO DE LA INVENCION

PROBLEMA TÉCNICO

Como se ha descrito hasta ahora, una rueda de vehículo ferroviario con DF convencional para reducir el sonido aerodinámico está configurada de tal manera que se agrega un nervio en la porción de placa circular del freno de disco, y además se forma una ranura en el nervio con el objetivo de suprimir el flujo de gases en un espacio rodeado por la porción de placa circular y la porción de aleta del disco de freno, y la porción de placa de la rueda. Como resultado de esto, la forma del disco de freno se hace complicada, lo que inevitablemente lleva a un deterioro en la productividad del disco de freno.

Específicamente, puesto que es necesario un trabajo adicional (mecanizado, etc.) para ajustar las alturas no solo de la porción de aleta sino también del nervio, y se requiere otro trabajo adicional para formar una ranura en el nervio, el proceso de producción del disco de freno se hace complicado. Particularmente, cuando el disco de freno se produce por forjado, la carga sobre el troquel aumenta y la reducción de la vida útil del troquel será innegable.

La presente invención se ha realizado en vista de los problemas que se han descrito más arriba, y tiene el objetivo de proporcionar una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno que tenga las siguientes características.

- El disco de freno tiene una forma simple y una excelente productividad.
- El sonido aerodinámico durante el desplazamiento a alta velocidad se reduce con efectividad.

SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de una realización de la presente invención incluye:

una rueda para un vehículo ferroviario que incluye una porción de bulón, una porción de reborde y una porción de placa para combinarlas unas a las otras; y un disco de freno que incluye una porción de placa circular anular cuya cara frontal proporciona una superficie deslizante, y una pluralidad de porciones de aleta que se proyectan radialmente sobre una cara posterior de la porción de placa circular, en el que dos de los discos de freno interponen la porción de placa de la rueda con cada una de sus superficies deslizantes orientadas hacia afuera, y se fijan en una región dentro de la superficie deslizante, y en el que con respecto a un área de una sección que cruza un espacio formado entre el disco de freno y la rueda a lo largo de una dirección circunferencial, una porción de sección mínima, en la que el área de sección es mínima, está presente en una región formada por una superficie periférica exterior de la porción de placa circular y una superficie periférica interior de la porción de reborde, y la superficie periférica exterior de la porción de placa circular tiene una forma que sigue a la superficie periférica interior de la porción de reborde en una región que se extiende a un lado exterior desde la porción de sección mínima.

En la rueda de vehículo ferroviario con DF que se ha descrito más arriba, la configuración puede ser tal que la superficie periférica interior de la porción de reborde incluya una superficie de esquina que se conecta a una cara lateral de la porción de reborde, y una superficie de filete que se conecta a la superficie de esquina y una cara lateral de la porción de placa, en el que la porción de sección mínima está presente en un límite entre la superficie de esquina y la superficie de filete dentro de la superficie periférica interior de la porción de reborde.

En la rueda de vehículo ferroviario con DF que se ha descrito más arriba, la configuración puede ser tal que la superficie periférica interior de la porción de reborde incluya una superficie de esquina que se conecta a una cara lateral de la porción de reborde, y una superficie de filete que se conecta a la superficie de esquina y una cara lateral de la porción de placa, en el que la porción de sección mínima está presente en una región de la superficie de filete dentro de la superficie periférica interior de la porción de reborde. En el caso de esta configuración, la porción de sección mínima está presente preferiblemente más cerca de la cara posterior dentro de la superficie periférica exterior de la porción de placa circular.

Además, en la rueda de vehículo ferroviario con DF que se ha descrito más arriba, se puede adoptar una configuración en la que la superficie de esquina de la superficie periférica interior de la porción de reborde tiene un contorno con forma de arco en una sección a lo largo de la dirección axial.

EFFECTOS VENTAJOSOS DE LA INVENCIÓN

La rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de la presente invención tiene los siguientes efectos notables:

- El disco de freno tiene una forma simple y una excelente productividad; y
- El sonido aerodinámico durante los desplazamiento a alta velocidad puede ser reducido con efectividad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1A es un diagrama para mostrar una estructura general de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que muestra una vista en planta de la cuarta parte de una porción circular.

La figura 1B es un diagrama para mostrar una estructura general de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que muestra una vista en sección a lo largo de la dirección radial de una porción semicircular.

La figura 2A es un diagrama para mostrar tópicamente una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno convencional, que muestra una vista en perspectiva de la cara posterior del disco de freno vista desde el lado de la superficie periférica interior.

La figura 2B es un diagrama para mostrar tópicamente una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno convencional, que muestra una vista en planta del disco de freno visto desde el lado de la cara posterior.

La figura 2C es un diagrama para mostrar tópicamente una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno convencional, que muestra una vista en sección a lo largo de la dirección radial.

La figura 3A es un diagrama para mostrar tópicamente una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno convencional que se ha descrito en la Bibliografía de Patentes 3, que muestra una vista en perspectiva de la cara posterior del disco de freno visto desde el lado de la superficie periférica interior.

La figura 3B es un diagrama para mostrar tópicamente una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno convencional que se ha descrito en la Bibliografía de Patentes 3, que muestra una vista en sección a lo largo de la dirección radial.

La figura 4 es un diagrama para mostrar una correlación entre la suma total de áreas de apertura y el nivel de sonido aerodinámico y el caudal de aire en una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno.

La figura 5A es un diagrama para mostrar una distribución de la variación de la presión de los gases en una superficie sólida (superficies del disco de freno y de la rueda) obtenida mediante un análisis de flujo transitorio de gases.

La figura 5B es un diagrama para mostrar una distribución de la variación de la presión de los gases en una superficie sólida (representada como se ve a través del disco de freno) obtenida mediante un análisis de flujo transitorio de gases.

La figura 6A es una vista en sección a lo largo de la dirección radial para mostrar una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que es una primera realización de la presente invención.

La figura 6B es una vista en sección para mostrar tópicamente la rueda de vehículo ferroviario con el disco de freno de la figura 6A, que muestra la región rectangular en la figura 6A.

La figura 7A es una vista en sección a lo largo de la dirección radial para mostrar una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que es una segunda realización de la presente invención.

La figura 7B es una vista en sección para mostrar tópicamente la rueda de vehículo ferroviario con el disco de freno de la figura 7A, que muestra la región rectangular en la figura 7A.

La figura 8A es una vista en sección a lo largo de la dirección radial para mostrar una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que es una tercera realización de la presente invención.

La figura 8B es una vista en sección para mostrar tópicamente la rueda de vehículo ferroviario con el disco de freno de la figura 8A, que muestra la región rectangular en la figura 8A.

La figura 9A es una vista en sección a lo largo de la dirección radial para mostrar una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que se utiliza como Ejemplo Comparativo en el análisis de ejemplos.

La figura 9B es una vista en sección para mostrar tópicamente la rueda de vehículo ferroviario con el disco de freno de la figura 9A, que muestra la región rectangular en la figura 9A.

La figura 10 es un diagrama para mostrar la relación entre la velocidad de disipación de calor, que es un resultado del análisis de los ejemplos, y el nivel de sonido aerodinámico.

La figura 11 es un diagrama para mostrar los cambios temporales del caudal de aire que son los resultados del análisis de los ejemplos.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES

Como se ha descrito en la Bibliografía de Patentes 3, existe una fuerte correlación entre el caudal del aire, que fluye a través de un espacio formado entre el disco de freno y la rueda, en particular un espacio rodeado por la porción de placa circular y la porción de aleta del disco de freno y la porción de placa de la rueda, y el nivel de sonido aerodinámico.

La figura 4 es un diagrama para mostrar una correlación entre la suma total de las áreas de apertura y el nivel de sonido aerodinámico y el caudal de aire en la rueda del ferrocarril con disco de freno. La suma total de las áreas de apertura que se han mencionado en la presente memoria descriptiva se refiere a la suma total de las áreas de apertura en todo el rango de la dirección circunferencial cuando se ve desde el lado circunferencial interior del disco de freno con respecto a un espacio rodeado por la porción de placa circular y la porción de aleta del disco de freno, y la porción de placa de la rueda. En otras palabras, la suma total de áreas de apertura se refiere a un área de una porción de sección mínima en la que el área de la sección transversal espacial es mínima con respecto a una sección (en adelante, denominada "sección transversal espacial") que cruza a lo largo del perímetro circunferencial la dirección del espacio formado entre el disco de freno y la rueda. Por ejemplo, como una rueda de vehículo ferroviario con DF que se muestra en las figuras 3A y 3B, en el caso de que se añada un nervio entre las porciones de las aletas del disco de freno y que se forme una ranura en el nervio, puesto que la porción de la sección mínima está situada en la posición del nervio, el área de la sección transversal espacial en la posición del nervio corresponde a la suma total de las áreas de apertura que se muestran en la figura 4. Se debe tener en cuenta que la

velocidad de flujo de aire se ha obtenido mediante una transferencia de calor y un análisis de flujo (para un disco de freno), y el nivel de sonido aerodinámico se ha obtenido por experimento.

5 Se ve, como se muestra en la figura 4, que el nivel de sonido aerodinámico aumenta a medida que aumenta el área (suma total de áreas de apertura) de la porción de sección mínima, y el flujo de aire muestra una tendencia similar.

10 Sin embargo, en realidad, el sonido aerodinámico es causado por un cambio inestable de la presión de los gases (fenómeno de propagación de la onda de compresión). Por esta razón, cuando se predice la generación de sonido aerodinámico mediante un análisis numérico, es preferible evaluar directamente los cambios sustancialmente inestables del flujo de gases y los cambios de presión de sonido asociados con el mismo.

15 En consecuencia, con la rueda de vehículo ferroviario con DF convencional que se muestra en las figuras 3A y 3B, es decir, una rueda de vehículo ferroviario con DF en la que se agrega un nervio con una ranura entre las porciones de la aleta como un objetivo, se realizó una predicción directa del nivel de sonido aerodinámico en base al análisis de flujo transitorio de gases. En este análisis, la velocidad de desplazamiento fue constante a 360 km/h.

Las condiciones típicas para un modelo de rueda de vehículo ferroviario con DF que se usó para el análisis de flujo transitorio de gases son las siguientes.

20 <Disco de freno>

- Disco de acero forjado para Shinkansen (R)
- Diámetro interior de la porción de placa circular: 417 mm, diámetro exterior de la porción de placa circular: 715 mm
- Longitud desde la superficie deslizante de la porción de placa circular hasta la superficie del extremo frontal (superficie de contacto con la porción de placa de rueda) de la porción de aleta: 45 mm
- 12 orificios de pernos cuyos centros están situados en un círculo idéntico de un diámetro de 560 mm se forman con un intervalo igual, y se inserta un perno a través de cada orificio de perno para sujetar el disco de freno y la rueda.

30 <Rueda>

- Rueda laminada para Shinkansen (R)
- Diámetro interior: 196 mm, diámetro exterior: 860 mm

35 En primer lugar, la medición del nivel de sonido aerodinámico se realizó mediante el método que se describe en la Bibliografía de Patentes 2 para verificar la conveniencia del método de cálculo del análisis de flujo transitorio de gases. Específicamente, después de medir la presión acústica con un medidor de sonido de precisión por medio del experimento, se realizó un análisis de frecuencia para realizar una corrección de ponderación A y, posteriormente, se realizó un procesamiento de banda de 1/3 de octava para calcular los datos de características de frecuencia y un valor general. A continuación, para el valor general, se compararon un valor experimental (114,5 [dB (A)]) y un valor calculado (114,8 [dB (A)]) uno con el otro para confirmar la consistencia entre los mismos.

40 Las figuras 5A y 5B muestran la distribución de la variación de la presión de gas en superficies sólidas (superficies del disco de freno y la rueda) obtenidas mediante un análisis de flujo transitorio de gases. La figura 5A lo representa en ambas superficies del disco de freno y de la rueda, y la figura 5B lo representa como se ve a través del disco de freno.

45 La variación de la presión de los gases en la superficie sólida que se muestra en las figuras 5A y 5B indican cantidades cuadráticas medias de valores diferenciales de tiempo de la presión, que corresponden a una distribución de fuente de sonido en las superficies sólidas (superficies del disco de freno y de la rueda). Como se desprende de la distribución de la parte oscura en la representación de la escala de grises en las figuras 5A y 5B, una fuente de sonido importante durante el desplazamiento aparece en una región de salida de gas y sus alrededores, es decir, una región circunferencial exterior de la porción de placa circular del disco de freno y sus alrededores, dentro de un espacio formado entre el disco de freno y la rueda.

50 Por esta razón, para reducir el sonido aerodinámico, la presente invención ha prestado atención, dentro del espacio formado entre el disco de freno y la rueda, no al espacio rodeado por la porción de placa circular y la porción de aleta del disco de freno, y de la porción de placa de la rueda a la que se prestó atención en la técnica anterior, sino a la región circunferencial exterior de la porción de placa circular del disco de freno, que se convierte en una región de flujo de salida de gases, es decir, una región formada por la superficie periférica exterior de la porción de placa circular del disco de freno y la superficie periférica interior de la porción de reborde de la rueda.

55 A continuación, los efectos de la forma de la región circunferencial exterior de la porción de placa circular del disco de freno en el nivel de sonido aerodinámico y el rendimiento de enfriamiento han sido investigados usando un cálculo numérico mediante el análisis de flujo transitorio de gases que se ha descrito más arriba. Como resultado de esto, los presentes inventores han obtenido un descubrimiento de que al especificar apropiadamente la forma de la

superficie periférica exterior del disco de freno se permite suprimir aún más el nivel de sonido aerodinámico mientras se mantiene el rendimiento de enfriamiento a un nivel equivalente o no inferior al de la técnica anterior, completando así la presente invención.

5 En general, cuanto más abrupto sea el cambio direccional del flujo de gases, más energía cinética debida al esfuerzo viscoso se disipa, por lo que es más probable que se convierta en un tipo de energía que genere sonido. Con respecto a esto, la presente invención ha prestado atención al flujo de gases en la región de salida de gases y ha ajustado la dirección del flujo de gases entre el disco de freno y la rueda para seguir la superficie (cara lateral) de la porción de reborde de la rueda. de manera que confluye, en un ángulo pequeño, con el flujo de gases generado
10 en una dirección radialmente hacia afuera a lo largo de la superficie deslizante a medida que gira el disco de freno. Como resultado, el cambio direccional del flujo de gases en las proximidades del punto de confluencia, que tiende a convertirse en una fuente de sonido, se minimiza, lo que permite una reducción del sonido aerodinámico.

15 En la presente memoria descriptiva y en lo que sigue, se describirán en detalle las realizaciones de la rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de la presente invención.

<Primera realización>

20 La figura 6A es una vista en sección a lo largo de la dirección radial para mostrar una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que es una primera realización de la presente invención. La figura 6B es una vista en sección para mostrar tópicamente la rueda de vehículo ferroviario con el disco de freno de la figura 6A, que muestra la región rectangular en la figura 6A. En la presente memoria descriptiva y en lo que sigue, a las piezas comunes a aquellas de la rueda de vehículo ferroviario con DF convencional que se muestran en las figuras A 1A, 1B, y 2A a 2C se les dan los símbolos similares, omitiendo así apropiadamente la descripción superpuesta.

25 Como se muestra en las figuras 6A y 6B, un disco de freno 1 en la primera realización incluye una porción de placa circular 2 y una porción de aleta 3. Este disco de freno 1 no incluye el nervio 7 como se muestra en las figuras 3A y 3B. Es decir, solo una pluralidad de porciones de aleta 3 se proyectan de manera radial sobre una cara posterior 2b de la porción de placa circular 2.

30 El material del disco de freno 1 puede ser hierro fundido, acero fundido, acero forjado, aluminio, carbono y otros similares.

35 Se hace notar que, estrictamente hablando, una región en una cara frontal 2a del disco de freno 1 que proporciona una superficie deslizante, se eleva un escalón por encima. El disco de freno 1 se reemplazará cuando la superficie deslizante se haya desgastado debido al frenado repetitivo y el desgaste de la superficie deslizante haya progresado hasta la altura de la cara frontal 2a de la porción de placa circular 2.

40 Una rueda 10 incluye una porción de bulón 11, una porción de reborde 12 y una porción de placa 13. La superficie periférica interior 12b (un rango desde el punto b1 al punto b3 en la figura 6B) de la porción de reborde 12 incluye una superficie de esquina 12ba (un rango desde el punto b1 hasta el punto b2 en la figura 6B) que se conecta a la cara lateral 12a de la porción de reborde 12, y una superficie de filete 12bb (un rango desde el punto b2 al punto b3 en la figura 6B) que se conecta a la superficie de esquina 12ba y a la cara lateral 13a de la porción de placa 13.

45 Las formas de la superficie de esquina 12ba y de la superficie de filete 12bb están diseñadas de acuerdo con las especificaciones del vehículo. Por ejemplo, la superficie de esquina 12ba es una cara redonda única cuya forma de contorno en una sección a lo largo de la dirección axial de la rueda 10 es una forma de arco, y cuyo radio de curvatura es constante. La superficie de filete 12bb es un plano complejo en el que se combinan una superficie que se estrecha progresivamente de forma troncocónica y una cara redonda con un radio de curvatura constante, y cuya forma de contorno en una sección a lo largo de la dirección axial de la rueda 10 es una forma combinada de una línea recta y un arco. Pero la superficie de filete 12bb puede ser una cara redonda única, o una superficie curva libre cuyo radio de curvatura varía.

50 En la presente memoria descriptiva, en la rueda de vehículo ferroviario con DF de la primera realización, con respecto a una sección transversal espacial que cruza a lo largo de la dirección circunferencial el espacio formado entre el disco de freno 1 y la rueda 10, una porción de sección mínima en la que el área de la sección transversal espacial es mínima, está presente en una región formada por la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 y la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 de la rueda 10. Específicamente, está presente en un límite b2 entre la superficie de esquina 12ba y la superficie de filete 12bb dentro de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12.

55 En correspondencia con esto, la superficie periférica exterior 2c (un rango desde el punto a1 al punto a3 en la figura 6B) de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 está configurada de tal manera que la forma de una región (un rango desde el punto a1 hasta el punto a2 en la figura 6B) que se extiende desde una posición a2, que está orientada hacia el límite b2 entre la superficie de esquina 12ba y la superficie de filete 12bb de la porción de reborde 12, hacia el lado exterior (lado de la cara frontal 2a) a lo largo de la dirección de grosor corresponde a una forma que sigue la superficie de esquina 12ba dentro de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12. Es
60
65

decir, en el rango de esa región, la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 y la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 de la rueda 10 son opuestas en proximidad de una con la otra. La proximidad como se usa en la presente memoria descriptiva significa que hay un espacio de alrededor de 1 mm a 5 mm. Por otra parte, en una región (un rango desde el punto a2 al punto a3 en la figura 6B) que se extiende hacia el lado interior (el lado de la cara posterior 2b del disco del freno 1) separado de la región que se ha mencionado más arriba, la superficie periférica externa 2c de la porción de placa circular 2 se extiende separándose de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 sin seguirla.

En una rueda de vehículo ferroviario con DF que tiene una configuración de este tipo, el disco de freno 1 no incluye un nervio 7, incluyendo solo una porción de aleta 3 en la cara posterior de la porción de placa circular 2, y por lo tanto tiene una forma simple. Por esta razón, el proceso de producción del disco de freno 1 no será complicado, y la productividad del disco de freno 1 será excelente. Incluso cuando se fabrica un disco de freno 1 por forja, la carga impuesta sobre el troquel no aumentará, y la vida del troquel no se acortará. También se hace notar que aunque la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 necesita ser mecanizada en una forma que se ajuste a la forma de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 de la rueda 10, este mecanizado se puede realizar simplemente en una serie de mecanizaciones del disco de freno 1, en contraste con el trabajo adicional de los nervios y ranuras convencionales.

Además, de acuerdo con la rueda de vehículo ferroviario con DF de la primera realización, el aire que fluye entre el disco de freno 1 y la rueda 10 durante el desplazamiento a alta velocidad sale (ver las flechas de línea continua en la figura 6B) para finalmente seguir la cara lateral 12a de la porción de reborde 12 mientras sigue la superficie periférica interior 12b (la superficie de esquina 12ba) de la porción de reborde 12. Por esta razón, el aire que sale entre el disco de freno 1 y la rueda 10 tiende a confluir con un pequeño ángulo con un flujo de gases (ver flechas de línea discontinua en la figura 6B) generada en una dirección radialmente hacia afuera a lo largo de la superficie deslizante a medida que el disco de freno 1 gira. Puesto que esto minimizará el cambio direccional del flujo de gases en la proximidad del punto de confluencia que tiende a convertirse en una fuente de sonido, el sonido aerodinámico se reduce con efectividad.

<Segunda realización>

La figura 7A es una vista en sección a lo largo de la dirección radial para mostrar una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que es una segunda realización de la presente invención. La figura 7B es una vista en sección para mostrar típicamente la rueda de vehículo ferroviario con el disco de freno de la figura 7A, que muestra la región rectangular en la figura 7A. La rueda de vehículo ferroviario con DF de la segunda realización está basada en la configuración de la primera realización, y está sujeta a cambios en los siguientes puntos con respecto a la primera realización.

En la rueda de vehículo ferroviario con DF de la segunda realización, una porción de sección mínima de la sección transversal espacial entre el disco de freno 1 y la rueda 10 está presente en una región de la superficie de filete 12bb de la porción de reborde 12 (véase el punto b4 en la figura 7B) dentro de la región formada por la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 y la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 de la rueda 10.

En correspondencia con esto, la superficie periférica exterior 2c (un rango desde el punto a1 hasta el punto a3 en la figura 7B) de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 está configurada de tal manera que la forma de una región (un rango desde el punto a1 hasta punto a4 en la figura 7B) que se extiende desde una posición a4, que está orientado a la porción de sección mínima (punto b4 en la figura 7B) en la superficie de filete 12bb de la porción del reborde 12, hacia el lado exterior (lado de la cara frontal 2a) a lo largo la dirección del grosor, corresponde a una forma que sigue partes de la superficie de esquina 12ba y la superficie de filete 12bb dentro de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12. Es decir, en el rango de esa región, la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 y la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 de la rueda 10 están opuestas en la proximidad de una con relación a la otra. Por otro lado, en una región (un rango desde el punto a4 al punto a3 en la figura 7B) que se extiende hacia el lado interior (el lado de la cara posterior 2b del disco de freno 1) separado de la región que se ha mencionado, la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 se extiende separada de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 sin seguirla.

La rueda de vehículo ferroviario con DF de la segunda realización que tiene una configuración de este tipo consigue los mismos efectos que los de la primera realización como se ha descrito más arriba.

<Tercera realización>

La figura 8A es una vista en sección a lo largo de la dirección radial para mostrar una estructura de una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno, que es una tercera realización de la presente invención. La figura 8B es una vista en sección para mostrar típicamente la rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de la figura 8A, que muestra la región rectangular en la figura 8A. La rueda de vehículo ferroviario con DF de la tercera realización es un aspecto modificado de la segunda realización.

Es decir, en la rueda de vehículo ferroviario con DF de la tercera realización, una porción de sección mínima de la sección transversal espacial entre el disco de freno 1 y la rueda 10 está presente más cerca de la cara posterior 2b (véase el punto a3 en la figura 8B) dentro de la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2, en la región formada por la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 y la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 de la rueda 10.

La superficie periférica exterior 2c (un rango desde el punto a1 hasta el punto a3 en la figura 8B) de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 está configurada de tal manera que la forma de una región que se extiende desde una posición a3, que está más cerca de la cara posterior 2b, hacia el lado exterior (el lado frontal 2a) a lo largo de la dirección del grosor corresponde a una forma que sigue sustancialmente la superficie completa de la superficie de esquina 12ba y parte de la superficie de filete 12bb dentro de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12. Es decir, la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 es opuesta en la proximidad de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 de la rueda 10 en todo el rango en la dirección del grosor.

En este caso, la porción de sección mínima de la sección transversal espacial entre el disco de freno 1 y la rueda 10 está presente en una región de la superficie de filete 12bb de la porción de reborde 12 de la rueda 10 correspondiente a la posición a3 más cercana a la cara posterior 2b (véase el punto b5 en la figura 8B) dentro de la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1.

La rueda de vehículo ferroviario con DF de la tercera realización que tiene una configuración de este tipo consigue los mismos efectos que los de la primera realización que se ha descrito más arriba.

EJEMPLOS

Para confirmar los efectos de la rueda de vehículo ferroviario con DF de la presente invención, se realizaron un análisis de flujo transitorio de gases y un análisis de transferencia de calor y flujo para evaluar el nivel de sonido aerodinámico, el rendimiento de enfriamiento y el caudal de aire. Como objetivo del análisis, la rueda de vehículo ferroviario con DF de la primera realización que se muestra en las figuras 6A y 6B se adoptó como Ejemplo Inventivo 1 de la presente invención, y la rueda de vehículo ferroviario con DF de la tercera realización que se muestra en las figuras 8A y 8B se adoptó como Ejemplo Inventivo 2 de la presente invención.

Además, como Ejemplo Comparativo, se adoptó una rueda de vehículo ferroviario con DF en la que se añadió un nervio 7 con una ranura 7a entre las porciones de aleta 3 como se muestra en las figuras 9A y 9B. La rueda de vehículo ferroviario con DF que se muestra en las figuras 9A y 9B es la misma que la rueda de vehículo ferroviario con DF convencional que se muestra en las figuras 3A y 3B. En la rueda de vehículo ferroviario con DF del Ejemplo Comparativo, la superficie periférica exterior 2c de la porción de placa circular 2 del disco de freno 1 se extiende separándose de la superficie periférica interior 12b de la porción de reborde 12 sin seguirla.

En todas las ruedas ferroviarias con DF de los Ejemplos Inventivos 1 y 2 de la presente invención y del Ejemplo Comparativo, el disco de freno se fijó en el centro.

Las condiciones típicas para un modelo de la rueda de vehículo ferroviario con DF que se usó para el análisis fueron las mismas que las del análisis de flujo transitorio de gases que se ha descrito más arriba. Además, la técnica para el análisis de flujo transitorio de gases fue la misma que la que se ha descrito más arriba. Se asumió que la velocidad de desplazamiento era constante a 360 km/h en el análisis de flujo transitorio de gases y en la transferencia de calor y el análisis de flujo.

Como índice de evaluación del rendimiento de enfriamiento, se introdujo una velocidad de disipación de calor, definiéndose la velocidad de disipación de calor como un producto de un coeficiente de transferencia de calor promedio de superficie y un área de superficie para un disco de freno. Cuanto mayor sea la velocidad de disipación de calor, mejor será el rendimiento de refrigeración.

La evaluación del caudal de aire se realizó mediante un promedio de tiempo del caudal de aire y un rango de variación del mismo en la porción de sección mínima de la sección transversal espacial entre el disco de freno y la rueda.

Los resultados se muestran en la Tabla 1 que sigue, y en las figuras 10 y 11

[Tabla 1]

TABLA 1

Categoría	Área de la porción de sección mínima [mm ²]	Nivel de sonido aerodinámico [dB (A)]	Velocidad de disipación de calor [W / K]	Caudal medio de aire [kg / s]	Rango de variación del caudal de aire [kg / s]
Ejemplo inventivo 1	4560	11,,0	66,7	0,,4	0,0033
Ejemplo inventivo 2	4560	111,0	65,9	0,,1	0,00,7
Ejemplo Comparativo	2630	114,8	58,8	0,14	0,0190

5 La figura 10 es un diagrama para mostrar la relación entre la velocidad de disipación de calor, que es un resultado del análisis de los Ejemplos, y el nivel de sonido aerodinámico. La figura 11 es un diagrama para mostrar los cambios temporales del caudal de aire que son los resultados del análisis de los Ejemplos. Como se muestra en la Tabla 1 y en la figura 10, se puede confirmar que los Ejemplos Inventivos 1 y 2 de la presente invención pueden reducir el nivel de sonido aerodinámico más que el Ejemplo Comparativo, al mismo tiempo que logran un rendimiento de enfriamiento igual o mejor que el del Ejemplo Comparativo. Además, puesto que cada uno de los Ejemplos Inventivos 1 y 2 tiene un área mayor de la porción de sección mínima que la del Ejemplo Comparativo, presentan un aumento del caudal de aire promedio, logrando así un mayor rendimiento de enfriamiento. Además, como se muestra en la Tabla 1 y en la figura 11, cada uno de los Ejemplos Inventivos 1 y 2 muestra un intervalo de variación más pequeño del caudal de aire que el del Ejemplo Comparativo, y por lo tanto una sonoridad mejorada. A partir de estos, se puede decir que la sonoridad de una rueda de vehículo ferroviario con DF y el rendimiento de enfriamiento del disco de freno durante el frenado pueden ser controlados apropiadamente cambiando adecuadamente el área de la porción de la sección mínima, que es un factor de diseño.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

20 La rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de la presente invención se puede utilizar eficazmente para cada vehículo ferroviario equipado con un freno de disco, y es particularmente útil para vehículos ferroviarios de alta velocidad.

LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

- 1: Disco de freno
- 25 2: Porción de placa circular
- 2a: Cara frontal
- 2b: Cara posterior,
- 2c: Superficie periférica externa
- 3: Porción de aleta,
- 30 4: Orificio del perno
- 5: Perno
- 6: Tuerca,
- 7: Nervio
- 7a: Ranura
- 35 10: Rueda
- 11: Porción de bulón
- 12: Porción de reborde
- 12a: Cara lateral
- 12b: Superficie periférica interior
- 40 12ba: Superficie de esquina
- 12bb: Superficie de filete
- 13: Porción de placa
- 13a: Cara lateral

REIVINDICACIONES

1. Una rueda de vehículo ferroviario con disco de freno que comprende:

- 5 una rueda (10) para un vehículo ferroviario, que comprende una porción de bulón (11), una porción de reborde (12) y una porción de placa (13) para combinarlas unas con las otras; y dos discos de freno (1) comprendiendo cada uno una porción de placa circular anular (2) cuya cara frontal (2a) proporciona una superficie deslizante, y una pluralidad de porciones de aleta (3) que se proyectan radialmente en una cara posterior (2b) de la porción de placa circular (2), en el que los citados dos discos de freno (1) interponen la porción de placa (13) de la rueda (10) con cada una de sus superficies deslizantes orientada hacia afuera, y están fijados en una región dentro de la superficie deslizante, y en el que con respecto a un área de una sección que cruza un espacio formado entre el disco de freno (1) y la rueda (10) a lo largo de una dirección circunferencial, una porción de sección mínima en la cual el área de sección mínima está presente en una región formada por una superficie periférica exterior (2c) de la porción de placa circular (2) y una superficie periférica interior (12b) de la porción de reborde (12), **caracterizado en que** la superficie periférica exterior (2c) de la porción de placa circular tiene una forma que sigue a la superficie periférica interior (12b) de la porción de reborde (12) en una región que se extiende a un lado exterior desde la porción de sección mínima.
- 20 2. La rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la superficie periférica interior (12b) de la porción de reborde (12) incluye una superficie de esquina (12ba) que se conecta a una cara lateral (12a) de la porción de reborde (12), y una superficie de filete (12bb) que se conecta a la superficie de esquina (12ba) y una cara lateral (13a) de la porción de placa (13), y la porción de sección mínima está presente en un límite entre la superficie de esquina (12ba) y la superficie de filete (12bb) dentro de la superficie periférica interior (12b) de la porción de reborde (12).
- 30 3. La rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la superficie periférica interior (12b) de la porción de reborde (12) incluye una superficie de esquina (12ba) que se conecta a una cara lateral (12a) de la porción de reborde (12) y una superficie de filete (12bb) que se conecta a la superficie de esquina (12ba) y una cara lateral (13a) de la porción de placa (13), y la porción de sección mínima está presente en una región de la superficie de filete (12bb) dentro de la superficie periférica interior (12b) de la porción de reborde (12).
- 35 4. La rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de acuerdo con la reivindicación 3, en la que la porción de sección mínima está presente más cerca de la cara posterior (2b) dentro de la superficie periférica exterior (2c) de la porción de placa circular (2).
- 40 5. La rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que la superficie de esquina (12ba) en la superficie periférica interior (12b) de la porción de reborde (12) tiene un contorno en forma de arco en una sección a lo largo de la dirección axial.
- 45 6. La rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que no se proporciona ningún nervio entre las porciones de aleta (3).
7. Uso de la rueda de vehículo ferroviario con disco de freno de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores para suprimir el sonido aerodinámico durante un desplazamiento a alta velocidad, a una alta velocidad superior a 300 km/h.

FIG. 1A

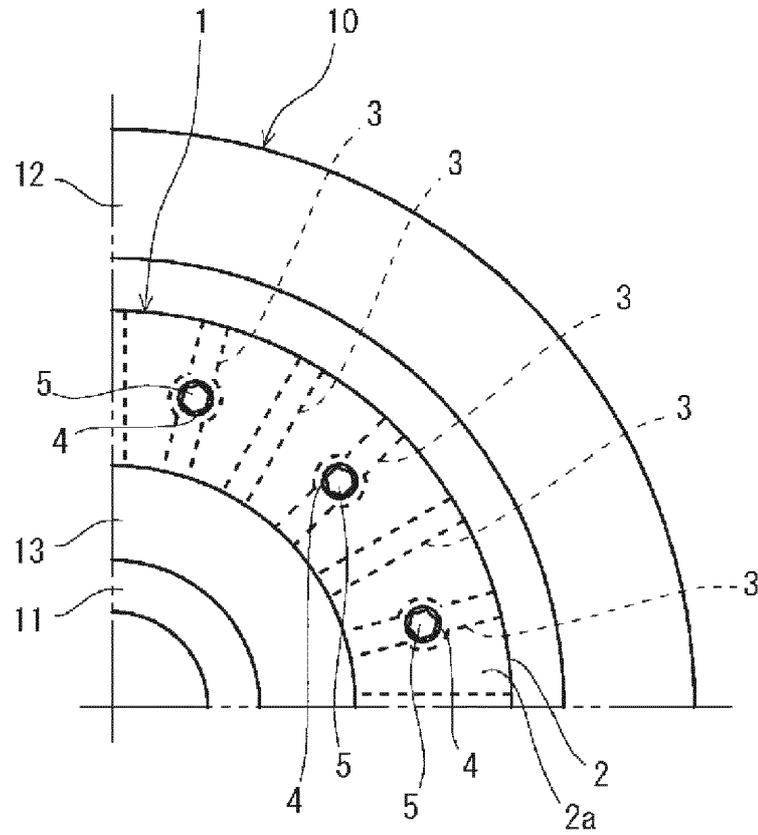


FIG. 1B

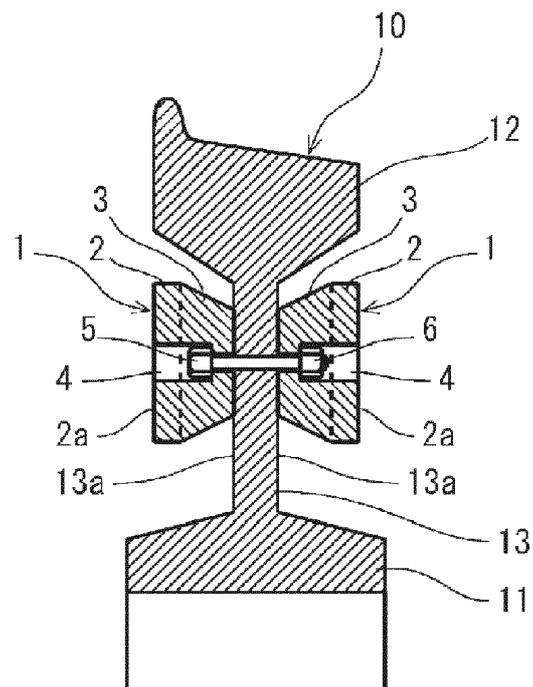


FIG. 2A

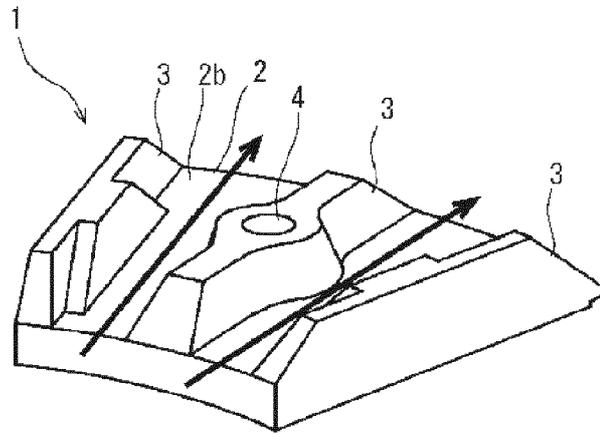


FIG. 2B

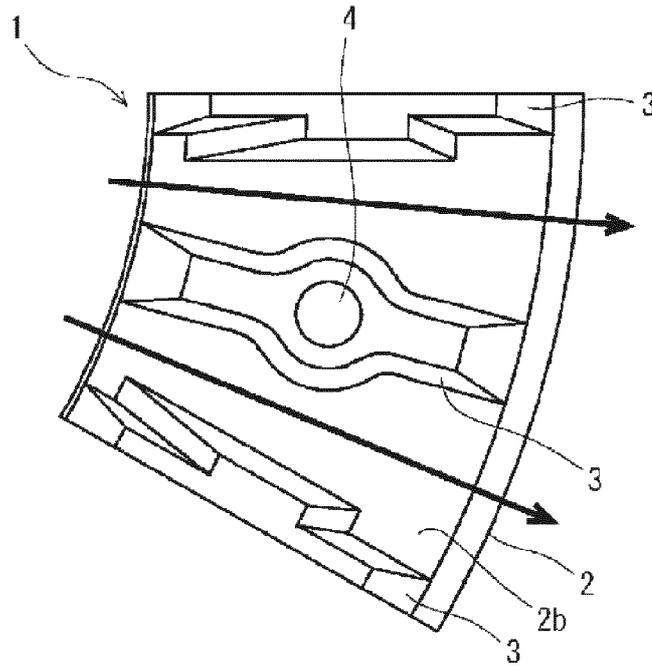


FIG. 2C

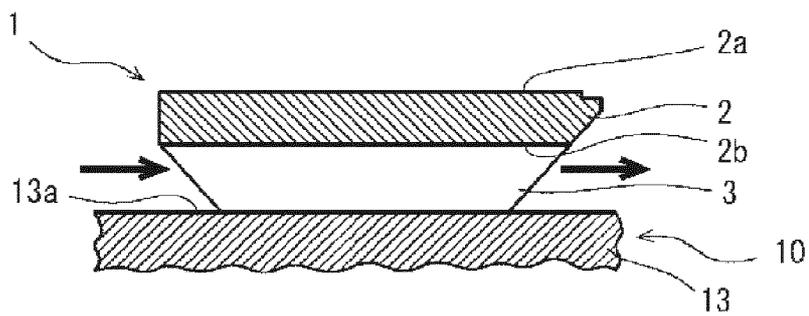


FIG. 3A

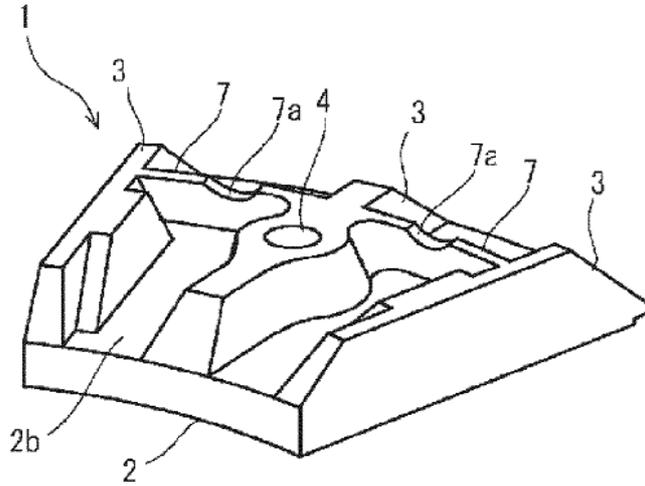


FIG. 3B

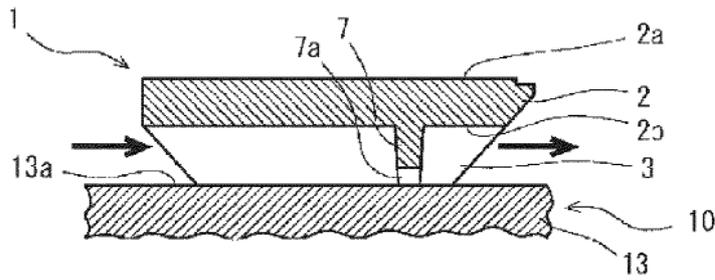


FIG. 4

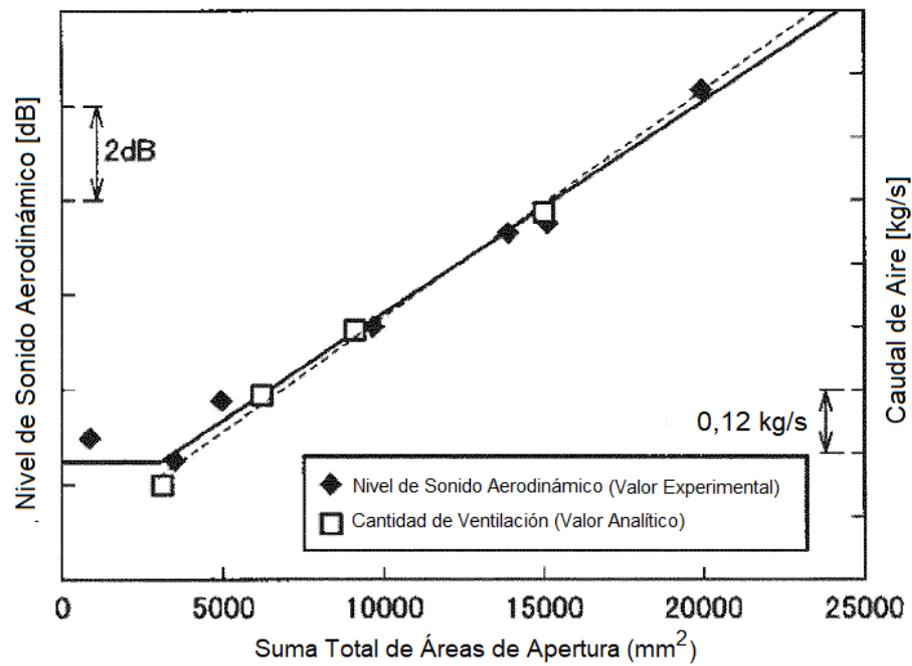


FIG. 5A

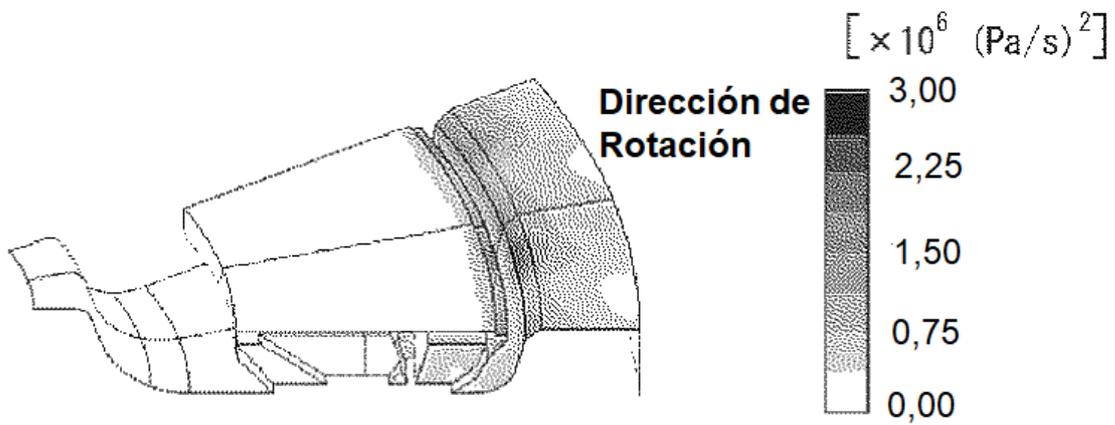


FIG. 5B

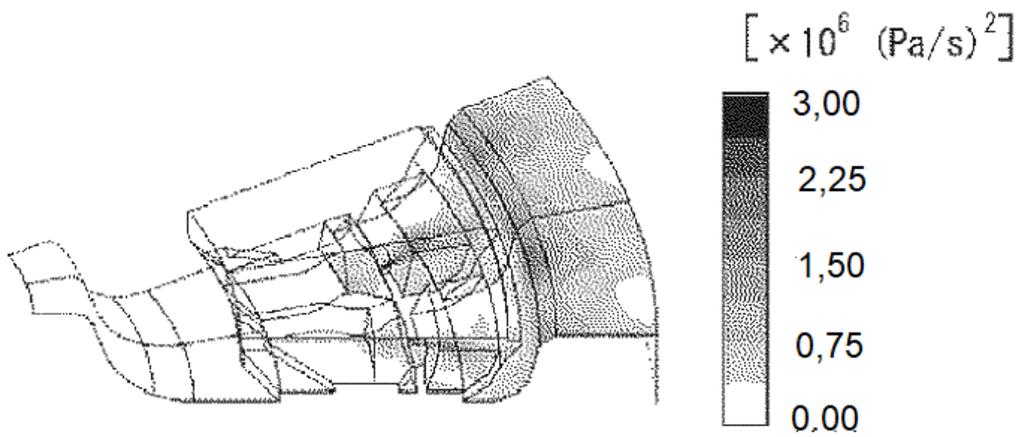


FIG. 6A

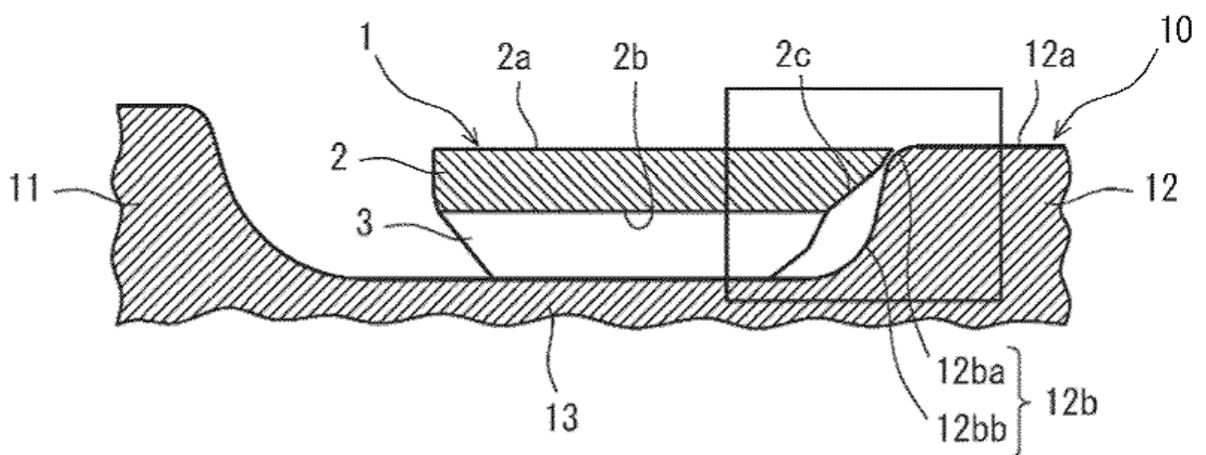


FIG. 6B

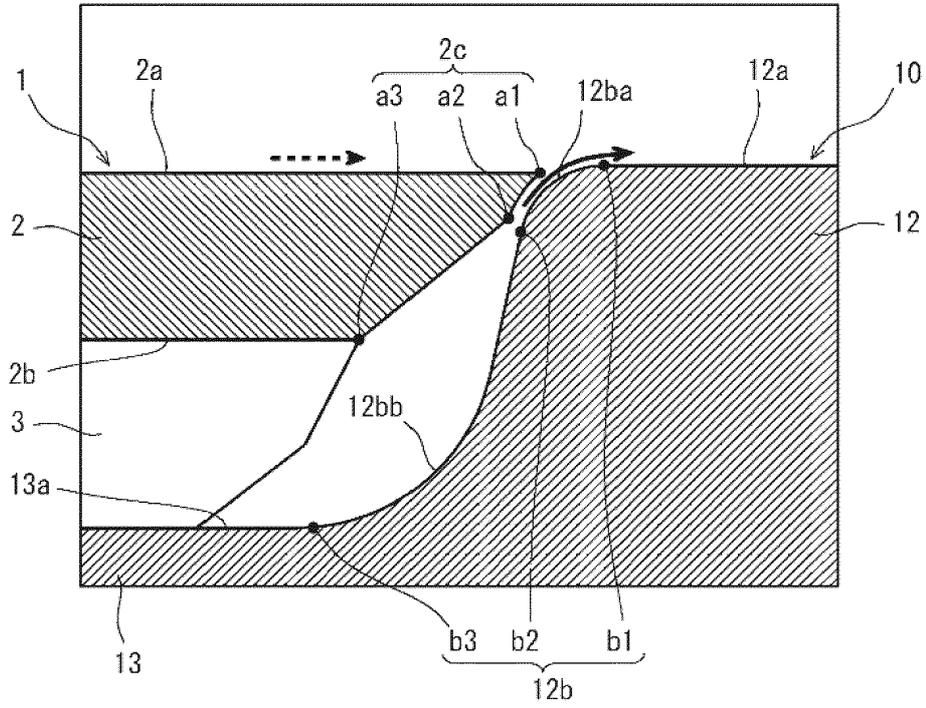


FIG. 7A

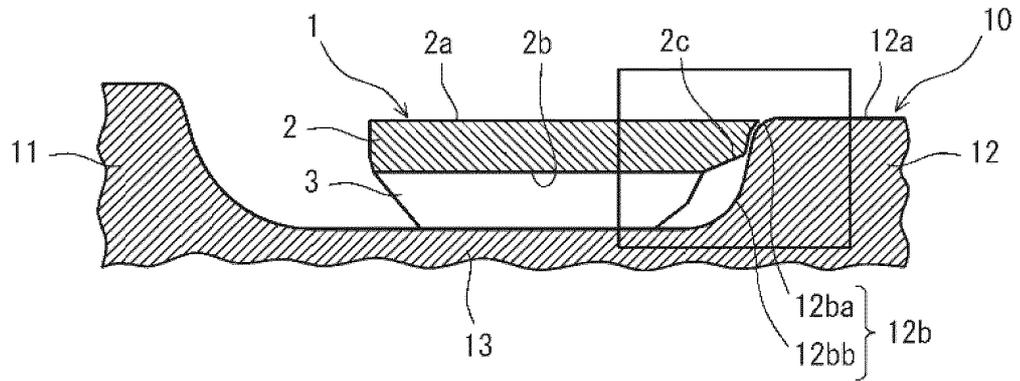


FIG. 7B

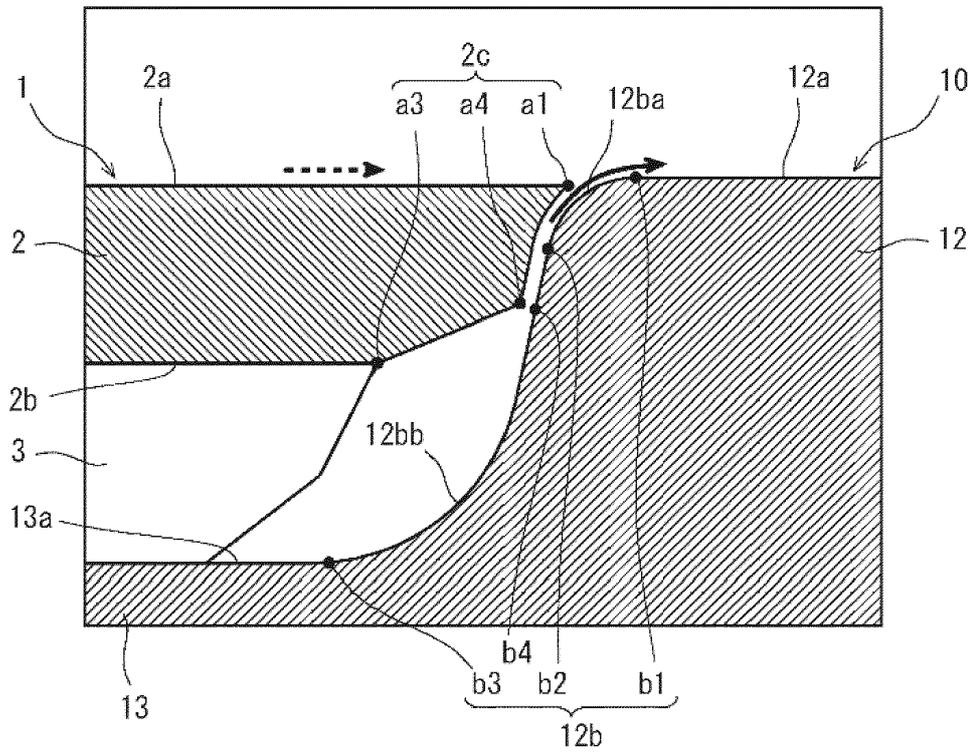


FIG. 8A

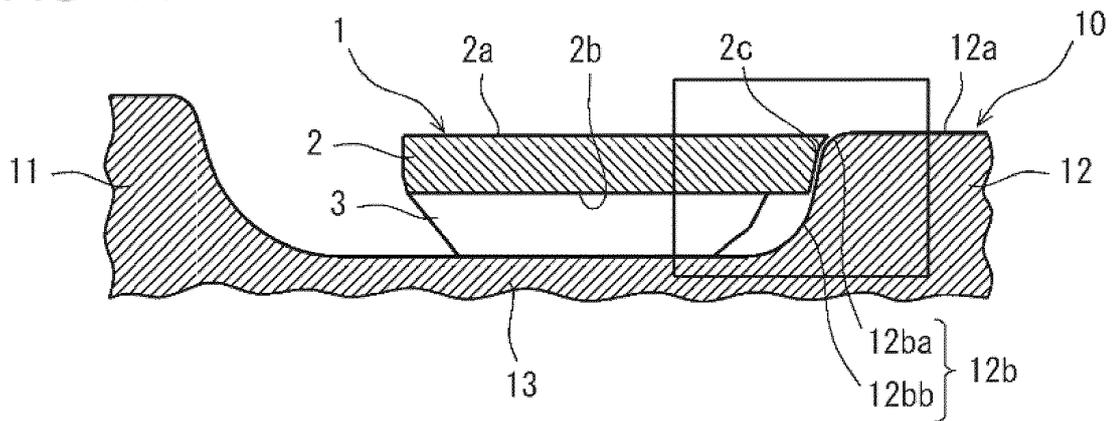


FIG. 8B

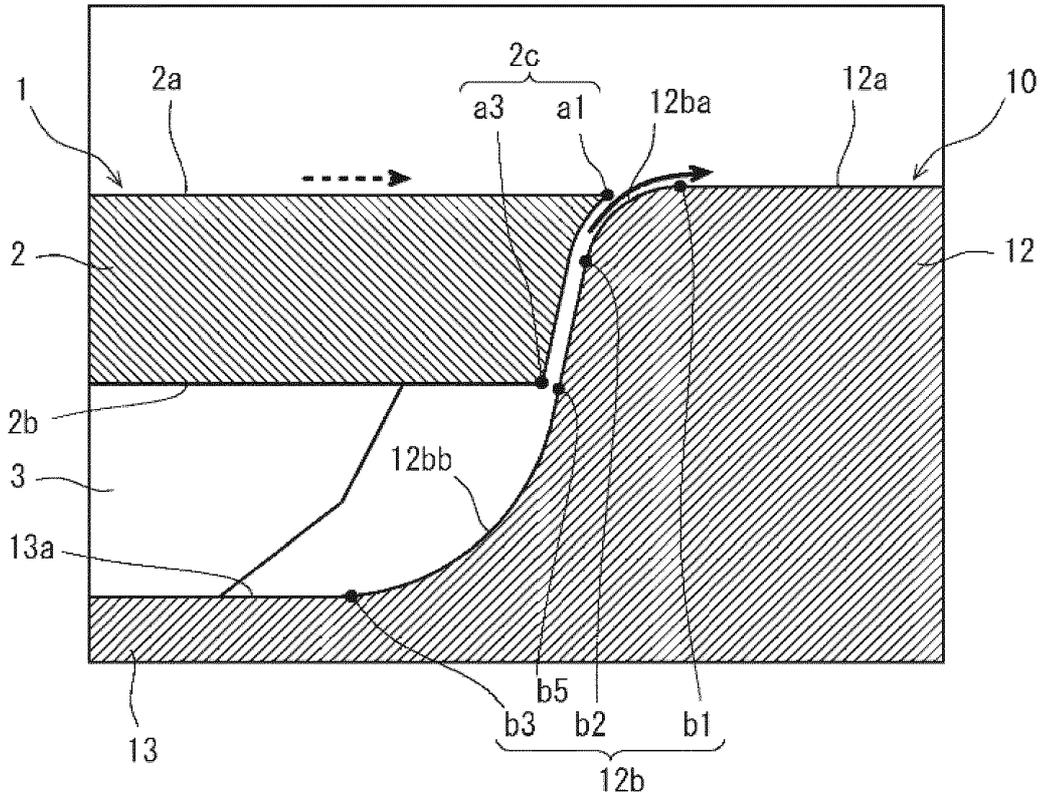


FIG. 9A

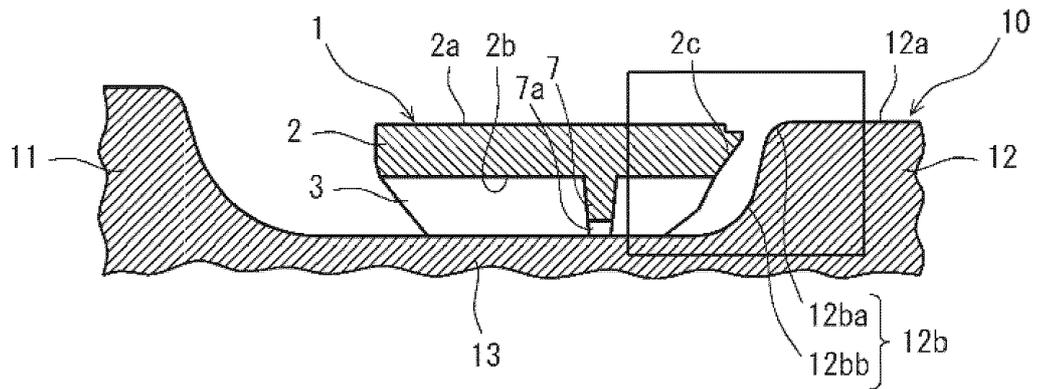


FIG. 9B

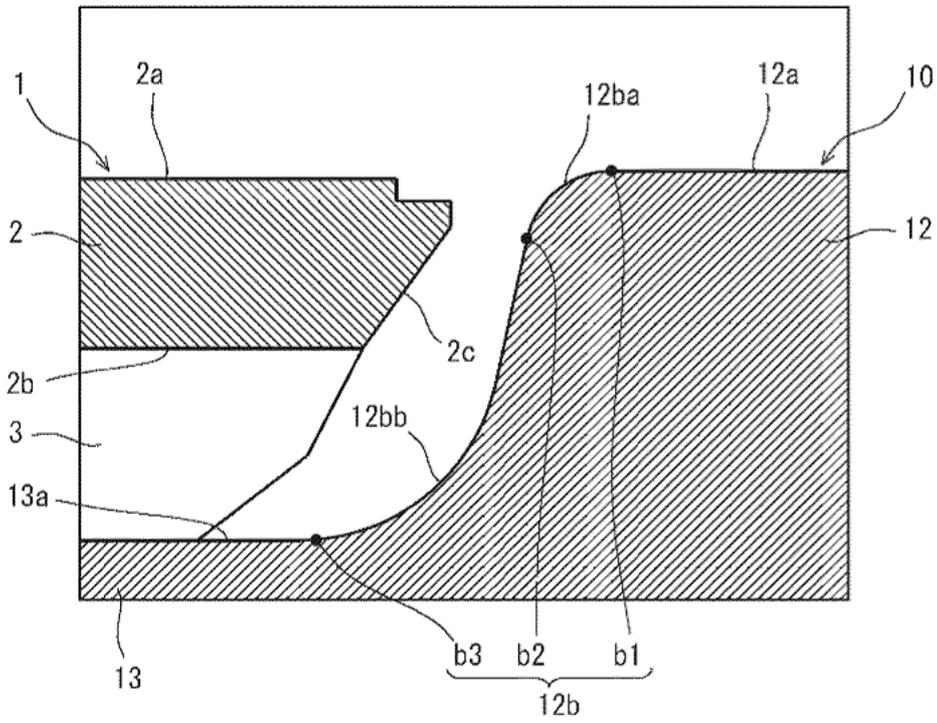


FIG. 10

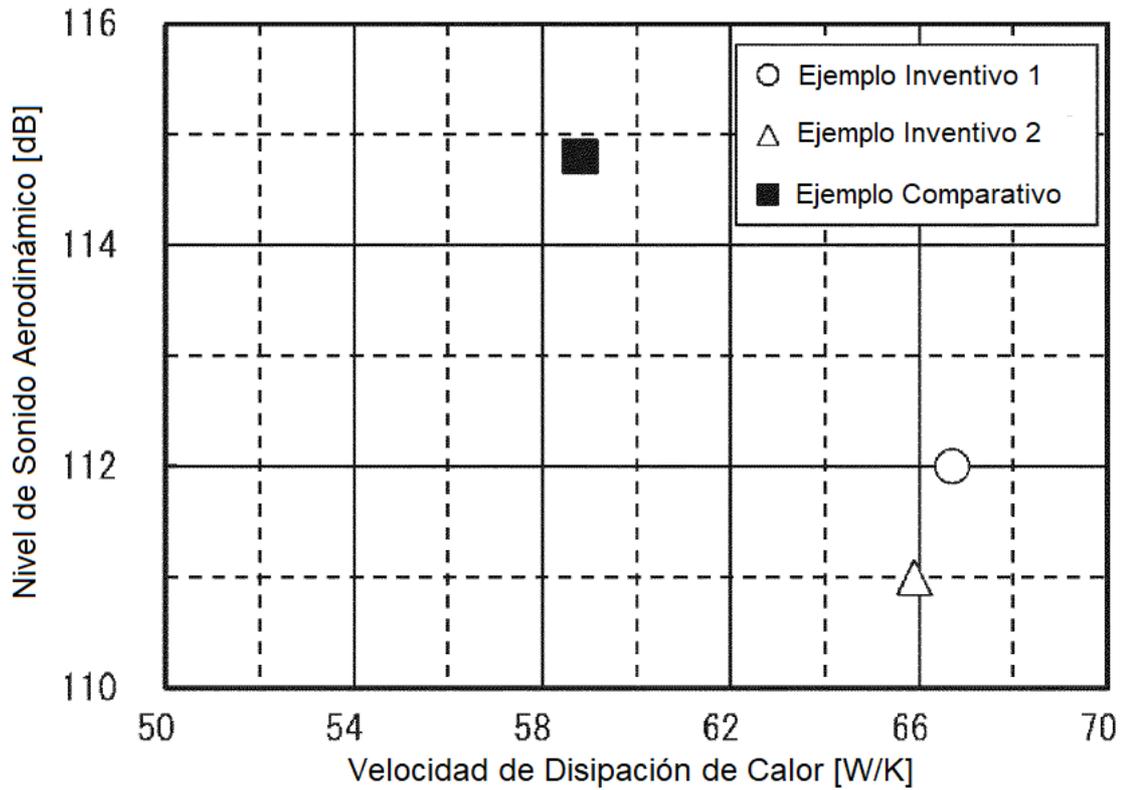


FIG. 11

