(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 672 231**

(51) Int. CI.:

C22C 38/00	(2006.01)	***C22C 38/08***	(2006.01)
B21B 3/00	(2006.01)	***C22C 38/12***	(2006.01)
C21D 8/06	(2006.01)	***C22C 38/14***	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	***C22C 38/16***	(2006.01)
C22C 38/54	(2006.01)	***C22C 38/20***	(2006.01)
C21D 1/74	(2006.01)	***C22C 38/42***	(2006.01)
B21B 1/16	(2006.01)	***C22C 38/50***	(2006.01)
C21D 9/52	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2011 PCT/JP2011/078560**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **05.07.2012 WO12090680**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2011 E 11854159 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2660347**

(54) Título: **Material de alambre de acero y su método de producción**

(30) Prioridad:

27.12.2010 JP 2010290884

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.06.2018

(73) Titular/es:

KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (100.0%)
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo-ku Kobe-shi, Hyogo 651-8585, JP

(72) Inventor/es:

TAKEDA, MIKAKO;
NAKAKUBO, SHOHEI;
KIRIHARA, KAZUHIKO y
ENDO, MASAYUKI

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

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

Material de alambre de acero y su método de producción

La presente invención se refiere a un material de alambre de acero y a un método para su fabricación, y se refiere más específicamente a un material de alambre de acero (el "material de alambre de acero" en lo sucesivo simplemente se denomina "material de alambre") para la desincrustación mecánica formada con incrustaciones fácilmente extraíbles mediante desincrustación mecánica y a un método para su fabricación.

Normalmente se forman incrustaciones en la superficie de un material de alambre fabricado mediante laminado en caliente, y se requiere que se eliminen las incrustaciones antes de someter el material de alambre a un trabajo secundario, como por ejemplo, trefilado y similar. Como método de eliminación de incrustaciones antes del trabajo secundario, en las técnicas anteriores se empleó un método de limpieza ácida de tipo discontinuo, sin embargo, en los últimos años, desde los puntos de vista de la contaminación ambiental y la reducción de costes, se ha llegado a emplear un método de desincrustación mecánica (en lo sucesivo DM). Por lo tanto, se requiere que el material de alambre se forme con unas incrustaciones con excelente rendimiento de DM.

Como métodos para fabricar un material de alambre formado con unas incrustaciones con excelente rendimiento de DM, se pueden citar, por ejemplo, las publicaciones bibliográficas 1-4. En las Bibliografías de patentes 1, 2, la cantidad de incrustaciones que queda en el material de alambre después de la DM se reduce formando unas incrustaciones altas en la relación de FeO (o baja en la relación de Fe_3O_4) y gruesa. En la Bibliografía de patentes 3, al reducir la rugosidad de la superficie límite, se promueve la propagación de las grietas que se producen en la superficie límite de las incrustaciones, y se reduce la cantidad de incrustaciones restantes. En la Bibliografía de patente 4, al hacer que orificios de 1 µm o más y 3 µm o menos estén presentes en una cantidad constante en las incrustaciones, la adhesividad de las incrustaciones aumenta, y se mejora el rendimiento de pelado.

Sin embargo, la Bibliografía de patentes 1-4 descrita anteriormente tiene problemas como se describe a continuación. De acuerdo con el método de formación de incrustaciones gruesas como las Bibliografías de patentes 1, 2, incluso cuando se aplica una tensión de flexión al material de alambre por el método de DM y la superficie del material de alambre se somete a cepillado, es difícil eliminar perfectamente las incrustaciones. Más específicamente, según el método de DM, diferente del método de limpieza ácida de tipo discontinuo, es difícil eliminar todas las incrustaciones de manera uniforme y estable, e incluso cuando el material de alambre formado con unas incrustaciones gruesas se somete a DM, la superficie del material de alambre ocasionalmente se puede manchar con polvo de incrustaciones finamente triturado. Cuando las incrustaciones restantes que quedan localmente aumentan de este modo, en el trabajo secundario tal como el trefilado y similares, se producen problemas tales como la aparición de un defecto debido a la lubricación defectuosa, reduciendo la vida útil de los dados y similares.

Además, es difícil reducir de manera estable la rugosidad de la superficie límite mediante el método de reducción de la rugosidad de la superficie límite, como en la Bibliografía de patentes 3, es difícil formar orificios de manera estable incluso con el método de formar orificios grandes de 1 µm o más dentro de las incrustaciones, como la Bibliografía de patentes 4, y es difícil reducir de manera estable la cantidad de las incrustaciones restantes según cualquiera de estas tecnologías.
El documento JP H10-158785 A describe una varilla de alambre para un alambre de acero. El documento JP 2010-132943 A describe una varilla de alambre laminado en caliente que tiene una excelente capacidad de trefilado y de desincrustación mecánica, y un método para su producción.

[Bibliografía de patente 1] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.° H4-293721
[Bibliografía de patente 2] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.° H11-172332
[Bibliografía de patente 3] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.° H8-295992
[Bibliografía de patente 4] Patente japonesa n.° 3544804

La presente invención se ha desarrollado en vista de las circunstancias descritas anteriormente, y su objetivo es proporcionar un material de alambre que tenga unas incrustaciones capaces de desprenderse fácilmente mediante DM y un método para su fabricación.

El material de alambre de acero de la presente invención que resolvió los problemas descritos anteriormente es un material de alambre de acero que consiste en C: 0,05-1,2 % ("%" significa "% en masa", en lo sucesivo lo mismo para componentes químicos), Si : 0,01-0,7 %, Mn: 0,1-1,5 %, P: 0,02 % o inferior (sin incluir el 0 %), S: 0,02 % o inferior (sin incluir el 0 %), y N: 0,005 % o inferior (sin incluir el 0 %), opcionalmente Cr: 0,3 % o inferior y/o Ni: 0,3 % o inferior, opcionalmente Cu: 0,3 % o inferior, opcionalmente al menos un elemento seleccionado de un grupo que consiste en Nb, V, Ti, Hf y Zr en un 0,1 % o inferior en total, opcionalmente Al: 0,1 % o inferior, opcionalmente B: 0,005 % o inferior, y opcionalmente Ca: 0,01 % o inferior y/o Mg: 0,01 % o inferior; siendo el resto hierro e impurezas inevitables, donde se incluyen unas incrustaciones con 6,0 µm o más y 20 µm o menos de espesor, y orificios de un diámetro equivalente de círculo de 1 µm o menos en las incrustaciones ocupan el 10 % o inferior por área.

Además, la presente invención también incluye un método para fabricar el material de alambre de acero anterior que

incluye las etapas de laminación en caliente de acero de cualquiera de las composiciones químicas descritas anteriormente a 1000-1100 °C de temperatura de acabado del laminado, enfriamiento a una tasa que consigue 0,20-20 s del tiempo de retención de 950 °C o superior y menos de 0,15 segundos del tiempo de retención de 950 °C o inferior poniendo en contacto un medio sin oxígeno con el acero laminado en caliente, y a continuación devanándolo a 760-940 °C. En el método para la fabricación, es preferible que el medio sin oxígeno sea gas inerte o agua, y es más preferible que el gas inerte sea nitrógeno.

En el material de alambre de acero de la presente invención, el espesor de las incrustaciones se ajusta a un intervalo predeterminado, y se suprimen los orificios finos dentro de las incrustaciones. Por lo tanto, dado que las incrustaciones se desprenden fácilmente en el momento de la DM, se puede asegurar un rendimiento de pelado suficiente con un dispositivo desincrustante simple, no se ejercen efectos adversos (un defecto en la superficie del material del alambre, lubricación defectuosa y similares debido a que no se retiren las incrustaciones) en trabajos secundarios tales como trefilados y similares, y se puede proporcionar material de alambre de acero de alta calidad. Además, debido a que la pérdida de incrustaciones es menor, se puede mantener un alto rendimiento.

Con respecto al material de alambre, las incrustaciones se eliminan por DM antes de realizar un trabajo secundario, como trefilado y similares, y la vida útil de los dados se acorta cuando las incrustaciones permanecen después de la DM. Por lo tanto, se ha deseado que el material de alambre tenga unas incrustaciones que se desprenden fácilmente en el momento de la DM.

El método de DM es un método para hacer que las incrustaciones se desprendan aplicando tensión al material del alambre para generar grietas dentro de las incrustaciones o en la superficie límite del hierro base y las incrustaciones. Convencionalmente, el aumento de la relación de FeO dentro de las incrustaciones se ha llevado a cabo para mejorar el rendimiento de pelado de las incrustaciones. Esto se debe a que el aumento de la relación de FeO dentro de las incrustaciones se considera eficaz para mejorar el rendimiento de pelado de las incrustaciones en el momento de la DM porque la resistencia del FeO es más débil que el Fe_2O_3 y Fe_3O_4. Para aumentar la relación de FeO dentro de las incrustaciones, generalmente es necesario formar las incrustaciones (incrustaciones secundarias formadas en o después del desincrustado antes de finalizar la laminación) a una temperatura alta, sin embargo, cuando las incrustaciones se forman a alta temperatura, es probable que se generen orificios finos (1 µm o menos en términos del diámetro circular equivalente), estos pequeños orificios son susceptibles de unirse entre sí, y es probable que se forme una fila de orificios dentro de las incrustaciones. Cuando se forma dicha fila de orificios, solo una parte de la capa de incrustaciones se desprenden en el momento de la DM, y las incrustaciones permanecen en la superficie del material del cable.

Por lo tanto, como resultado de los estudios de los presentes inventores, se descubrió que la formación de los orificios finos podía suprimirse mientras se aseguraba el espesor de la incrustación cuando el oxígeno de la atmósfera se bloqueaba inmediatamente después del laminado en caliente (acabado de la laminación), más específicamente, el material de alambre se puso en contacto con el medio sin oxígeno y se enfrió hasta el inicio del devanado, y se extendió el tiempo de residencia en el lado de alta temperatura y se acortó el tiempo de residencia en el lado de baja temperatura al enfriarse con el medio sin oxígeno.

El espesor de las incrustaciones debe ser de 6 µm o más para asegurar el rendimiento de la DM. El espesor de las incrustaciones preferiblemente es de 7 µm o más, más preferiblemente de 8 µm o más (particularmente de 9 µm o más). Por otro lado, cuando el espesor de las incrustaciones supera los 20 µm, la pérdida de incrustaciones aumenta y el rendimiento disminuye. Además, en la etapa de enfriamiento y movimiento y transporte, se desprenden incrustaciones y se genera óxido. El espesor de las incrustaciones preferiblemente es de 19 µm o menos, más preferiblemente de 18 µm o menos.

Además, los orificios finos dentro de las incrustaciones que son los orificios de 1 µm o menos de tamaño en términos del diámetro circular equivalente deben ser del 10 % o inferior por área. Cuando los orificios finos exceden el 10 % por área, los orificios finos se unen entre sí dentro de las incrustaciones, el pelado solo ocurre en la porción en el momento de la DM, y las incrustaciones permanecen en la superficie del material de alambre. La relación de área de los orificios finos preferiblemente es del 9 % o inferior, más preferiblemente del 8 % o inferior (particularmente del 7 % o inferior). Normalmente, el límite inferior del tamaño de los orificios finos del objeto de la presente invención es de aproximadamente 0,1 µm.

Al hacer que el espesor de las incrustaciones y la relación de área de los orificios finos sean como se ha descrito anteriormente, la cantidad de incrustaciones restantes después de la DM se puede hacer del 30 % o inferior por la relación de área relativa a la cantidad de incrustaciones antes de la DM. Esto es equivalente a aproximadamente el 0,05 % en masa o menos en términos de la cantidad de incrustaciones restantes en relación con la masa del material de alambre de acero. La cantidad de incrustaciones restantes preferiblemente es del 25 % o inferior por área, más preferiblemente del 20 % o inferior por área.

Para obtener las incrustaciones con las propiedades descritas anteriormente (el espesor de las incrustaciones y la relación de área de los orificios finos), es importante ajustar la temperatura de finalización de la laminación (temperatura de acabado del laminado) y las condiciones de enfriamiento (la atmósfera ambiente y el tiempo de

enfriamiento) después de la finalización de la laminación.

La temperatura de terminación de la laminación debe ser de 1000-1100 °C. Cuando la temperatura de terminación de la laminación excede los 1100 °C, aumenta la pérdida de incrustaciones. Por otro lado, cuando la temperatura de terminación de la laminación es inferior a 1000 °C, no puede asegurarse el espesor de las incrustaciones. La temperatura de terminación de la laminación preferiblemente es de 1020-1080 °C.

Después de finalizar el laminado, el material de alambre se pone en contacto con el medio sin oxígeno inmediatamente, se bloquea el oxígeno y se suprime la generación de los orificios finos dentro de las incrustaciones que crecen después de la finalización de la laminación. Es preferible que el medio sin oxígeno sea un gas inerte o agua. Además, es preferible que el gas inerte sea gas nitrógeno.

En la refrigeración, cuando el material de alambre entra en contacto con el medio sin oxígeno, el tiempo de mantenimiento en un intervalo de alta temperatura (tiempo de residencia a alta temperatura) se asegura durante un tiempo predeterminado o más, y se acorta el tiempo de mantenimiento en el intervalo de baja temperatura (tiempo de residencia a baja temperatura). Más específicamente, el material de alambre se enfría a una velocidad tal que el tiempo de mantenimiento a 950 °C o superior pasa a ser de 0,20-20 s y el tiempo de mantenimiento a 950 °C o inferior hasta que el inicio del devanado pasa a ser inferior a 0,15 s Al extender el tiempo de residencia a alta temperatura a 950 °C o más, se puede promover el crecimiento de las incrustaciones. Además, cuando el tiempo de residencia a baja temperatura a 950 °C o inferior hasta el inicio del devanado pasa a ser de 0,15 s o más, la concentración en la superficie límite de los elementos de aleación tales como Si, Mn, Cr y similares se vuelve conspicua, se impide la propagación de Fe, y apenas crecen las incrustaciones. El tiempo de residencia a alta temperatura preferiblemente es de 0,3-15 s, y el tiempo de residencia a baja temperatura preferiblemente es de 0,13 s o menos.

El tiempo de residencia a alta temperatura y el tiempo de residencia a baja temperatura pueden ajustarse ajustando la relación de volumen de agua en cada intervalo de temperatura en la refrigeración por agua, y ajustando la relación del caudal de gas en cada intervalo de temperatura cuando se usa el gas inerte. En ambos casos, el volumen de agua o el caudal de gas en el intervalo de temperatura alta se pueden reducir en comparación con el intervalo a baja temperatura.

Después de que se complete el enfriamiento con el medio sin oxígeno, el material del alambre se devana a 760-940 °C. Al hacer que la temperatura del devanado sea dicho intervalo, el espesor de las incrustaciones puede ajustarse a un intervalo deseado. La temperatura de devanado es más preferiblemente de 780-930 °C.

A continuación, se describirá la composición química del material de alambre de acero de la presente invención.

C: 0,05-1,2 %

El C es un elemento que afecta en gran medida las propiedades mecánicas del acero. Para asegurar la resistencia del material de alambre, la cantidad de C se estipuló en el 0,05 % o superior. La cantidad de C preferiblemente es del 0,15 % o superior, más preferiblemente del 0,3 % o superior. Por otro lado, cuando la cantidad de C es excesivamente alta, la trabajabilidad en caliente en la fabricación del material de alambre se deteriora. Por lo tanto, se estipuló que la cantidad de C fuera del 1,2 % o inferior. La cantidad de C preferiblemente es del 1,0 % o inferior, más preferiblemente del 0,9 % o inferior.

Si: 0,01-0,7 %

El Si es un elemento necesario para desoxidar el acero. Cuando su contenido es demasiado bajo, la formación de Fe_2SiO_4 (fayalita) se vuelve insuficiente y el rendimiento de la DM se deteriora. Por lo tanto, se estipuló que la cantidad de Si fuera del 0,01 % o superior. La cantidad de Si preferiblemente es del 0,1 % o superior, más preferiblemente del 0,2 % o superior. Por otro lado, cuando la cantidad de Si es excesivamente alta, se producen tales problemas por formación excesiva de Fe_2SiO_4 (fayalita) que el rendimiento de la DM se deteriora extremadamente, se forma una capa descarburada en la superficie, y similares. Por lo tanto, se estipuló que la cantidad de Si fuera del 0,7 % o inferior. La cantidad de Si preferiblemente es del 0,5 % o inferior, más preferiblemente del 0,4 % o inferior.

Mn: 0,1-1,5 %

El Mn es un elemento útil para asegurar la extinción del acero y aumentar la resistencia. Para ejercer efectivamente dichas acciones, se estipuló que la cantidad de Mn fuera del 0,1 % o superior. La cantidad de Mn preferiblemente es del 0,2 % o superior, más preferiblemente del 0,4 % o superior. Por otro lado, cuando la cantidad de Mn es excesivamente alta, se produce la segregación en la etapa de enfriamiento después de la laminación en caliente, y es probable que se genere la estructura súper enfriada (martensita y similares) que es nociva para la capacidad de trefilado y similares. Por lo tanto, la cantidad de Mn se estipuló en el 1,5 % o inferior. La cantidad de Mn preferiblemente es del 1,4 % o inferior, más preferiblemente del 1,2 % o inferior.

P: 0,02 % o inferior (sin incluir el 0 %)

El P es un elemento que deteriora la tenacidad y la ductilidad del acero. Con el fin de evitar la rotura del cable en la etapa de trefilado y similares, se estipuló que la cantidad de P fuera del 0,02 % o inferior. La cantidad de P preferiblemente es del 0,01 % o inferior, más preferiblemente del 0,005 % o inferior. Aunque el límite inferior de la cantidad de P no está particularmente limitado, normalmente es de aproximadamente el 0,001 %.

S: 0,02 % o inferior (sin incluir el 0 %)

De forma similar al P, el S es un elemento que deteriora la tenacidad y la ductilidad del acero. Con el fin de evitar la rotura del cable en la etapa de trefilado y la etapa de torsión posterior, se estipuló que la cantidad S fuera del 0,02 % o inferior. La cantidad de S preferiblemente es del 0,01 % o inferior, más preferiblemente del 0,005 % o inferior. Aunque el límite inferior de la cantidad de S no está particularmente limitado, normalmente es de aproximadamente el 0,001 %.

N: 0,005 % o inferior (sin incluir el 0 %)

El N es un elemento que deteriora la ductilidad del acero cuando el contenido del mismo se vuelve excesivamente alto. Por lo tanto, se estipuló que la cantidad de N fuera del 0,005 % o inferior. La cantidad de N preferiblemente es del 0,004 % o inferior, más preferiblemente del 0,003 % o inferior. Aunque el límite inferior de la cantidad de N no está particularmente limitado, normalmente es de aproximadamente el 0,001 %.

La composición fundamental del material de alambre de acero de la presente invención es como se ha descrito anteriormente, y el resto es sustancialmente hierro. Sin embargo, la inclusión de impurezas inevitables introducidas debido a las situaciones de las materias primas, materiales, instalaciones de fabricación y similares en el material de alambre de acero está permitida de forma natural. Además, también se recomienda añadir los elementos que se describen a continuación según las necesidades dentro de un intervalo que no impida las acciones y los efectos de la presente invención.

Cr: 0,3 % o inferior y/o Ni: 0,3 % o inferior

Tanto el Cr como el Ni son elementos que mejoran la extinción del acero y contribuyen a aumentar la resistencia. Con el fin de ejercer dichas acciones de manera efectiva, tanto la cantidad de Cr como la cantidad de Ni preferiblemente son del 0,05 % o superior, más preferiblemente del 0,10 % o superior, y aún más preferiblemente del 0,12 % o superior. Por otro lado, cuando la cantidad de Cr y la cantidad de Ni son excesivamente altas, es probable que se genere la estructura de martensita, la adherencia de las incrustaciones al hierro base aumenta excesivamente y se deteriore el rendimiento de pelado de las incrustaciones en el momento de la DM. Por lo tanto, tanto la cantidad de Cr como la cantidad de Ni preferiblemente son del 0,3 % o inferior, más preferiblemente del 0,25 % o inferior, y aún más preferiblemente del 0,20 % o inferior. El Cr y el Ni pueden añadirse respectiva e independientemente o pueden añadirse simultáneamente.

Cu: 0,3 % o inferior

El Cu es un elemento que tiene la acción de promover el pelado de las incrustaciones. Con el fin de ejercer dicha acción de manera efectiva, la cantidad de Cu preferiblemente es del 0,01 % o superior, más preferiblemente del 0,05 % o superior, y aún más preferiblemente del 0,07 % o superior. Por otro lado, cuando la cantidad de Cu es excesivamente alta, el pelado de las incrustaciones se promueve excesivamente, se desprenden incrustaciones durante el laminado, se generan otras incrustaciones que son finas y altamente adhesivas sobre la superficie pelada, y se genera óxido cuando la bobina del material de alambre se almacena y se transporta. Por lo tanto, la cantidad de Cu preferiblemente es del 0,3 % o inferior, más preferiblemente del 0,25 % o inferior, y aún más preferiblemente del 0,20 % o inferior.

Al menos un elemento seleccionado de un grupo formado por Nb, V, Ti, Hf y Zr: 0,1 % o inferior en total

Todos los elementos Nb, V, Ti, Hf y Zr son elementos que forman carbonitruros finos y contribuyen a aumentar la resistencia. Para ejercer dichas acciones de manera efectiva, toda la cantidad de Nb, la cantidad de V, la cantidad de Ti, la cantidad de Hf y la cantidad de Zr preferiblemente son del 0,003 % o superior, más preferiblemente del 0,007 % o superior, y aún más preferiblemente del 0,01 % o superior. Por otro lado, cuando estos elementos están excesivamente altos, la ductilidad se deteriora, y por lo tanto la cantidad total de los mismos preferiblemente es del 0,1 % o inferior, más preferiblemente del 0,08 % o inferior, y aún más preferiblemente del 0,06 % o inferior. Estos elementos se pueden añadir respectiva e independientemente o se pueden añadir dos elementos o más en combinación.

Al: 0,1 % o inferior

El Al es un elemento efectivo como agente desoxidante. Con el fin de ejercer dicha acción de manera efectiva, la

cantidad de Al preferiblemente es del 0,001 % o superior, más preferiblemente del 0,01 % o superior, y aún más preferiblemente del 0,02 % o superior. Por otro lado, cuando la cantidad de Al es excesivamente alta, aumentan las inclusiones basadas en óxido tales como Al2O3 y similares, y la rotura de alambre ocurre con frecuencia en trabajos de trefilado y similares. Por lo tanto, la cantidad de Al preferiblemente es del 0,1 % o inferior, más preferiblemente del 0,08 % o inferior, y aún más preferiblemente del 0,06 % o inferior.

B: 0,005 % o inferior

El B es un elemento que suprime la formación de ferrita al estar presente como B libre sólido (B que no forma el compuesto) resuelto en acero, y es un elemento efectivo particularmente en un material de alambre de alta resistencia que requiere la supresión de grietas longitudinales. Con el fin de ejercer dichas acciones de manera efectiva, la cantidad de B preferiblemente es del 0,0001 % o superior, más preferiblemente del 0,0005 % o superior, y aún más preferiblemente del 0,0009 % o superior. Por otro lado, cuando la cantidad de B es excesivamente alta, la ductilidad se deteriora. Por lo tanto, la cantidad de B preferiblemente es del 0,005 % o inferior, más preferiblemente del 0,0040 % o inferior, y aún más preferiblemente del 0,0035 % o inferior.

Ca: 0,01 % o inferior y/o Mg: 0,01 % o inferior

Tanto el Ca como el Mg son elementos que tienen la acción de controlar la forma de las inclusiones y mejorar la ductilidad. Además, el Ca también tiene la acción de mejorar la resistencia a la corrosión del material de acero. Con el fin de ejercer dichas acciones de manera efectiva, tanto la cantidad de Ca como la cantidad de Mg preferiblemente son del 0,001 % o superior, más preferiblemente del 0,002 % o superior, y aún más preferiblemente del 0,003 % o superior. Por otro lado, cuando estos elementos están excesivamente altos, la trabajabilidad se deteriora. Por lo tanto, tanto la cantidad de Ca como la cantidad de Mg preferiblemente son del 0,01 % o inferior, más preferiblemente del 0,008 % o inferior, y aún más preferiblemente del 0,005 % o inferior. El Ca y el Mg pueden añadirse respectiva e independientemente o pueden añadirse simultáneamente.

[Ejemplo]

A continuación, la presente invención se explicará más específicamente haciendo referencia a un ejemplo. La presente invención no está limitada por el ejemplo descrito a continuación, y es una cuestión de rutina que la presente invención también se pueda implementar con modificaciones que se sumen apropiadamente dentro del alcance adaptable a los fines descritos anteriormente y más adelante, y cualquiera de ellos está incluido dentro del rango técnico de la presente invención.

Después de que el acero de la composición química que se muestra en las Tablas 1, 2 se fundiera de acuerdo con un método de fundición ordinario, se fabricó un lingote de 150 mm x 150 mm y se calentó dentro de un horno de calentamiento. Posteriormente, las incrustaciones primarias formadas dentro del horno de calentamiento se desprendieron usando agua a alta presión, laminación en caliente, enfriamiento y devanado en las condiciones que se muestran en la Tabla 3, y se obtuvo el material de alambre de acero de 5,5 mm de diámetro.

El material de alambre de acero obtenido se midió mediante un método descrito a continuación.

(1) Medición del espesor de las incrustaciones

Se tomaron muestras con 10 mm de longitud del extremo frontal, la parte central y el extremo posterior de la bobina, respectivamente, y se observaron las secciones transversales de las incrustaciones de tres ubicaciones opcionales de cada muestra utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) (aumentos de la observación: 5000 veces). El espesor de las incrustaciones se midió en 10 puntos por cada 100 µm de longitud en la dirección periférica del material de alambre de acero en cada ubicación de medición, se obtuvo el espesor promedio de las incrustaciones y se hizo el valor promedio de las tres ubicaciones con el espesor de las incrustaciones de cada muestra. Además, se calculó el valor promedio de las muestras respectivas (el extremo frontal, la parte central y el extremo posterior de la bobina), y se hizo el espesor de las incrustaciones de cada número de prueba.

(2) Medición de la relación de área de orificios dentro de las incrustaciones

De forma similar a la anterior (1), se tomaron muestras con una longitud de 10 mm del extremo frontal, la parte central y el extremo posterior de la bobina, respectivamente, las secciones transversales de las incrustaciones de tres ubicaciones opcionales de cada muestra se observaron utilizando el SEM (campo de visión de la medida: 25x20 µm, aumentos de la observación: 5000 veces). Se obtuvo la relación de área de los orificios del diámetro circular equivalente de 1 µm o menos en cada ubicación de la medición, y el valor promedio de las tres ubicaciones se hizo la relación de área de los orificios finos (1 µm o menos en términos del diámetro circular equivalente) de cada muestra. Además, se calculó el valor promedio de las muestras respectivas (el extremo frontal, la parte central y el extremo posterior de la bobina), y se hizo la relación de área de los orificios finos de cada número de prueba.

(3) Medición del rendimiento de la DM

Se tomaron muestras con una longitud de 250 mm desde el extremo frontal, la parte central y el extremo posterior de la bobina, respectivamente, se aplicaron con una tensión de deformación del 6 % mediante una máquina de prueba de la tracción, y se extrajeron del portabrocas. Posteriormente, se insufló aire a la muestra y se barrió con aire las incrustaciones de la superficie del material de alambre de acero. La apariencia antes y después de la aplicación de la tensión fue fotografiada por una cámara digital, y la relación de área de las incrustaciones restantes se calculó comparando los dos por análisis de imagen.

Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5.

[Tabla 1]

Tipo de acero	Composición química (% en masa) siendo el resto hierro e impurezas inevitables											
	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni	Cu	Al	B	Otros
A-1	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	-	-	-
A-2	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	0,25	-	-	-	-	-
A-3	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	0,18	-	-	-	-
A-4	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	0,22	-	-	-
A-5	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	0,038	-	-
A-6	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-		-	0,0005	-
A-7	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	-	-	Hf = 0,041
A-8	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	-	-	Mg = 0,008
A-9	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	-	-	Nb = 0,056
A-10	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	-	-	V = 0,082
A-11	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	-	-	Zr = 0,05
A-12	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	-	-	Ca = 0,002
A-13	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	-	-	-	-	Ti = 0,044
A-14	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	0,08	0,05	-	-	-	-
A-15	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	0,08	0,19	0,07	-	-	-
A-16	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	0,05	0,09	-	0,033	-	-
A-17	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	0,18	0,15	-	-	0,0022	-
A-18	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	0,12	0,15	-	-	-	Ti = 0,063
A-19	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	0,22	-	0,03	-	-	-
A-20	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	0,16	-	0,14	0,026	-	-
A-21	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	0,24	0,08	-	-	-
A-22	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	0,21	0,09	0,035	-	-
A-23	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	0,15	0,18	-	0,0009	-
A-24	0,73	0,28	0,63	0,005	0,002	0,002	-	0,05	0,16	-	-	Zr = 0,058

[Tabla 2]

Tipo de acero	Composición química (% en masa) siendo el resto hierro e impurezas inevitables											
	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni	con	Al	B	Otros
B	0,05	0,11	0,28	0,002	0,003	0,002	0,29	0,05	0,05	-	-	Ti = 0,045
C	0,19	0,27	0,42	0,003	0,001	0,002	-	-	0,08	0,036	-	-
D	0,52	0,43	0,86	0,002	0,003	0,002	-	0,15	-	0,022	-	Ca = 0,005
E	0,72	0,64	0,72	0,002	0,004	0,002	-	0,07	0,18	-	0,0005	Ti = 0,042, V = 0,038
F	0,91	0,39	1,15	0,002	0,003	0,002	0,14	-	0,02	0,018	-	-
G	0,98	0,27	0,86	0,003	0,002	0,002	0,05	0,28	0,02	-	-	Ca = 0,004
H	1,18	0,48	1,32	0,004	0,003	0,002	0,12	0,22	0,13	0,002	0,0021	Ti = 0,0057, Zr = 0,021

[Tabla 3]

Condiciones de fabricación	Atmósfera ambiente desde el acabado de la laminación hasta el inicio del devanado	Temperatura de terminación (°C)	Temperatura de devanado (°C)	Tiempo de residencia de 950 °C o más (s)	Tiempo de residencia de 950 °C o menos (s)
a	Enfriado con agua	1100	935	0,18	0,14
b	Enfriado con agua	1080	870	0,3	0,14
c	Aire atmosférico	1080	870	0,3	0,14
d	Enfriado con agua	1020	815	3	0,13
g	Enfriado con agua	1090	920	21	0,13

h	Enfriado con agua	1055	860	0,5	0,35
I	Nitrógeno	1080	920	0,6	0,14
j	Nitrógeno	1020	755	2	0,1

[Tabla 4]

N.°	Tipo de acero	Condiciones de fabricación	Espesor de las incrustaciones (μm)	Relación de área de orificios finos (%)	Rendimiento de DM
					Relación de área restante después de aplicar un 6 % de deformación (%)
1	A-1	b	8,6	6,9	19
2	A-1	d	7,1	1,2	11
3	A-1	c	9,2	28	45
4	A-2	b	9,3	5,6	19
5	A-3	d	6,8	3,2	15
7	A-5	i	8,9	8,9	25
8	A-6	j	14,3	0,2	5
9	A-7	d	6,2	2,7	13
10	A-8	i	8,5	9,7	28
11	A-9	b	9,0	4,2	11
12	A-10	j	15,6	2,1	9
14	A-12	i	8,7	6,4	15
15	A-13	d	6,4	4,8	11
16	A-14	j	14,1	0,1	4
17	A-15	i	8,6	7,5	12
19	A-17	d	7,4	3,5	8
20	A-18	b	8,9	3,1	10
21	A-19	j	12,2	1,9	5
23	A-21	i	10,6	3,8	10
24	A-22	b	9,9	3,4	11
25	A-23	d	7,1	2,6	15

[Tabla 5]

N.°	Tipo de acero	Condiciones de fabricación	Espesor de las incrustaciones (μm)	Relación de área de orificios finos (%)	Rendimiento de DM
					Relación de área restante después de aplicar un 6 % de deformación (%)
27	B	d	7,8	2,8	8
28	B	j	16,1	1,4	6
30	C	b	8,1	5,5	7
31	C	i	9,6	6,8	8
33	D	c	9,1	39	49
34	E	d	7,7	2,8	5
35	E	i	13,6	2,2	5
36	E	a	5,9	1,1	37
37	F	b	9,0	6,2	9
39	F	i	8,6	8,2	10
40	F	h	4,5	0,7	42
41	G	d	7,2	1,1	5
42	G	i	12,8	1,8	4
45	H	j	14,6	1,9	7
46	H	c	10,1	41	52
47	H	g	21,8	48	63

Los números 1,2, 4, 5, 7-12, 14-17, 19-21, 23-25, 27, 28, 30, 31, 34, 35, 37, 39, 41-42, 45 de las Tablas 4, 5 son ejemplos que satisfacen los requisitos de la presente invención, el espesor de las incrustaciones y la relación de área de los orificios finos dentro de las incrustaciones son apropiados, y por lo tanto la propiedad de DM es excelente.

Por otro lado, en los números 3, 33, 36, 40, 46, 47, la propiedad de DM se deterioró, debido a que las condiciones de fabricación no satisfacían los requisitos de la presente invención.

En los números 3, 33, 46, la propiedad de DM se deterioró porque el material de alambre se enfrió al aire atmosférico después del acabado de laminación y la relación de área de los orificios finos aumentó. En el n.° 36, la propiedad de DM se deterioró, porque el tiempo de residencia a alta temperatura a 950 °C o superior era corto y el espesor de las incrustaciones se volvió delgado. En el n.° 40, la propiedad de DM se deterioró, debido a que el tiempo de residencia a baja temperatura a 950 °C o inferior fue largo y el espesor de las incrustaciones se volvió delgado. En el n.° 47, la propiedad de DM se deterioró, debido a que el tiempo de residencia a alta temperatura a 950 °C o superior era demasiado largo, el espesor de las incrustaciones se volvió demasiado grueso y la pérdida de incrustaciones aumentó mientras que la relación de área de los orificios finos aumentó.

El material de alambre de acero de la presente invención es excelente en cuanto al rendimiento de desincrustación mecánica después del laminado en caliente (antes del trefilado) y, por lo tanto, es útil como materia prima para un cordón de neumático (cordón de acero, alambre de reborde) para un automóvil, un cable de manguera, un cable de sierra y similares utilizados para cortar un silicio para un semiconductor y similares.

REIVINDICACIONES

1. Un material de alambre de acero que consiste en:

C: 0,05-1,2 % ("%" significa "% en masa", en adelante lo mismo para los componentes químicos);
Si: 0,01-0,7 %;
Mn: 0,1-1,5 %;
P: 0,02 % o inferior (sin incluir el 0 %);
S: 0,02 % o inferior (sin incluir el 0 %); y
N: 0,005 % o inferior (sin incluir el 0 %);
opcionalmente Cr: 0,3 % o inferior y/o Ni: 0,3 % o inferior;
opcionalmente Cu: 0,3 % o inferior;
opcionalmente al menos un elemento seleccionado de un grupo que consiste en Nb, V, Ti, Hf y Zr en un 0,1 % o inferior en total;
opcionalmente Al: 0,1 % o inferior;
opcionalmente B: 0,005 % o inferior; y
opcionalmente Ca: 0,01 % o inferior y/o Mg: 0,01 % o inferior;
siendo el resto hierro e impurezas inevitables, donde
se incluyen unas incrustaciones con 6,0 µm o más y 20 µm o menos de espesor, y
los orificios de un diámetro circular equivalente de 1 µm o menos en las incrustaciones ocupan el 10 % o inferior por área.

2. Un método para fabricar el material de alambre de acero de acuerdo con la reivindicación 1, el método que comprende:

una etapa de laminación en caliente de acero de la composición química de acuerdo con la reivindicación 1 a 1000-1100 °C de temperatura de acabado del laminado;
una etapa de enfriamiento del acero laminado en caliente al poner un medio sin oxígeno en contacto con el acero laminado en caliente; y
una etapa de devanado del acero enfriado a 760-940 °C de temperatura de devanado,
donde
el enfriamiento se lleva a cabo en la etapa de enfriamiento desde la temperatura de acabado del laminado en caliente hasta la temperatura de devanado, de modo que el tiempo de residencia de 950 °C o superior pasa a ser de 0,20-20 s, y el tiempo de residencia de 950 °C o inferior pasa a ser inferior a 0,15 s.

3. El método para la fabricación de acuerdo con la reivindicación 2, donde el medio sin oxígeno es gas inerte o agua.

4. El método para la fabricación de acuerdo con la reivindicación 3, donde el gas inerte es nitrógeno.