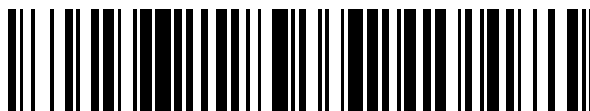


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 779 403**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01) C22C 38/44	(2006.01)
C21D 8/06	(2006.01) C22C 38/46	(2006.01)
C21D 9/52	(2006.01) C22C 38/50	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	
C22C 38/54	(2006.01)	
C21D 1/46	(2006.01)	
C22C 38/02	(2006.01)	
C22C 38/06	(2006.01)	
C22C 38/18	(2006.01)	
C22C 38/40	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2015** **PCT/JP2015/058566**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2015** **WO15141840**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2015** **E 15765596 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020** **EP 3121305**

54 Título: **Alambrón de acero maleable excelente y método para producir el mismo**

30 Prioridad:

20.03.2014 JP 2014058420

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

17.08.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

Ooba, Hiroshi;
Takahashi, Yukihiro y
Nishikawa, Yoshitaka

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 779 403 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

Alambrón de acero maleable excelente y método para producir el mismo

Campo técnico

5 La presente invención es una invención que mejora la maleabilidad de un alambrón de acero mediante un efecto tal como retrasar la formación de microhuecos internos, que es la etapa elemental de causa de fractura o agrietamiento en un procedimiento de trabajo tal como forja, que es un procedimiento típico de estiramiento de alambres o formación de tornillos, y del que se dice que es esencial en procedimientos de producción que utilizan un alambrón para producir productos. Esta invención se caracteriza por ser aplicable a los campos generales de trabajo de los alambres de acero.

10 Antecedentes de la técnica

La tecnología utilizada más generalmente en la técnica anterior para mejorar la maleabilidad de un alambrón de acero es el método de realizar un recocido esferoidizante. La técnica anterior que utiliza un recocido esferoidizante, como se muestra en el documento PLT 1, incluye hacer que el tamaño de grano del cristal de austenita sea 100 μm o más y hacer que la fracción de volumen de ferrita sea 20% o menos. En particular, como método para promover la esferoidización de la cementita después del recocido, se añade Cr.

En esta técnica anterior, para asegurar la forjabilidad, tiene que hacerse que el tamaño de grano del cristal de austenita sea 100 μm o más, con lo que, cuando se realiza una operación de forja en la que se expone y se trabaja una superficie libre en lugar de realizar una operación de recalcado, se hace que la parte más superficial de la superficie libre sea de forma irregular. Si el grado de esto es severo, el resultado puede llegar a ser una irregularidad relativamente notable, como una piel de naranja. Dependiendo del uso para los productos, la irregularidad puede llegar a ser un problema. Además, dado que se añade mucho Cr para mejorar la formación de cementita, el coste del acero de aleación también llega a ser algo más alto, y se generan otros problemas.

El documento PLT 2 controla la estructura de un material de acero para dar perlita degenerada: 10% de área o más, bainita: 75% de área o menos, y ferrita: 60% de área o menos, y consigue tanto un acortamiento del tiempo de recocido esferoidizante del material de acero como una mejora de la maleabilidad y una reducción de la resistencia a la deformación después de la esferoidización.

Además, el documento PLT 2 restringe el % de área de la perlita degenerada, bainita y ferrita a intervalos deseables, para conseguir de este modo un equilibrio de maleabilidad y resistencia a la deformación y obtener un alambrón de acero que exhibe una formabilidad en frío excelente.

30 Además, el documento PLT 3 describe un método para producir un alambre de acero laminado hecho de acero tal como acero eutectoide. El método se caracteriza por producir un alambre de acero de alta resistencia a la tracción que tiene una estirabilidad de alambre excelente realizando un tratamiento con calor para una transformación isotérmica inmediatamente después de completar la laminación sin dejar que el material de acero se transforme de la fase de austenita en el procedimiento integrado desde el colado hasta la laminación del alambrón.

35 Sin embargo, en los documentos PLT 1 a 4, las causas por las que el alambre de acero tiende a romperse fácilmente en el momento de trabajar severamente el alambrón de acero para producir un alambre de acero no se han investigado. Además, los efectos del comportamiento de los microhuecos formados en el momento de dar forma al alambrón de acero hasta alambre de acero sobre la rotura del alambre de acero no se han investigado.

Lista de citaciones**40 Bibliografía de patentes**

PLT 1: Publicación de patente japonesa Nº 2004-68064A

PLT 2: Publicación de patente japonesa Nº 2006-225701A

PLT 3: Publicación de patente japonesa Nº 2009-275250A

PLT 4: Publicación de patente japonesa Nº 7-258734A

45 Compendio de la invención**Problema técnico**

La presente invención se hizo en consideración de tal situación, y tiene como su objeto la provisión de un alambrón de acero que tiene una maleabilidad estable, que se caracteriza por tener una morfología microestructural de cementita diseñada para el retraso de la formación de microhuecos en el interior durante una operación de trabajo para realizar una estirabilidad de alambre y forjabilidad estables.

Solución al problema

Para conseguir el objeto anterior, se define un alambón de acero según la reivindicación 1.

Se define un método para la producción de tal alambón de acero en la reivindicación 2.

Efectos ventajosos de la invención

- 5 La presente invención suprime la rotura y el agrietamiento del alambre durante operaciones de trabajo en los campos de los procedimientos típicos de fabricación de alambón de acero, tales como estiramiento de alambre o forja en frío, permite la provisión de un alambón que tiene una maleabilidad excelente, y contribuye a la estabilización de las actividades de producción en los campos mencionados anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La FIG. 1 es una vista que muestra un bosquejo de un método para medir la resistencia eléctrica.
- La FIG. 2 es una vista comparativa que muestra una diferencia en las resistencias eléctricas de alambones de acero de la presente invención y de la técnica anterior.
- La FIG. 3 es un gráfico que muestra una relación entre una forma de los huecos y el eje corto de la cementita.
- 15 La FIG. 4A es una vista esquemática desde arriba que explica un procedimiento de tratamiento con calor en línea de un alambón de acero, mientras que la FIG. 4B es una vista esquemática en sección transversal lateral que explica un procedimiento de tratamiento con calor en línea de un alambón de acero.
- La FIG. 5A es una vista esquemática en sección transversal frontal de un aparato 10 para realizar un procedimiento de tratamiento con calor en línea que comprende un tanque de enfriamiento en el que está colocado un sistema 2 de tuberías para descargar la sal A fundida, mientras que la FIG. 5B es una vista esquemática en sección transversal lateral del aparato 10.
- 20

Descripción de realizaciones

- A continuación, se explicarán específicamente los componentes del acero según la presente invención, la relación de aspecto (eje largo) / (eje corto) relacionada con la morfología microestructural de la cementita, las relaciones de abundancia de diferentes relaciones de aspecto en la cantidad total de cementita en una sección transversal, los tamaños del eje corto y detalles relacionados con el método para la producción, particularmente las razones para definir los límites inferiores y los límites superiores de los intervalos adecuados. Todos los "%" relacionados con los componentes del acero muestran % en masa.
- 25

C: 0,20 a 0,60%

- 30 C, como es bien sabido, es un elemento requerido para asegurar la resistencia. Si es menos que 0,20%, ya no se puede mantener una resistencia adecuada en la aplicación. Si está por encima de 0,60%, en el momento de la forja en frío, la tensión de carga se hace más alta, con lo que la vida útil del punzón de forja, etc., llega a ser afectada.

Si: 0,15 a 0,30%

- 35 Si se utiliza como material desoxidante. Si la cantidad de Si es menos que 0,15%, la desoxidación se hace insuficiente, y se causan en la parte superficial de la palanquilla defectos superficiales debidos a defectos de agujeros de aguja que se formaron en la etapa de colado. Además, si la cantidad de Si está por encima de 0,30%, una oxidación selectiva en la etapa de calentamiento de la palanquilla causa que el Si se concentre en la interfaz entre la escama y el hierro base. A la vista del problema por tener un efecto perjudicial sobre la capacidad de desescamado, el límite superior se puso en 0,30%.

Mn: 0,25 a 0,60%

- 40 Mn, como Si, es un elemento requerido para la desoxidación. Además, es un elemento importante para asegurar la ductilidad durante la laminación en caliente. El límite inferior se puso en 0,25% para evitar una desoxidación insuficiente. Además, el límite superior se puso en 0,60% porque una adición por encima de esta cantidad daría como resultado un aumento de la cantidad de refuerzo de la disolución sólida, elevaría la resistencia a la deformación en el momento de la forja, e invitaría de este modo al deterioro de la vida de las herramientas.

- 45 P: $\leq 0,020\%$

P es un elemento que tiene la característica de causar un deterioro de la ductilidad del material de acero. Además, la relación de segregación del P es también alta, con lo que se produce fácilmente una concentración de P en las porciones de segregación causadas en la etapa de producción. Por esta razón, el límite superior de P se puso en 0,020%.

S: $\leq 0,010\%$

S se une a Mn en el acero para producir MnS. Además, S se segrega en la parte central en los procedimientos entre el procedimiento de refinado del acero y el procedimiento de solidificación del acero, con lo que el MnS se hace más denso en la parte central. Si S excede de 0,010%, en el momento del estiramiento del alambre etc., pueden producirse grietas internas y el alambre puede romperse. Por lo tanto, S se pone en 0,010% o menos.

La composición básica de los componentes químicos en el alambón de acero de la presente invención es como se mencionó anteriormente. Si además se incluyen, en adición a la composición anterior, uno o más elementos seleccionados del grupo comprendido de Al: 0,06% o menos, Cr: 1,50% o menos, Mo: 0,50% o menos, Ni: 1,00% o menos, V: 0,50% o menos, B: 0,005% o menos, y Ti: 0,05% o menos, se obtienen las ventajas de una mejora de la templabilidad y una mejora de la resistencia en la forja en frío.

Al: 0,06% o menos

Al tiene el efecto de fijar N para suprimir el envejecimiento por deformación dinámica durante la forja en frío y reducir la resistencia a la deformación. Para obtener este efecto, es preferible incluir al menos 0,01%. Sin embargo, si se incluye Al en exceso, ello hace que la tenacidad caiga, con lo que el límite superior de Al se pone en 0,06%.

Cr: 1.50% o menos, Mo: 0,50% o menos, y Ni: 1,00% o menos

Cr, Mo y Ni son elementos eficaces para mejorar la templabilidad. Sin embargo, si se incluyen en exceso, causan un deterioro de la ductilidad, con lo que los contenidos se mantienen dentro de los intervalos anteriores.

V: 0,50% o menos

V puede añadirse con el fin de reforzar la precipitación. Sin embargo, si se añade V en una cantidad grande, se causa un deterioro de la ductilidad, con lo que el contenido se mantiene dentro del intervalo anterior.

B: 0,0050% o menos y Ti: 0,05% o menos

B es un elemento para mejorar la templabilidad, y puede añadirse como sea necesario. Sin embargo, si se incluye en exceso, causa un deterioro de la tenacidad, con lo que el límite superior se pone en 0,005%. Ti es un elemento eficaz para la reducción de la resistencia a la deformación en el momento de la forja en frío por el efecto de supresión del envejecimiento dinámico debido a la fijación de N en disolución sólida, con lo que puede añadirse como sea necesario. Sin embargo, si se incluye Ti en exceso, precipita TiN grueso, el TiN grueso actúa como puntos de iniciación, y es probable que se produzca un agrietamiento, con lo que el límite superior se pone en 0,05%.

A continuación, se explicarán las razones para la limitación de la relación de aspecto de la cementita. Como método para obtener una comprensión del efecto de la forma de la cementita sobre la maleabilidad, los inventores utilizaron una boquilla con un ángulo de aproximación más grande que una boquilla de estiramiento de alambres utilizada habitualmente, para procesar de manera severa intencionadamente un material, y realizaron diversos estudios sobre la aparición de microhuecos formados en el interior. Como resultado, encontraron que las formas de los microhuecos generados en la parte de la interfaz entre la cementita y el hierro base tienen las siguientes características.

Los inventores realizaron procedimientos de estiramiento utilizando diversos tipos de alambres de acero en los que las relaciones de aspecto son diferentes unas de otras mediante boquillas de alto ángulo (ángulo de aproximación 30°) en pases únicos (25% de reducción de área por estiramiento), observaron los microhuecos en las secciones transversales de los alambres de acero estirados, y midieron las formas de los huecos generados y las relaciones de las formas. Se muestran ejemplos específicos de las observaciones en la Tabla 1. La observación se realizó tomando fotografías SEM a 10000X de una región de 265 μm^2 de área en las tres ubicaciones de la parte de la capa superficial, la parte de 1/4D (D: diámetros de los alambres), y la parte central, respectivamente. Cuando la relación de aspecto de la forma de la cementita fue 2 o menos, la relación a la que los microhuecos existen individualmente llegó a ser extremadamente alta. Por otra parte, con respecto a la cementita formada en una forma lamelar (relación de aspecto: 10 o más), la relación a la que los microhuecos están conectados unos a otros en cementitas adyacentes fue alta. Además, con una relación de aspecto en un intervalo de 2 a 10, hubo una mezcla de tipos tanto independientes como conectados. Sin embargo, la observación por este método está limitada a un campo visual local en una sección transversal.

Por lo tanto, a fin de aumentar el volumen de observación y obtener de manera estable una comprensión de la formación de microhuecos internos, los inventores produjeron alambres de acero utilizando los alambres de acero Nos. 1 a 6 de la presente invención y los alambres de acero Nos. 11 a 16 de los ejemplos comparativos mostrados en la Tabla 3, e intentaron medir las resistencias eléctricas de los alambres de acero por el método de cuatro sondas mostrado en la FIG. 1.

Tabla 1. Estado de generación de huecos por relación de aspecto y relaciones de huecos de esos tipos (%)

Características de las formas de los huecos	Relación de aspecto de la cementita		
	≤ 2	Por encima de 2 a menos que 10	10 o más
Independientes	93,1	5,7	1,1
Conectados	1,2	20,3	78,6

Los resultados se muestran en la FIG. 2. Como se imagina a partir de las formas de los huecos observados realmente, se confirmó que los alambres de acero hechos de los alambres de acero de la presente invención tienen una formación de microhuecos internos más suprimida y tienen valores de resistencia eléctrica más bajos, dado que los números de generación de microhuecos son más pequeños. En base a los resultados de estas medidas, en el curso de obtener una comprensión del estado de generación de microhuecos internos y observar en detalle la morfología microestructural, los inventores descubrieron que hay una estrecha relación entre la formación de microhuecos y la forma de la cementita aplicando inicialmente condiciones de estiramiento de alambre más severas que las habituales para causar artificialmente la formación de microhuecos. Cuando se centraron en la forma de la cementita, se encontró que si la relación del eje largo al eje corto (en los sucesivos, llamada "relación de aspecto") es 2 o menos, se producen independientemente grietas desde la interfaz del hierro base alrededor de la cementita.

Por otra parte, en la Tabla 1, si la relación de aspecto está por encima de 2 a 10, aunque las tendencias difieren dependiendo de la distancia entre cristales de cementita adyacentes, aparecen tanto las formas independientes como las conectadas. Además, si la relación de aspecto excede de 10, la forma conectada aumenta. Esta tendencia se muestra también en la Tabla 1. En base a estos hallazgos, los inventores obtuvieron los hallazgos de que, suprimiendo la relación de aspecto de la cementita a 2 o menos, la formación de microhuecos internos es suprimida, y que controlar los microhuecos a independientes que sean difíciles de conectarse unos a otros es eficaz para proporcionar un alambón excelente en estirabilidad de alambre y forjabilidad.

En base a los resultados anteriores del estudio, se explicarán a continuación las razones para la limitación de la morfología microestructural.

<Relación de aspecto: 1 a 2>

La relación de aspecto se pone en 2 o menos debido a lo siguiente: como se muestra en la Tabla 1, después de realizarse un estiramiento de alambre artificialmente severo para infligir un daño en la cementita, se formaron microhuecos. Los inventores investigaron la formación de los microhuecos en detalle, y adquirieron percepciones en la formación de los microhuecos. A partir de sus percepciones en la formación de los microhuecos, la relación de microhuecos por la que se forman microhuecos independientes y no se conectan fácilmente unos a otros llega a ser la más alta cuando una relación de aspecto es 2 o menos. La relación de aspecto se determinó en base al resultado de esta observación. Además, si la relación, esto es, relación de abundancia, de la cementita con una relación de aspecto de 1 a 2 es 80% o más en una sección transversal, se obtiene la maleabilidad deseada. Por lo tanto, el límite inferior de la relación de abundancia se pone en 80%. Si la relación de abundancia es menos que 80%, la relación de los microhuecos independientes que se conectan entre sí aumenta y la maleabilidad es afectada.

<Razones para la limitación del eje corto de la cementita>

El eje corto de la cementita se pone en 0,1 μm o menos para hacer que sea difícil la conexión de huecos adyacentes en la etapa de formación de microhuecos, como se muestra en la FIG. 3. Si está por encima de este valor, los huecos son fáciles de conectarse unos con otros. Además, si la cementita aumenta adicionalmente en grosor y llega a ser 5 μm o más, se invitará a la formación de microhuecos debida a un agrietamiento de la cementita en sí, y aparecerán efectos perjudiciales distintos al modo de fractura relacionado con el problema técnico a ser solucionado por la presente invención. Por lo tanto, el eje corto de la cementita se definió como 0,1 μm o menos.

<Razones para la limitación de la relación de estructuras de tipo lamelar>

La microestructura varía dependiendo de la diferencia de la velocidad de enfriamiento en las diferentes porciones en una sección transversal que surgen en la etapa de producción de los alambres, con lo que hay un límite inherente a cómo de uniforme puede hacerse una microestructura en la sección transversal global. Es difícil hacer que la relación de las estructuras de tipo lamelar sea 0. Se realizaron diversos ensayos. Como resultado, pudo confirmarse que si la relación de estructuras de tipo lamelar es menos que 5%, hubo poco efecto sobre la maleabilidad. Por lo tanto, el límite superior de la relación de estructuras de tipo lamelar se define como 5%.

A continuación, se explicará el método para la producción del alambón de acero de maleabilidad excelente de la presente invención.

<Procedimientos de calentamiento de palanquilla y laminación de alambón>

La palanquilla se calienta hasta un intervalo de 950°C a 1.080°C. Después del calentamiento, la palanquilla se lamina hasta un alambón. Si es menos que 950°C, dentro del tiempo de mantenimiento habitual, el desequilibrio interno del calor dentro de la palanquilla llega a ser más grande, y surge un alabeo del material de acero en el momento de la laminación o problemas que acompañan al aumento en la fuerza de reacción. Además, la temperatura del límite superior se pone en 1.080°C porque si la temperatura de calentamiento es más que esa, el tamaño de grano y (austenita) aumentará fácilmente, etc. Tal aumento en el tamaño de grano y mayor que el necesario afectaría a la calidad de la superficie más externa de la superficie libre del producto final, con lo que el límite superior se pone en 1.080°C.

<Procedimiento de bobinado>

Después del procedimiento de calentamiento, la pieza de acero se enrolla a una temperatura en un intervalo de 750°C a 900°C. La temperatura del límite inferior varía algo debido al tamaño del alambón laminado, pero se pone en 750°C para realizar de manera estable el tratamiento con calor después del bobinado. Además, si es menos que 750°C, se produce una transformación de perlita antes del tratamiento con calor, y la microestructura metálica que se tiene como objetivo ya no puede obtenerse. Por otra parte, un bobinado a una temperatura por encima de 900°C invitaría a un aumento en la oxidación superficial, etc., con lo que no es deseable.

<Tratamiento con calor en línea>

El tratamiento con calor en línea se realiza sumergiendo el alambón después del procedimiento de bobinado en un tanque de enfriamiento que contiene una sal fundida de al menos uno de nitrato de potasio y nitrato de sodio y de 400°C a 430°C mientras se agita a una velocidad de flujo predeterminada. La temperatura del límite inferior de la temperatura del tratamiento con calor en línea se pone a 400°C, porque con una temperatura menor que esa, se forma una estructura de bainita inferior y la dureza del material acaba aumentando rápidamente, con lo que la vida útil de una herramienta utilizada en un procedimiento de forja, etc., se deteriora. La temperatura del límite superior del tratamiento con calor se pone en 430°C porque si es una temperatura por encima de esta habría regiones donde se mezclan estructuras de perlita degenerada en la bainita superior, con lo que el control de la relación de aspecto de la cementita llegaría a ser difícil y el efecto de retrasar la formación de microhuecos, que es lo más importante en la presente invención, ya no podría ser exhibido.

La condición que juega un importante papel en la presente invención no sólo es la temperatura del tratamiento con calor en línea anterior, sino también la velocidad de flujo de la agitación que crea el flujo en chorro explicado aquí.

En el tratamiento con calor en línea mencionado anteriormente, el alambón de acero se sumerge en el tanque de enfriamiento en forma de una bobina suelta u otra bobina. En este caso, aunque el flujo de la sal fundida en el tanque de enfriamiento se mantenga en una dirección constante, dado que el alambón de acero que se trata con calor tiene forma de bobina, la dirección en la que la sal fundida choca con el alambón de acero diferirá dependiendo de la ubicación. Se considera de facto difícil hacer que la dirección de impacto sea constante.

Por lo tanto, se piensa que no sólo la velocidad de flujo, sino también el efecto de la dirección en la que la sal fundida choca con el alambón de acero es un problema técnico importante al realizar la presente invención. Con eso en mente, se investigó el efecto. Se investigó la relación entre direcciones típicas del flujo de la sal fundida, tales como direcciones paralelas a la dirección de transporte (F) del alambón de acero (D11 y D12 de las FIGS. 4A y 4B), direcciones verticales a la superficie de la bobina del alambón de acero (direcciones D31 y D32 de la FIG. 4B), y direcciones horizontales a la superficie de la bobina del alambón de acero y verticales a la dirección de transporte (F) (direcciones D21 y D22 de la FIG. 4A) y la relación de abundancia de cementita con una relación de aspecto de 2 o menos con respecto a la cantidad total de cementita en la sección transversal.

Como se muestra en la FIG. 4A y la FIG. 4B, las direcciones D12, D22 y D32 se hicieron direcciones positivas, y las direcciones D11, D21 y D31 se hicieron direcciones negativas. Las velocidades de flujo máximas y las velocidades de flujo mínimas de la sal A fundida en cada una de tres direcciones verticales unas a otras se midieron cerca de las superficies 11A y 11B de la bobina del alambón 1 de acero, respectivamente. Las velocidades de flujo medias en cada una de las tres direcciones verticales unas a otras, calculadas en base a las velocidades de flujo máximas y las velocidades de flujo mínimas, se definieron como "vectores de velocidad de flujo de agitación", y las magnitudes de los vectores de velocidad de flujo de agitación se definieron como "velocidades de flujo de agitación". Se investigó la relación entre la velocidad de flujo de agitación de la sal fundida y la relación de abundancia de la cementita. Como resultado, se encontró que si el alambón de acero tiene forma de bobina, si la velocidad de flujo de agitación de la sal fundida es 0,5 m/s o más con respecto a las superficies de bobina del alambón de acero, la uniformidad de la calidad del material en la sección transversal puede ser mejorada hasta un nivel que no plantea sustancialmente ningún problema.

Además, si la velocidad de flujo de agitación es menos que 0,5 m/s con respecto a las superficies de la bobina, el enfriamiento del alambón por la sal fundida llega a ser insuficiente, y el control para hacer que la relación de aspecto de la cementita sea 2 o menos ya no puede realizarse de manera estable. Por otra parte, si se hace que la velocidad de agitación esté por encima de 2,0 m/s con respecto a las superficies de la bobina, se invita a una subida en la

presión del flujo de agitación en la sal fundida, el material que se está tratando con calor, esto es, la bobina de alambrrn, empieza a agitarse y, por lo tanto, el transporte llega a ser inestable, etc. El límite superior de la velocidad de flujo de agitación se limita desde el punto de vista de la estabilidad operacional.

5 Las posiciones para la medida de la velocidad de flujo de agitación pueden ser el espacio entre rodillos adyacentes de los rodillos 6 transportadores, por ejemplo. Además, la velocidad de flujo de agitación se mide, de manera particularmente preferible, en una posición donde las velocidades de flujo hasta alcanzar las superficies 11A y 11B de la bobina se mantienen para que sean sustancialmente constantes.

10 Además, con respecto al método de utilizar un gas como medio para impulsar la agitación, el enfriamiento del alambrrn por la sal fundida llega a ser insuficiente, con lo que puede que la relación de aspecto de la cementita no se pueda controlar a 2 o menos. Por lo tanto, el alambrrn puede ser enfriado utilizando una máquina de agitación para agitar directamente la sal fundida en el tanque de enfriamiento o bien descargando la sal fundida en sí en la sal fundida en el tanque de enfriamiento.

Ejemplos

15 A continuación, se utilizarán ejemplos para mostrar los efectos ventajosos de la presente invención. La Tabla 2-1 muestra los componentes químicos de los aceros de ensayo utilizados para los ensayos.

20 Cada acero de la Tabla 2-1 se fundió, después se coló de manera continua hasta un tamaño de colado de 300 mm x 500 mm, y después se desbastó hasta una palanquilla cuadrada de 122 mm. La palanquilla se recalentó, y después se laminó para obtener un alambrrn. Los alambrrnes Nos. 1 a 10 de los ejemplos de la invención y los alambrrnes Nos. 18 a 21 se enrollaron, después se sumergieron en una sal fundida en el aparato 10 de tratamiento con calor en línea mostrado en las FIGS. 5A y 5B para un tratamiento con calor directo, para obtener alambrrnes de 5,5 mmφ. El alambrrn N° 11 se enfrió directamente en la sal fundida sin agitar la sal fundida después de laminar el alambrrn. Además, los alambrrnes Nos. 12 a 17 son casos de ejemplos comparativos, que se obtuvieron por colado continuo para obtener palanquillas coladas de los mismos tamaños, desbastándolas después para obtener palanquillas de los mismos tamaños, y laminándolas después para obtener alambrrnes de 5,5 mmφ con un enfriamiento por corriente de aire para un tratamiento con calor después de la laminación del alambrrn.

30 El tratamiento con calor en línea del alambrrn después del bobinado, como se muestra en las FIGS. 5A y 5B, se realizó transportando el alambrrn 1 de acero utilizando los rodillos 6 transportadores en el aparato 10 de tratamiento con calor en línea en la dirección F para que el alambrrn 1 de acero con forma de bobina entero se sumergiera por debajo de la superficie 5 de la sal A fundida. El aparato 10 de tratamiento con calor en línea está estructurado para tener un tanque 3 de enfriamiento en el que está colocado un sistema 2 de tuberías para descargar la sal A fundida. El sistema 2 de tuberías descarga la sal A fundida hacia el alambrrn 1 desde el lado inferior hasta el lado superior para crear un flujo 4 de sal fundida vertical a las superficies 11 de la bobina del alambrrn 1.

La velocidad de flujo de agitación se calculó como la velocidad media de la velocidad máxima y la velocidad mínima del flujo 4 de la sal fundida cerca de las superficies 11 de la bobina del alambrrn 1 de acero.

35 Como se entenderá a partir de la Tabla 2-2, el método para la producción de un alambrrn según la presente invención se caracteriza por sumergir un alambrrn en una sal fundida de 400 a 430°C, que es relativamente inferior en temperatura como tratamiento con calor directo después de una laminación del alambrrn, y hacer que la sal fundida, acompañada con un flujo de agitación, contacte con el material tratado con calor para reforzar de este modo el alambrrn sumergido por retirada de calor.

40 Por esta razón, a diferencia de los alambrrnes de los ejemplos comparativos, las microestructuras de los alambrrnes de acero según la presente invención presentan F (ferrita) + B (bainita). Por otra parte, se entiende que las morfologías microestructurales de los alambrrnes de acero de los ejemplos comparativos presentan una estructura F+P (perlita), dado que la velocidad de enfriamiento del alambrrn llega a ser más lenta que la del método para la producción según la presente invención. A continuación, como se entenderá a partir de la Tabla 3, la diferencia en los tipos de morfologías microestructurales aparece en un factor de forma de la cementita, esto es, la relación de aspecto.

45 Esto es, en el caso del alambrrn de acero de la presente invención, la temperatura del medio de tratamiento con calor permite hacer a la relación de aspecto más pequeña, comparada con el caso de la producción mediante el enfriamiento por corriente de aire habitual, y permite conseguir fácilmente la relación de aspecto de 2 o menos. Por otra parte, los alambrrnes Nos. 12 a 17 de los ejemplos comparativos tienen estructuras lamelares, con lo que se entiende que las relaciones de abundancia de cementita con relaciones de aspecto de 2 o menos llegan a ser extremadamente pequeñas. Además, en cada uno de los alambrrnes Nos. 18 a 21 de los ejemplos comparativos, la cantidad de cementita con una relación de aspecto de 2 o menos es menos que 80% en la sección transversal. Esto es debido al hecho de que, durante el tratamiento con calor en línea, la velocidad de flujo de agitación de la sal fundida fue menos que 0,5 m/s, con lo que los alambrrnes no fueron enfriados suficientemente por la sal fundida.

55 Los alambrrnes Nos. 1 a 21 se midieron en cuanto a relaciones de abundancia de cementita con ejes cortos de 0,1 μm o menos y con relaciones de aspecto de 2 o menos entre cementitas en las secciones transversales verticales a una dirección del alambrrn. Además, los alambrrnes Nos. 1 a 21 se estiraron y se midieron en cuando a estirabilidad

de alambre, forjabilidad y resistencia eléctrica, y se midieron en cuanto a números de microhuecos. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Primero, como se muestra en la Tabla 3, cuando se estiran los alambres de acero de los ejemplos de la invención y los alambres de acero de los ejemplos comparativos utilizando boquillas que tienen semiángulos de boquilla de 5°, no se observa una diferencia grande entre las maleabilidades de los dos. Por lo tanto, los inventores proporcionaron intencionadamente condiciones de estiramiento de alambre severas utilizando una boquilla que tenía un semiángulo de boquilla de 15°, y realizaron un estiramiento de alambre. Como resultado, como se muestra en la Tabla 3, se encontró que aparecieron las características del acero de la presente invención, y no pudo observarse una generación de microhuecos en el interior en el momento de realizar un estiramiento por boquilla de 5,5 mm a 5 mm, mientras que en el caso de los alambres de acero de los ejemplos comparativos, se generaron microhuecos en el interior.

Tabla 2-1

Tipo de acero	Componentes químicos (% en masa)											
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	Ni	V	Ti	B
A	0,20	0,15	0,25	0,010	0,005	-	-	-	-	-	-	-
B	0,25	0,16	0,30	0,012	0,007	-	-	-	-	-	-	-
C	0,30	0,28	0,35	0,014	0,009	-	-	-	-	-	-	-
D	0,35	0,20	0,40	0,015	0,0061	-	-	-	-	-	-	-
E	0,45	0,25	0,35	0,019	0,005	-	-	-	-	-	-	-
F	0,60	0,30	0,60	0,020	0,010	-	-	-	-	-	-	-
G	0,20	0,15	0,60	0,010	0,010	0,039	0,02	0,01	0,02	-	-	-
H	0,23	0,16	0,60	0,015	0,010	0,031	0,15	-	0,02	0,01	0,03	0,0015
I	0,42	0,20	0,60	0,020	0,010	0,026	1,09	-	1,00	-	-	-
J	0,24	0,22	0,51	0,020	0,009	0,026	1,50	-	0,26	-	-	-
K	0,45	0,30	0,50	0,020	0,010	-	-	-	-	-	-	-
L	0,20	0,15	0,25	0,010	0,005	-	-	-	-	-	-	-
M	0,25	0,16	0,30	0,012	0,007	-	-	-	-	-	-	-
N	0,30	0,28	0,35	0,014	0,009	-	-	-	-	-	-	-
O	0,35	0,20	0,40	0,015	0,006	-	-	-	-	-	-	-
P	0,45	0,25	0,35	0,019	0,005	-	-	-	-	-	-	-
Q	0,60	0,30	0,60	0,020	0,010	-	-	-	-	-	-	-
(en la tabla "-" indica que la cantidad o adición del elemento correspondiente al material de acero es 0% en peso.)												

Tabla 2-2

Clase	Alambrón Nº	Tipo de acero	Medio de enfriamiento	Temp. de calentamiento °C	Temp. de enfriamiento °C	Temp. del refrigerante	Velocidad de flujo de agitación	Morfología microestructural
						°C	m/s	
Ej. inv.	1	A	Sal fundida	1.080	750	400	0,5	F+B
	2	B	Sal fundida	950	770	410	1	F+B
	3	C	Sal fundida	1.000	800	420	1,1	F+B
	4	D	Sal fundida	980	850	417	1,5	F+B
	5	E	Sal fundida	1.020	875	415	1,7	F+B
	6	F	Sal fundida	1.050	900	430	1,9	F+B
	7	G	Sal fundida	1.080	750	400	0,5	F+B
	8	H	Sal fundida	1080	750	400	0,5	F+B
	9	I	Sal fundida	1.080	750	400	0,5	F+B
	10	J	Sal fundida	1.080	750	400	0,5	F+B
Ej. comp.	11	K	Sal fundida	1.050	900	425	Ninguno	F+B
	12	L	Enfriamiento por corriente de aire	1.100	850	Temp. ambiente	Ninguno	F+P
	13	M	Enfriamiento por corriente de aire	1.080	850	Temp. ambiente	Ninguno	F+P
	14	N	Enfriamiento por corriente de aire	1.100	850	Temp. ambiente	Ninguno	F+P
	15	O	Enfriamiento por corriente de aire	1.120	850	Temp. ambiente	Ninguno	F+P
	16	P	Enfriamiento por corriente de aire	1.080	850	Temp. ambiente	Ninguno	F+P
	17	Q	Enfriamiento por corriente de aire	1.090	850	Temp. ambiente	Ninguno	F+P
	18	G	Sal fundida	1.050	900	425	0,3	F+P
	19	H	Sal fundida	1.050	900	425	0,3	F+P
	20	I	Sal fundida	1.050	900	425	0,3	F+P
	21	J	Sal fundida	1.050	900	425	0,3	F+P

Tabla 3

Clase	Alambrón Nº	Tipo de acero	Tipo de estructuras	Cantidad de cementita con relación de aspecto de 2 o menos (%) (*1)	Estirabilidad de alambre (*)2)	Estiramiento de alambre de alto ángulo (*)3) (%)	Forjabilidad	Resistencia eléctrica ($\times 10^{-3}\Omega$)	Número de microhuecos
Ej. inv.	1	A	F+B	96	o	o	0	0,230	0
	2	B	F+B	93	o	o	0	0,234	0
	3	C	F+B	88	o	o	0	0,239	0
	4	D	F+B	94	o	o	0	0,241	0
	5	E	F+B	92	o	o	0	0,247	0
	6	F	F+B	81	o	o	0	0,250	0
	7	G	F+B	85	o	o	0	0,242	0
	8	H	F+B	87	o	o	0	0,240	0
	9	I	F+B	88	o	o	0	0,241	0
	10	J	F+B	87	o	o	0	0,240	0
Ej. comp.	11	K	F+B	75	o	Δ	50	0,280	18
	12	L	F+P	5	o	Δ	60	0,298	16
	13	M	F+P	0	o	Δ	60	0,295	15
	14	N	F+P	3	o	x	80	0,302	40
	15	O	F+P	6	o	x	80	0,315	43
	16	P	F+P	2	o	x	100	0,365	38
	17	Q	F+P	1	o	x	100	0,380	49
	18	G	F+P	78	o	Δ	45	0,275	12
	19	H	F+P	77	o	Δ	45	0,273	10
	20	I	F+P	76	o	Δ	47	0,271	9
	21	J	F+P	78	o	Δ	46	0,272	10
(*1): Relación de abundancia de cementita con un eje corto de 0,1 μm o menos y con una relación de aspecto de 2 o menos entre cementita en sección transversal vertical a la dirección longitudinal del alambón. (*2): Semángulo de boquilla: Estiramiento de alambre en 5°. (*3): Semángulo de boquilla: Estiramiento de alambre en 15°									

Las cantidades de cementita con relaciones de aspecto de 2 o menos en los alambres Nos. 1 a 10 que corresponden a los ejemplos de la invención fueron 80% o más. Además, en los alambres de acero Nos. 12 a 17 de la Tabla 3, la mayoría de la cementita fue de tipo lamelar, y la relación de abundancia del área de cementita con un eje corto de 0,1 μm y una relación de aspecto de 2 o menos (Tabla 3, "Cantidad de cementita con relación de aspecto de 2 o menos (%)") fue sólo 6% o menos.

Por otra parte, si se comparan los resultados de ensayo de la estirabilidad de alambre utilizando boquillas con semiángulos de boquilla de 15° entre los alambres de acero Nos. 1 a 10 (ejemplos de la invención) y los alambres de acero Nos. 11 a 21 (ejemplos comparativos), los alambres de acero de los ejemplos de la invención tienen una ductilidad más alta debido a la generación retrasada de microhuecos.

A partir de este resultado, se entiende que la alta ductilidad debida a la generación retrasada de microhuecos aparece en una región donde el valor medio de la relación de aspecto es 2 o menos y la relación de abundancia es 80% o más.

Además, a partir de los resultados de la Tabla 3, pudo confirmarse que si el número de microhuecos generados realmente se hace más grande, el alambre de acero estirado también aumenta en resistencia eléctrica.

Esto es, como se muestra en la Tabla 3, se confirmó que los alambres de acero de la presente invención tienen conductividades eléctricas en el intervalo de 0,23 a $0,25 \times 10^{-3} \Omega$, mientras que los alambres de acero de los ejemplos comparativos tienen conductividades eléctricas más altas, en el intervalo de 0,28 a $0,38 \times 10^{-3} \Omega$. Comparados con los alambres de acero de la presente invención, pudo confirmarse que los alambres de acero de los ejemplos comparativos tuvieron claramente números más grandes de microhuecos generados.

La resistividad eléctrica se midió utilizando el método de cuatro sondas mostrado en la FIG. 1. Además, el número de microhuecos se midió estirando mediante una boquilla de alto ángulo (ángulo de aproximación: 30°) en un pase (25% de reducción de área por estiramiento), observando los microhuecos presentes en un área de 2,4 mm x 3,2 mm a 500X, y contando el número de microhuecos discernibles visualmente.

Las diferencias en el número de microhuecos internos generados mencionadas anteriormente aparecen en la forjabilidad como un efecto sobre la maleabilidad real.

A piezas de ensayo con relaciones L/D (L: longitud, D: diámetro) de 1,5 se le hicieron muescas en V a lo largo de la dirección longitudinal en una ubicación en la dirección circunferencial. Utilizando estas piezas de ensayo, se realizaron ensayos de forja cinco veces con tasas de reducción por laminación de hasta 90%, y se determinó la tasa de aparición de agrietamiento en los fondos de las muescas (%). Los resultados se muestran en la columna de forjabilidad de la Tabla 3.

Como se entenderá a partir de los resultados anteriores, en el caso de los alambres de acero según la presente invención, no puede observarse agrietamiento, y la maleabilidad es buena. Por otra parte, en los alambres de acero de los ejemplos comparativos, se produjo un agrietamiento en el intervalo de 50 a 100%. Estos resultados se obtienen como resultado de que es posible retrasar la generación de microhuecos internos durante el procesamiento de conformación en el alambón de acero según la presente invención, donde la forma de la cementita se controla para hacer que la relación de aspecto sea 2 o menos. La razón es que, como muestran los resultados de observación mostrados en la FIG. 3, el alambón de acero según la presente invención tiene una alta relación de formación de microhuecos independientes.

Aplicabilidad industrial

La presente invención suprime la aparición de rotura o fractura del alambre durante una operación de trabajo en los procedimientos típicos de fabricación que utilizan alambón de acero como material, tales como estiramiento de alambre o forja en frío, y permite la provisión de un alambón que tiene una maleabilidad excelente. Es una invención significativa capaz de contribuir a la estabilización de actividades de producción en ese campo.

REIVINDICACIONES

1. Un alambre de acero de maleabilidad excelente, que comprende componentes de acero que incluyen, en % en masa, C: 0,20 a 0,60%, Si: 0,15 a 0,30%, Mn: 0,25 a 0,60%, P: $\leq 0,020\%$, S: $\leq 0,010\%$, y opcionalmente uno o más de Al: 0,06% o menos, Cr: 1,5% o menos, Mo: 0,50% o menos, Ni: 1,00% o menos, V: 0,50% o menos, B: 0,005% o menos, y Ti: 0,05% o menos, y, un resto de Fe e impurezas inevitables, y que tiene una microestructura interior que incluye cementita, en donde una relación de estructuras de tipo lamelar en la microestructura es menos que 5%, y
- 5 en donde, en relación numérica, 80% o más de la cementita en una sección transversal vertical a una dirección longitudinal del alambre tiene un eje corto de 0,1 μm o menos y una relación de un eje largo al eje corto, definida como relación de aspecto, de 1 a 2.
- 10 2. Un método para la producción de un alambre de acero de maleabilidad excelente según la reivindicación 1, que comprende calentar una palanquilla de una composición química según la reivindicación 1 hasta 950°C a 1.080°C, suministrar la palanquilla a un procedimiento de laminación de alambres para obtener un alambre, enrollar el alambre en una región de temperatura de 750°C a 900°C, someter después el alambre a un tratamiento con calor en línea mediante una sal fundida de 400°C a 430°C, y eyectar la sal fundida hacia el alambre que está sumergido
- 15 en la sal fundida a una velocidad de flujo de agitación en un intervalo de 0,5 m/s a 2,0 m/s con respecto a una superficie de la bobina del alambre de acero.

FIG. 1

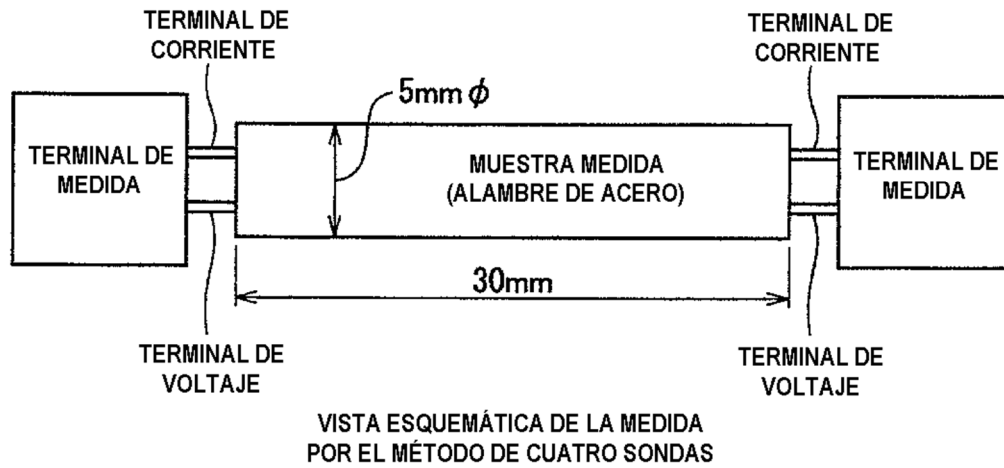


FIG. 2

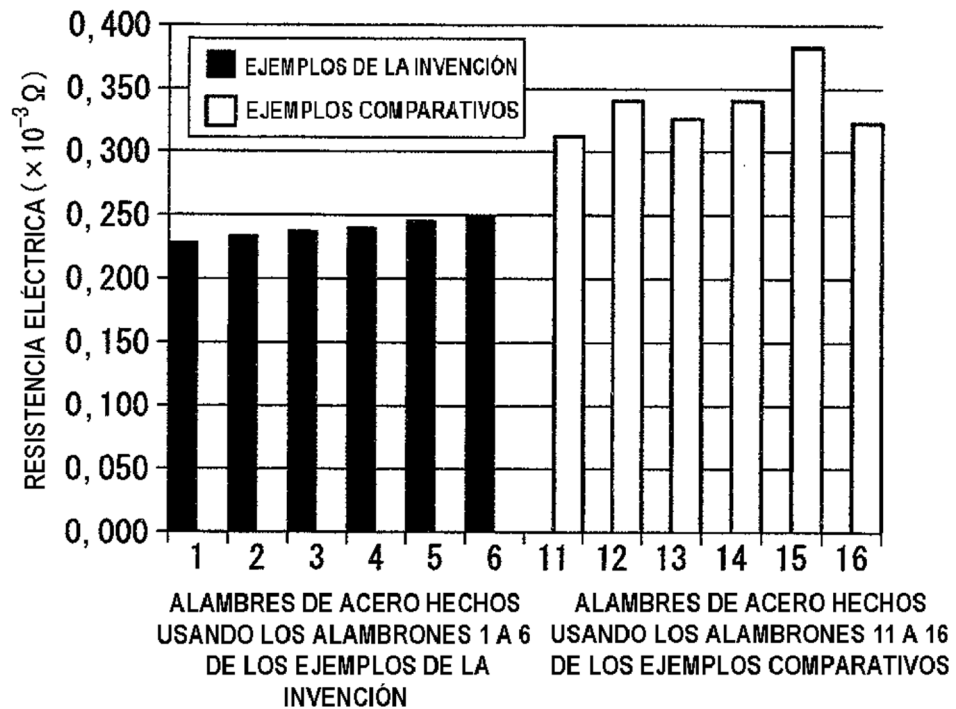


FIG. 3

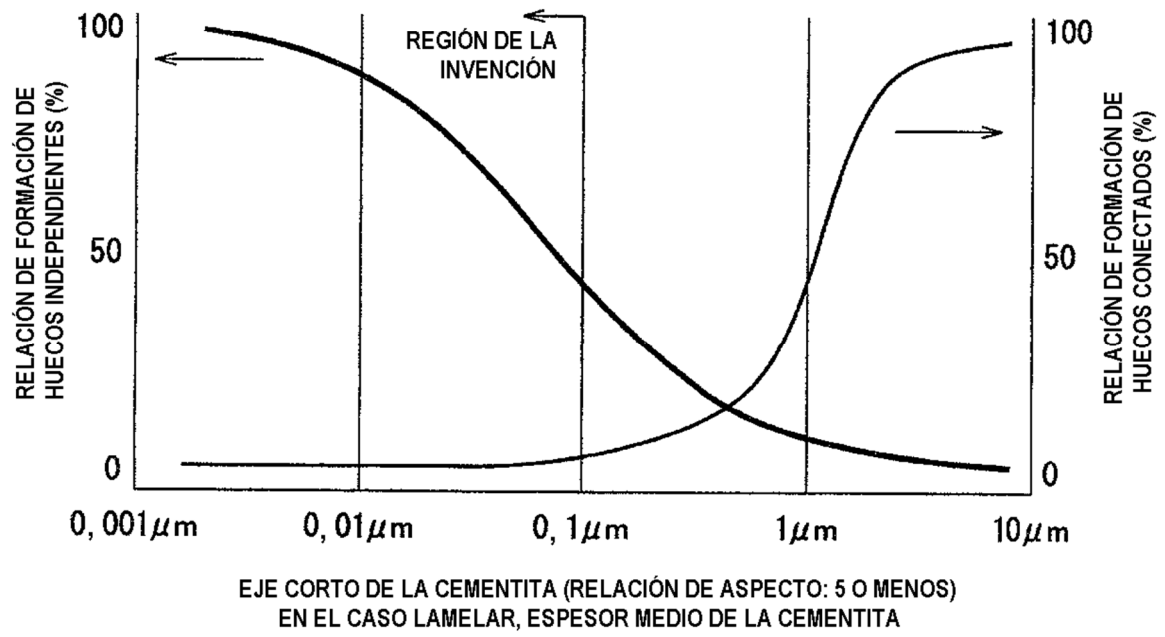
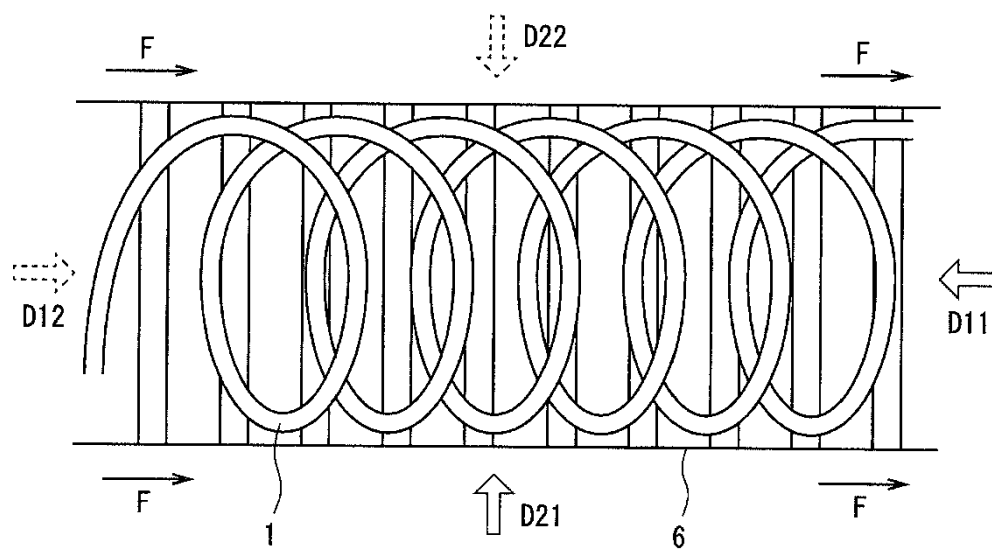


FIG. 4

(A)



(B)

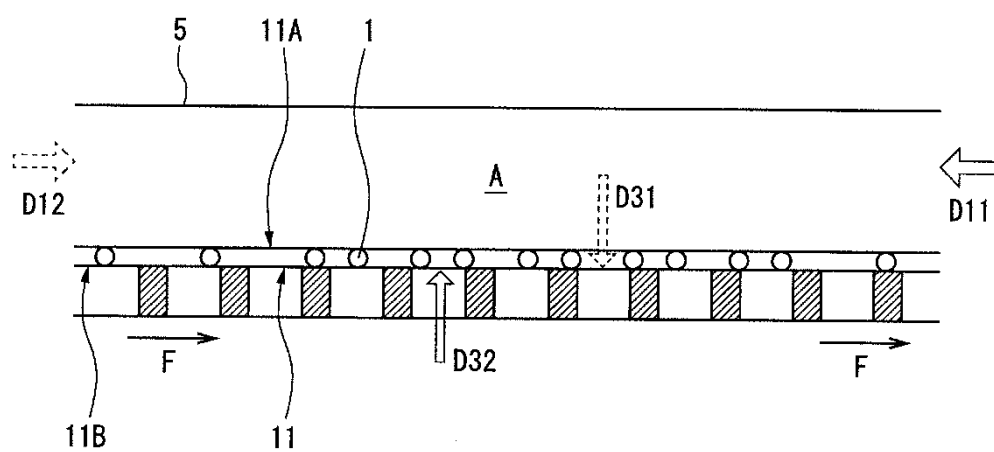
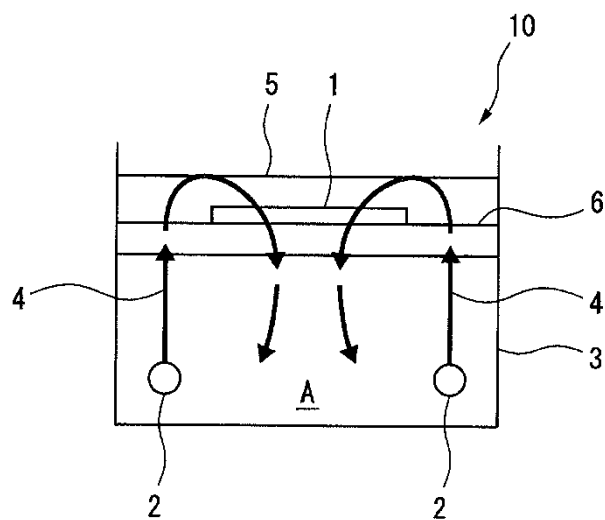


FIG. 5

(A)



(B)

