

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 409 939**

51 Int. Cl.:

B23K 9/04	(2006.01)	B23K 101/34	(2006.01)
B23K 10/02	(2006.01)	B23K 103/16	(2006.01)
B23K 26/34	(2006.01)	B21B 15/00	(2006.01)
B21C 47/28	(2006.01)		
B32B 15/01	(2006.01)		
C22C 19/05	(2006.01)		
C23C 4/08	(2006.01)		
C23C 4/10	(2006.01)		
C23C 4/12	(2006.01)		
B23K 101/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2008 E 08853882 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2013 EP 2225066**

54 Título: **Procedimiento para fabricar un tambor de bobinado y un tambor de bobinado**

30 Prioridad:

29.11.2007 US 987348

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

28.06.2013

73 Titular/es:

**METSO MINERALS, INC. (100.0%)
FABIANINKATU 9 A
00101 HELSINKI, FI**

72 Inventor/es:

**MIKKOLA, OSMO;
NORVASTO, TIMO y
VIRTANEN, PIRJO**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 409 939 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

Procedimiento para fabricar un tambor de bobinado y un tambor de bobinado

La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un tambor de bobinado y a un tambor de bobinado de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 8 (véase, por ejemplo, el documento US 20061086167 A1).

5 **Antecedentes de la invención**

Los trenes de laminación en caliente reversibles, también denominados trenes de laminación Steckel, se usan como trenes de laminación para banda en caliente para laminar en caliente placas de aceros inoxidables, acero especial, etc.

10 La fig 1 muestra esquemáticamente un tren laminador reversible 1 que tiene una temperatura relativamente alta en el que una placa moldeada de acero se pasa a través de los rodillos 2a y 2b varias veces. Los rodillos 2a y 2b están en contacto entre sí formando una línea de paso y cuando la placa pasa a través de la línea de paso N, el grosor de la placa se reduce a una banda 3 que tiene un grosor más fino.

15 En los lados opuestos del tren laminador 1 están dispuestos dos hornos de bobinado 4. Cuando se procesa la banda con el tren laminador 1, alternativamente se enrolla en y se desenrolla en los hornos de bobinado 4 opuestos, comprendiendo cada uno un tambor de bobinado 5 cilíndrico rotatorio. El propósito de los hornos de bobinado es mantener la temperatura de la banda entre pasos a través de la línea de paso N. Los hornos de bobinado se mantienen a una temperatura, por ejemplo, de aproximadamente 900 a aproximadamente 1050 °C.

20 En funcionamiento, la banda 3 que pasa a través de la línea de paso N se conduce al horno de bobinado 4 más próximo y se enrolla sobre su tambor de bobinado 5 respectivo. Posteriormente, la banda 3 se desenrolla del tambor de bobinado 5 mientras la banda se alimenta de nuevo a través de la línea de paso N. El procedimiento de pasar la banda a través de la línea de paso N y enrollar y desenrollar se repite hasta que se logra un grosor deseado de la banda.

25 Un tambor de bobinado es un cilindro hueco que tiene un diámetro externo de al menos aproximadamente 1000 mm, una longitud de aproximadamente 2000 a 5000 mm y un grosor de pared grande de aproximadamente 30 a 150 mm. Normalmente, el tambor de bobinado se prepara por moldeo de una aleación resistente al calor. La superficie de trabajo de un tambor de bobinado, esto es, la superficie que está próxima a la banda que se va a enrollar, normalmente es plana o ranurada.

30 Como se puede entender de la descripción anterior, el tambor de bobinado trabaja en un entorno muy riguroso. La temperatura en el horno de bobinado es alta. La superficie del tambor de bobinado también está sometida repetidamente a una fuerza de apriete cuando se enrolla la banda de acero sobre el tambor. Esto provoca fracturas por fatiga y otras grietas en la superficie del tambor de bobinado. En los tambores de bobinado también se forman ampollas. Esto influye en la durabilidad del tambor de bobinado. También dejan marcas sobre la banda de acero que se está fabricando, deteriorando así la calidad del producto. La superficie del tambor de bobinado también está
35 expuesta a una película de óxido de hierro formado sobre la superficie de la banda de acero cuando se enrolla la banda de acero. A pesar de la desincrustación, parte de la película de óxido de hierro se transfiere y se adhiere al tambor de bobinado y posteriormente provoca defectos en la banda. Esto deteriora la calidad del producto.

40 En la actualidad, los problemas provocados por las ampollas en la superficie del tambor de bobinado se resuelven apagando el horno de modo que las ampollas se pueden pulir a mano para reducir las ampollas. Los apagados frecuentes dan como resultado altos costes de funcionamiento para el mantenimiento de los rodillos y la reducción de la capacidad de rendimiento del producto.

45 Los tambores de bobinado también tienden a combarse a las temperaturas de funcionamiento habituales, lo que evita el funcionamiento del horno a temperaturas incluso mayores. La combadura provoca que la rotación de los tambores se vuelva excéntrica. Esto provoca un giro irregular del tambor, que tiene una influencia en el funcionamiento y la durabilidad del horno de bobinado y provoca defectos en la banda. La combadura también provoca deformaciones, es decir el estrechamiento de la ranura del tambor de bobinado. Como consecuencia, se ha de reemplazar el tambor de bobinado.

50 Los problemas mencionados anteriormente se han intentado resolver usando diferentes composiciones de acero moldeado cuando se moldean los tambores de bobinado. Se divulga un ejemplo en la patente de los EE. UU. 6.033.626. La composición presentada en la patente sólo es una variación de una composición de acero estándar. Es blanda a temperaturas altas en las que se están usando los tambores de bobinado y por tanto existen problemas provocados por la deformación del tambor de bobinado. Además, no puede evitar el ampollado de la superficie del tambor de bobinado.

55 La solicitud de patente publicada de los EE. UU. 2001/0013383 divulga una aleación resistente al calor a base de aluminio de triníquel para un material para rodillos de solera para el calentamiento en hornos. El material tiene una resistencia a la rotura por termofluencia en temperatura de más de 1050 °C y una soldabilidad excelente. El

problema es que los materiales a base de aluminio de triníquel son caros. El material es adecuado para moldear rodillos con una estructura sencilla, es decir, un cilindro hueco, pero no se puede usar para moldear objetos con estructuras geométricas complejas tales como un tambor de bobinado. Además, cuando se prepara la aleación de aluminio de triníquel, la reacción es fuertemente exotérmica. Por tanto, no es posible moldear objetos que son tan grandes en tamaño como lo son los tambores de bobinado.

Ambas publicaciones de patentes divulgan el moldeo de todo el tambor o el rodillo a partir del mismo material y como una pieza.

Breve descripción de la invención

El propósito de la presente invención es, por tanto, proporcionar un procedimiento para fabricar un tambor de bobinado y un tambor de bobinado, procedimiento y tambor de bobinado que evitan los problemas mencionados anteriormente y por medio de los que se puede incrementar notablemente la durabilidad del tambor de bobinado y se puede mejorar la calidad del producto producido por un tren laminador.

La invención se define en las reivindicaciones 1 y 8, y se basa en la idea de que el tambor de bobinado se fabrica de una forma tal que comprenda formar una capa de superficie que contiene aluminio de triníquel sobre un cuerpo de tambor de bobinado.

La aleación de aluminio de triníquel se puede formar sobre el cuerpo del tambor de bobinado por soldadura o pulverización térmica. La capa de superficie también puede ser una funda de aleación de aluminio de triníquel que está dispuesta sobre el cuerpo. El grosor de la capa de superficie es de desde aproximadamente 0,1 mm hasta aproximadamente 8 mm, de forma adecuada desde aproximadamente 1 mm hasta aproximadamente 4 mm. La capa de superficie define una superficie de trabajo que unirá una banda de metal cuando se está enrollando sobre el tambor de bobinado.

Se puede producir la capa de superficie para que sea lisa y uniforme contra la banda de acero que se va a enrollar. La capa de superficie se puede formar sobre el tambor de bobinado mientras las bandas levantadas de aleación de aluminio de triníquel se extienden radialmente hacia fuera de la superficie de base del cuerpo del tambor de bobinado. Estas bandas levantadas definen una superficie de trabajo que unirá una banda de metal cuando se está enrollando sobre el tambor de bobinado.

La invención tiene muchas ventajas. La aleación de aluminio de triníquel tiene una resistencia a la temperatura alta y una resistencia a la corrosión a temperatura alta. En consecuencia, cuando la capa de superficie se fabrica con aleación de aluminio de triníquel, la dureza de la superficie es excelente a temperaturas altas. Cuando se usa una aleación austenítica en serie H convencional como material de superficie, la dureza de la superficie disminuye al incrementar la temperatura. Se ha destacado que la dureza de superficie alta de la aleación de aluminio de triníquel dura durante la vida útil de un tambor de bobinado a altas temperaturas. También se ha destacado que se reduce o se elimina la adherencia del óxido de hierro del producto a los tambores de bobinado, lo que reduce las marcas de picaduras sobre las bandas. Por tanto, la calidad del producto terminado es mejor y el rendimiento de la placa al producto es mayor. También se incrementa la vida en funcionamiento del tambor de bobinado debido a la durabilidad alta a temperaturas altas. Se reducen las deformaciones del tambor lo que también incrementa su vida útil.

También es posible fabricar el cuerpo del tambor de bobinado a partir de un material de bajo coste y usar el material de aluminio de triníquel caro sólo para formar la capa de superficie. Esto reduce el precio del tambor de bobinado. Además, usando un material que tiene un límite elástico alto en el cuerpo del tambor y una capa de superficie a base de aluminio de triníquel sobre él, es posible mejorar la resistencia del tambor frente a tensiones locales y evitar roturas y deformación del tambor.

Cuando se usa una estructura en la que la capa de superficie está soldada sobre el cuerpo del tambor de bobinado, se ha notado en análisis FEA de alta temperatura que la estructura de superficie soldada reduce el gradiente de temperatura en la pared del tambor de bobinado. Esto da como resultado menores tensiones combinadas y evita la rotura y deformación del tambor.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, la presente invención se describirá con más detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las que la fig. 1 muestra esquemáticamente un tren laminador reversible convencional en una vista lateral,

la fig. 2 muestra una vista en perspectiva de un tambor de bobinado no cubierto por la presente invención,

la fig. 3 muestra la sección transversal A - A del tambor de bobinado presentado en la fig. 1 no cubierto por la presente invención,

la fig. 4 muestra una vista en perspectiva de un tambor de bobinado no cubierto por la presente invención,

la fig. 5 muestra una vista en perspectiva de otro tambor de bobinado no cubierto por la presente invención, y

las fig. 6a y 6b muestran una vista en sección transversal de una banda sobre el tambor de bobinado, en las que la figura 6a no está cubierta por la presente invención.

Descripción detallada de la invención

5 En esta descripción y reivindicaciones, el término moldeo quiere decir verter una aleación de acero fundida en un molde de moldeo en el que se solidifica mientras se enfría. La aleación fundida retiene la forma definida por el molde de moldeo cuando se enfría. El molde de moldeo puede ser estacionario o bien puede rotar en dirección axial durante el moldeo. Se usan moldes de moldeo rotatorios para moldear objetos de forma axialmente simétrica, tales como cilindros, rodillos o tubos.

10 La fig. 1 se ha explicado anteriormente, y por tanto ya no se analizará aquí.

La fig. 2 muestra un tambor de bobinado 5 que no se ha fabricado de acuerdo con el procedimiento de la invención. El tambor de bobinado comprende un cuerpo 6 de tambor de bobinado que tiene una capa de superficie 7 sobre él. El cuerpo 6 del tambor de bobinado se puede ver en la fig. 3. El cuerpo del tambor de bobinado se forma por moldeo. Como acero de moldeo se puede usar un acero inoxidable de serie H estándar, por ejemplo, acero HK, HT, HP de grado ASTM A297 u otra aleación resistente al calor. El cuerpo está formado como un cuerpo circular con un grosor de pared de aproximadamente 30 mm a aproximadamente 150 mm. Por lo tanto, el cuerpo está hueco por dentro. Sobre el cuerpo, está provista una ranura 12 para agarrar el extremo de la banda 3 cuando comienza el enrollado de la banda sobre el tambor de bobinado 5. La longitud del cuerpo puede variar y está determinada por el tamaño del horno de bobinado. Se forman muñones 8 en cada extremo del cuerpo 6 del tambor de bobinado. El tambor de bobinado se une por los muñones al horno de bobinado.

Se proporciona una capa de superficie 7 de aleación de aluminio de triníquel (Ni₃Al) sobre el cuerpo 6 del tambor de bobinado. La capa de superficie cubre el tambor de bobinado de forma sustancialmente completa, extendiéndose, en la dirección axial del tambor de bobinado, de un extremo del tambor de bobinado al otro extremo y definiendo una superficie de trabajo 9 que unirá la banda de metal cuando se está procesando en un tren laminador reversible. También cubre el cuerpo del tambor de bobinado alrededor de toda su circunferencia. En la fig. 3, se puede ver la sección transversal A - A del tambor de bobinado presentado en la fig. 2. La capa de superficie se puede formar sobre el cuerpo del tambor de bobinado por soldadura de revestimiento. En otras palabras, la capa de superficie se forma superponiendo varias capas de aleación de aluminio de triníquel sobre el cuerpo del tambor de bobinado. La soldadura se puede realizar por soldadura por plasma, láser, MIG/MAG o TIG. En la soldadura, se usa un metal de carga que comprende aluminio de triníquel. Se determina el número de revestimientos por el grosor deseado de la capa de superficie. También se puede formar la capa de superficie sobre el cuerpo del tambor de bobinado por pulverización térmica. La pulverización térmica se lleva a cabo fundiendo la aleación de aluminio de triníquel en gotas y haciendo incidir esas gotas sobre el tambor de bobinado. Las diferentes técnicas de soldadura y de pulverización térmica son bien conocidas por el experto en la técnica y por tanto, no se describirán aquí con más detalle. Se acaba la capa de superficie para que tenga una superficie de trabajo lisa tratando con calor y mecanizando y/o puliendo el tambor después de que se forme la capa de superficie sobre el cuerpo del tambor.

Las figuras 2 y 3 muestran un tambor de bobinado que comprende una capa de superficie de aleación de aluminio de triníquel que define una superficie de trabajo 9 lisa que se unirá a la banda de metal cuando se está procesando en un tren laminador reversible.

40 En la invención, el tambor de bobinado 5 comprende una pluralidad de bandas levantadas de aleación de aluminio de triníquel que se extienden radialmente hacia fuera de la superficie de base del cuerpo del tambor de bobinado.

En la fig. 4 se presenta un tambor de bobinado que tiene bandas levantadas 10. Se forman las bandas levantadas 10 en la superficie exterior, es decir, la superficie de base 11 del cuerpo del tambor de bobinado. Cuando se enrolla la banda de metal 3 sobre el tambor de bobinado 5, la superficie de base 11 no estará en contacto con la banda de metal 3, sino que está unida por las superficies levantadas de las bandas levantadas 10. Estas superficies levantadas forman la superficie de trabajo 9 de las bandas que se unirán a la banda de metal.

La orientación de las bandas levantadas 10 sobre la superficie de base 11 con relación al tambor de bobinado puede variar. En la realización de acuerdo con la presente invención mostrada en la fig. 4, las bandas levantadas 10 son sustancialmente paralelas al eje longitudinal del tambor de bobinado 5. La longitud de las bandas levantadas 10 se extiende a toda la longitud de la superficie de base 11. Las bandas levantadas 10 están dispuestas alrededor de la circunferencia de la superficie de base 11 en intervalos regulares entre sí. Las bandas levantadas 10 también pueden estar dispuestas para que haya un espaciado variable sobre la superficie de base 11. Además, la longitud y frecuencia de las bandas levantadas 10 pueden variar. Se pueden extender sólo a una parte de la longitud axial de la superficie de base. Las bandas levantadas 10 de longitud más corta también pueden estar lateralmente desplazadas o escalonadas a través de la superficie de base 11. Además, determinadas secciones transversales de la superficie de base 11 pueden no incluir ninguna banda levantada 10. En la realización de acuerdo con la presente invención mostrada en la fig. 5, las bandas levantadas 10 están orientadas circunferencialmente con relación al eje longitudinal del tambor de bobinado 5. En esta realización de la invención, las bandas levantadas 10 se forman como

anillos separados circunferencialmente continuos alrededor del tambor de bobinado 5. Las bandas levantadas 10 circunferenciales también pueden consistir en segmentos escalonados separados de un anillo. Además, puede existir sólo una banda levantada 10 que esté dispuesta como una hélice alrededor de la superficie de base 11.

- 5 Las bandas levantadas 10 se producen de acuerdo con la presente invención sobre la superficie de base por soldadura de revestimiento. La banda se forma revistiendo varias perlas de soldadura 10a -10n sobre la parte superior de otra. En la figuras 6a y 6b esto se presenta con más detalle. Se acaban las bandas de acuerdo con la presente invención, mecanizando y/o puliendo para tener una altura H y conformación adecuadas. En la figura 6a, se ha realizado el mecanizado y/o el pulido de tal forma que sólo afecte a las perlas de soldadura 10a - 10n para formar una banda 10 de altura y conformación adecuadas 10. La superficie de base 11 se queda como era antes del acabado. De acuerdo con la presente invención, el mecanizado se extiende a la superficie de base 11. Se tratan tanto la superficie de base como las superficies superiores de las bandas. Esto se muestra en la figura 5. Se realiza el mecanizado y/o el pulido de tal forma que además se ha retirado el material de la superficie de base. La superficie de base 11 alrededor de la banda 10 acabada está por debajo de la superficie de base 11a original, debido a que también se ha mecanizado la superficie de base del tambor de bobinado.
- 10
- 15 La altura H de las bandas levantadas es de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 mm, de forma adecuada desde aproximadamente 4 hasta aproximadamente 8 mm. Las bandas levantadas 10 tienen una superficie superior plana. Cuando se enrolla la banda de metal 4 sobre el tambor de bobinado 5, las superficies superiores de las bandas levantadas 10 forman la superficie de trabajo 9 que unirá la banda de metal cuando se está procesando en un tren laminador reversible.
- 20 La aleación de aluminuro de triníquel consiste en, en % en peso,
- Al de un 4,0 a un 12,0 %
 - Cr de un 0 a un 16,0 %
 - Mo de un 0 a un 1,5 %
 - Zr de un 0 a un 1,5 %
- 25 B de un 0 a un 0,003 %

siendo el resto Ni e impurezas inevitables. La aleación tiene una estructura metálica que comprende Ni₃Al como la fase principal de la misma.

Los tambores de bobinado que se fabrican de acuerdo con la invención son especialmente adecuados para su uso en hornos de bobinado de trenes de laminación Steckel.

- 30 La intención es no restringir la invención a las realizaciones descritas a modo de ejemplo, pero se pretende que la invención se pueda interpretar ampliamente dentro del alcance de protección definido por las reivindicaciones presentadas a continuación en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un tambor de bobinado (5) para usarse en un horno de bobinado (4), comprendiendo el tambor de bobinado (5) un cuerpo de tambor de bobinado (6), estando el procedimiento caracterizado por
 - 5 formar una capa de superficie de trabajo exterior que comprende una aleación de aluminuro de trínquel sobre el cuerpo del tambor de bobinado (6),

formar la capa de superficie de trabajo exterior como bandas levantadas (10) sobre la superficie de base (11) del cuerpo del tambor de bobinado (6), en el que estas bandas levantadas (10) se extienden radialmente hacia fuera del cuerpo del tambor de bobinado (6),
 - 10 formar la capa de superficie de trabajo exterior sobre el cuerpo del tambor de bobinado (6) por soldadura o pulverización térmica, y

acabar mecanizando y/o puliendo las superficies superiores de las bandas (10) y la superficie de base (11) del cuerpo del tambor de bobinado (6) alrededor de las bandas (10), de modo que la superficie de base acabada alrededor de las bandas (10) está por debajo de la superficie de base (11) original del cuerpo del tambor de bobinado (6).
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además: formar las bandas levantadas (10) sobre el cuerpo del tambor de bobinado (6) revistiendo perlas de soldadura sobre la parte superior de otra.
3. El procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además: formar la capa de superficie sobre el cuerpo del tambor de bobinado por soldadura por plasma.
- 20 4. El procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además: formar la capa de superficie sobre el cuerpo del tambor de bobinado por soldadura por láser.
5. El procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además: formar la capa de superficie sobre el cuerpo del tambor de bobinado por soldadura por MIG/MAG o TIG.
- 25 6. El procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que las bandas levantadas (10) definen una superficie de trabajo que unirá una banda de metal cuando se está enrollando sobre el tambor de bobinado (5).
7. El procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la composición química de la aleación de aluminuro de trínquel es, presentada en % en peso:
 - Al de un 4,0 a un 12,0 %
 - 30 Cr de un 0 a un 16,0 %
 - Mo de un 0 a un 1,5 %
 - Zr de un 0 a un 1,5 %
 - B de un 0 a un 0,003 %

siendo el resto Ni e impurezas inevitables.
- 35 8. Un tambor de bobinado (5) para su uso en un horno de bobinado (4), que comprende:
 - un cuerpo del tambor de bobinado (6) y
 - una capa de superficie de trabajo exterior sobre una superficie de base (11) original del cuerpo del tambor de bobinado (6), caracterizado por que la capa de superficie de trabajo exterior comprende bandas levantadas (10) que se extienden radialmente hacia fuera del cuerpo del tambor de bobinado (6) y aleación de aluminuro de trínquel, en la que la superficie de trabajo exterior (11) se forma sobre el cuerpo del tambor de bobinado (6) por soldadura o pulverización térmica, y en la que las bandas levantadas (10) se acaban mecanizando y/o puliendo y, una superficie de base acabada, acabada por mecanizado y/o pulido, alrededor de las bandas (10) está por debajo de la superficie de base (11) original del cuerpo del tambor de bobinado (6).
- 40 9. El tambor de bobinado (5) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que las bandas levantadas (10) comprenden perlas de soldadura revestidas sobre la parte superior de otra.
- 45 10. El tambor de bobinado (5) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que la capa de superficie se forma sobre el cuerpo del tambor de bobinado (6) por soldadura por plasma.

ES 2 409 939 T3

11. El tambor de bobinado (5) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que la capa de superficie se forma sobre el cuerpo del tambor de bobinado (6) por soldadura por láser.
12. El tambor de bobinado (5) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que la capa de superficie se forma sobre el cuerpo del tambor de bobinado (6) por soldadura por MIG/MAG o TIG.
- 5 13. El tambor de bobinado (5) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior 8 a 12, en el que las bandas levantadas (10) definen una superficie de trabajo que se unirá a una banda de metal cuando se está enrollando sobre el tambor de bobinado (5).
14. El tambor de bobinado (5) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior 8 a 13, en el que la composición química de la aleación de aluminio de triníquel es, presentada en % en peso:
 - 10 Al de un 4,0 a un 12,0 %
 - Cr de un 0 a un 16,0 %
 - Mo de un 0 a un 1,5 %
 - Zr de un 0 a un 1,5 %
 - B de un 0 a un 0,003 %
- 15 siendo el resto Ni e impurezas inevitables.

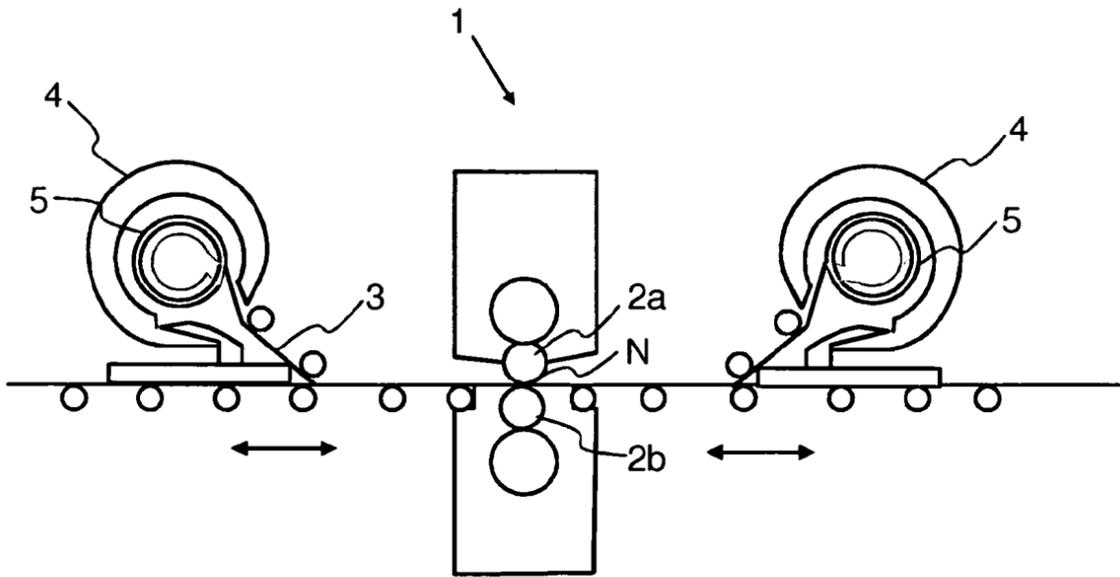


Fig. 1

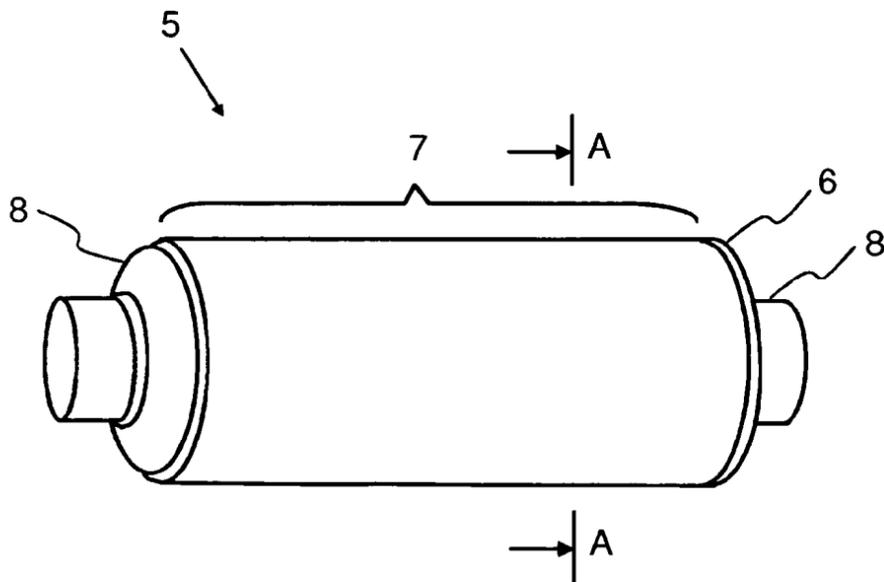
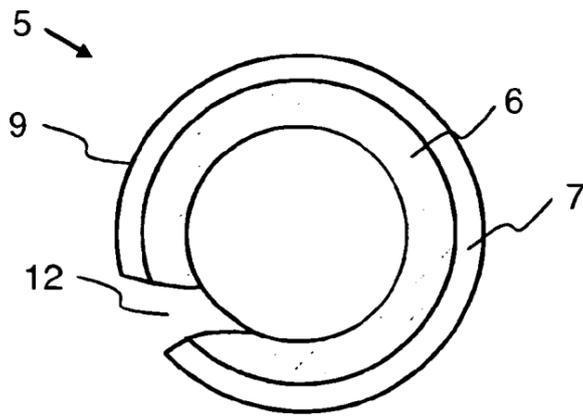


Fig. 2



A - A

Fig. 3

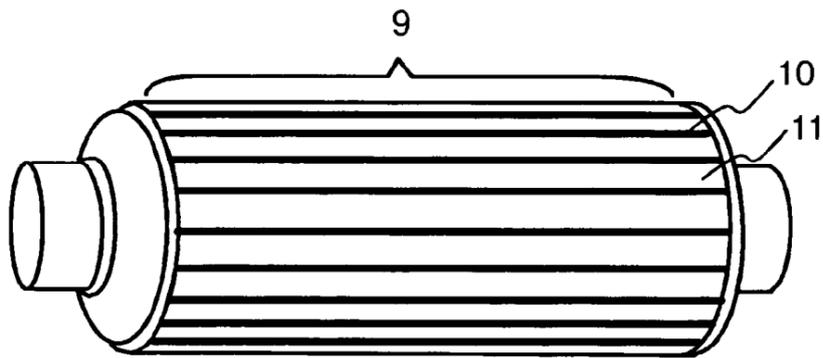


Fig. 4

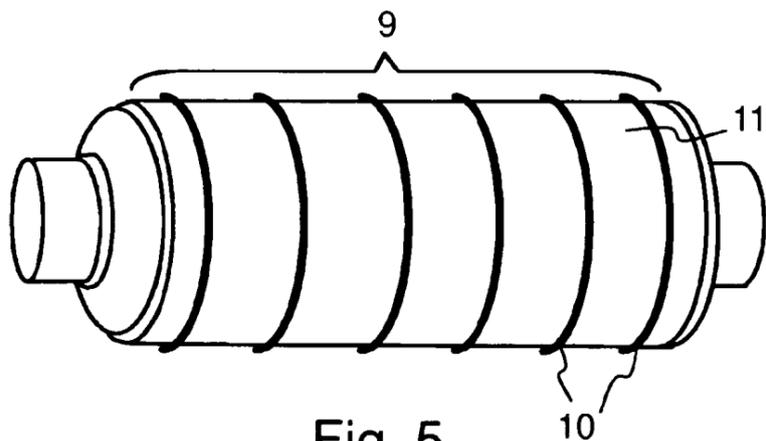


Fig. 5

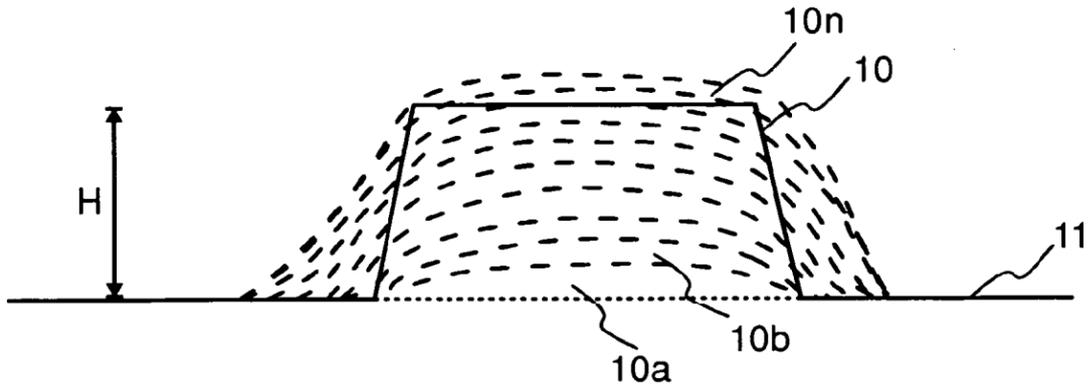


Fig. 6a

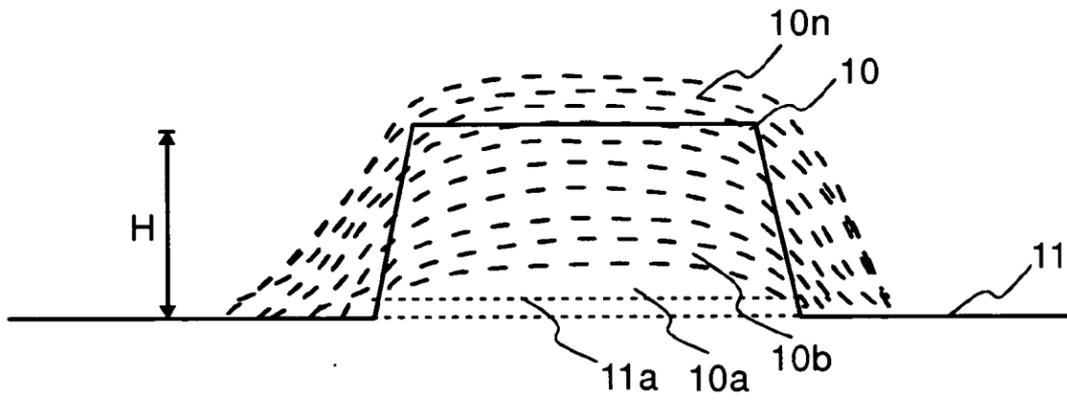


Fig. 6b