

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 493**

51 Int. Cl.:

C22C 9/00 (2006.01)
C22C 9/02 (2006.01)
B21B 1/40 (2006.01)
B21B 3/00 (2006.01)
C22F 1/08 (2006.01)
C23C 16/26 (2006.01)
C25F 3/22 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2012** **PCT/JP2012/077745**
87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2013** **WO13065601**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2012** **E 12845162 (2)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017** **EP 2762446**

54 Título: **Lámina de cobre para producción de grafeno y procedimiento de producción de la misma, y procedimiento de producción de grafeno**

30 Prioridad:

04.11.2011 JP 2011241953

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.10.2017

73 Titular/es:

JX NIPPON MINING & METALS CORPORATION
(100.0%)
6-3, Otemachi 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8164

72 Inventor/es:

CHIBA YOSHIHIRO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 639 493 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

Lámina de cobre para producción de grafeno y procedimiento de producción de la misma, y procedimiento de producción de grafeno

[Campo de la invención]

- 5 La presente invención se refiere a una lámina de cobre para producir grafeno, un procedimiento de producción para ello y un procedimiento para producir grafeno.

[Descripción de la técnica relacionada]

- 10 El grafito tiene una estructura en capas en la que múltiples capas de anillos de carbono de seis miembros dispuestos de forma plana están laminados. El grafito que tiene una capa monoatómica o alrededor de varias capas atómicas se denomina grafeno o lámina de grafeno. La lámina de grafeno tiene propiedades eléctricas, ópticas y mecánicas propias y, específicamente, tiene una alta velocidad de movilidad del portador. Por lo tanto, se espera que la lámina de grafeno se aplique en diversas industrias como un separador de células de combustible, un electrodo transparente, una película conductora fina para un dispositivo de visualización, una lámpara fluorescente "libre de mercurio", un material compuesto, un portador para sistema de suministro de medicamento (DDS, por sus siglas en inglés), etc.

15 Como procedimiento para producir la lámina de grafeno, se conoce que el grafito se exfolia con una cinta adhesiva. Sin embargo, existen problemas porque la cantidad de capas de la lámina de grafeno obtenida no es uniforme, es difícil proporcionar una lámina de grafeno de área amplia y no es adecuada para la producción en masa.

- 20 Se ha desarrollado una tecnología donde un catalizador de metal grafitizado monocristalino similar a una lámina se pone en contacto con una sustancia carbonosa y luego se trata térmicamente para expandir la lámina de grafeno (procedimiento de deposición química de vapor (CVD, por sus siglas en inglés)) (referencias de patentes 1). Como el catalizador de metal grafitizado monocristalino, se describe un sustrato de metal hecho de Ni, Cu o W, por ejemplo.

- 25 De modo similar, se ha descrito una tecnología donde se forma una película de grafeno a través del procedimiento de deposición química de vapor en una capa de cobre formada en una lámina de metal Ni o Cu o un sustrato de Si. La película de grafeno se forma a aproximadamente 1000 °C (referencias distintas de las de patentes 1).

Además, se ha descrito una tecnología donde una película de grafeno se forma en una lámina de cobre electropulida (referencias distintas de las de patentes 2).

[Referencias de la técnica anterior]

[Referencias de patentes]

- 30 [Referencias de patentes 1] Publicación de patente japonesa sin examinar (Kokai) 2009-143799

[Referencias distintas de las de patentes]

[Referencias distintas de las de patentes 1] SCIENCE Vol. 324 (2009) P1312-1314

[Resumen de la invención]

[Problemas a resolver por la invención]

- 35 Sin embargo, no es fácil y resulta muy costoso producir el sustrato de metal monocristalino, es difícil proporcionar un sustrato de área amplia y, por ende, es difícil proporcionar una lámina de grafeno de área amplia, tal como se describe en el documento de patente 1. Por otra parte, el documento distinto de patente 1 describe que se utiliza Cu como sustrato. El grafeno no se expande en una lámina de cobre en una dirección plana en poco tiempo. Se recuece una capa de Cu formada en un sustrato de Si para proporcionar granos gruesos, proporcionando así un sustrato. En este caso, el tamaño del grafeno se limita al tamaño del sustrato de Si y sus costos de producción también son altos.

- 40 Se ha descubierto que cuando se utilizaba la lámina de cobre como sustrato para producir grafeno, el rendimiento de producción del grafeno no se podía aumentar si la superficie de lámina de cobre no era extremadamente lisa. Esto se debe a que cuanto más lisa es la superficie de la lámina de cobre, menos irregularidades inhiben la expansión del grafeno, formando sí una película de grafeno uniformemente en la superficie de la lámina de cobre. De esta forma, se puede producir una lámina de cobre con una superficie lisa a través del uso de cobre de alta pureza (con una pureza de más del 99,999 %). Sin embargo, la lámina de cobre se produce a costos elevados y tiene un tamaño limitado. Como alternativa, cuando la superficie de la lámina de cobre se alisa a través de laminación, etc., es necesario definir estrictamente las condiciones de producción que incluyen una relación de reducción de laminación, lo cual también conduce a costos elevados.
- 50

De acuerdo con la tecnología descrita en las referencias distintas de las de patentes 2, una lámina de cobre es electropulida utilizando una solución electrolítica que contiene ácido fosfórico entre 1,0 y 2,0 V durante 0,5 horas (véase pág. 1442). En las referencias distintas a las de patentes 2, no hay ninguna descripción sobre el área de la muestra de lámina de cobre utilizada, pero la muestra de lámina de cobre se coloca dentro de un tubo de cuarzo que tiene un tamaño de 1 pulgada (igual a aproximadamente 2,5 cm) para formar una película de grafeno mediante CVD (véase pág. 1442). Los presentes inventores comprobaron la prueba dos veces asumiendo que el área de la muestra de lámina de cobre era de 1 cm². Como resultado, había una pequeña cantidad de electropulido y el rendimiento de producción del grafeno no era alto.

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar una lámina de cobre para producir grafeno que sea capaz de producir grafeno con una gran área a bajos costos, un procedimiento de producción para ello y un procedimiento para producir grafeno.

[Medios para resolver los problemas]

La presente invención proporciona una lámina de cobre para producir grafeno con una proporción (Ra_1/Ra_2) entre una rugosidad media aritmética Ra_1 en una dirección de laminación y una rugosidad media aritmética Ra_2 en una dirección transversal a la dirección de laminación de $0,7 \leq (Ra_1/Ra_2) \leq 1,3$.

Preferentemente, la proporción (Ra_1/Ra_2) es de $0,8 \leq (Ra_1/Ra_2) \leq 1,2$ después del calentamiento a 1000 °C durante 1 hora en una atmósfera con el 20 % en volumen o más de hidrógeno y argón de equilibrio.

Preferentemente, la lámina de cobre para producir grafeno de la presente invención consiste en cobre refinado con contenido de oxígeno de acuerdo con JIS-H3100, o consiste en cobre libre de oxígeno de acuerdo con JIS-H3100, o contiene entre el 0,001 % en masa y el 0,15 % en masa de uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Sn y Ag en el cobre refinado con contenido de oxígeno o el cobre libre de oxígeno.

Preferentemente, el brillo de 60 grados en la dirección de laminación y el brillo de 60 grados en la dirección transversal a la dirección de laminación son del 200 % o más.

La presente invención proporciona un procedimiento para producir la lámina de cobre para producir grafeno, electropulir una superficie de un sustrato de lámina de cobre a 0,5 µm o más en una dirección de profundidad.

Además, la presente invención proporciona un procedimiento para producir la lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, laminando con un rodillo con una proporción (Ra_{1roll}/Ra_{2roll}) entre una rugosidad media aritmética en una dirección circunferencial Ra_{1roll} y una rugosidad media aritmética en una dirección de ancho Ra_{2roll} que es de $0,8 \leq (Ra_{1roll}/Ra_{2roll}) \leq 1,2$ en una pasada final de una laminación en frío final.

La presente invención proporciona un procedimiento para producir grafeno utilizando la lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, que comprende las etapas de: proporcionar un gas que contiene hidrógeno y carbono mientras se coloca la lámina de cobre calentada en una cámara para formar grafeno en una superficie de la capa de recubrimiento de cobre de la lámina de cobre para producir grafeno; laminar una lámina de transferencia en la superficie del grafeno y grabar y eliminar la lámina de cobre para producir grafeno mientras se transfiere el grafeno a la lámina de transferencia.

[Efecto de la invención]

De acuerdo con la presente invención, se puede proporcionar una lámina de cobre capaz de producir grafeno con una gran área a bajos costos.

[Breve descripción de los dibujos]

[Figura 1] Un gráfico del procedimiento que muestra un procedimiento para producir grafeno de acuerdo con una realización de la presente invención.

[Figura 2] Micrografías confocales de la superficie de la muestra en el ejemplo 6 después de que la muestra finalmente se laminó en frío, se le realizó electropulido y después se calentó a 1000 °C durante 1 hora, respectivamente.

[Descripción de las realizaciones]

A continuación, se describe una lámina de cobre para producir grafeno y un procedimiento para producir grafeno de acuerdo con una realización de la presente invención. El símbolo "%" en el presente documento se refiere al % en masa, a menos que se especifique lo contrario.

<Composición de la lámina de cobre>

Como la lámina de cobre, se puede utilizar cobre refinado con contenido de oxígeno (TPC, por sus siglas en inglés) de acuerdo con JIS-H3100 o cobre libre de oxígeno (OFC, por sus siglas en inglés) de acuerdo con JIS-H3510 o JIS-

H3100.

Además del cobre refinado con contenido de oxígeno o el cobre libre de oxígeno, se puede utilizar una composición que contenga el 0,15 % en masa o menos en total de uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Sn y Ag. Cuando los elementos descritos anteriormente están contenidos, la lámina de cobre puede tener resistencia mejorada y extensión adecuada, y el tamaño de grano se puede aumentar. Si un porcentaje de contenido de los elementos descritos anteriormente supera el 0,15 % en masa, la resistencia puede aumentarse aún más, pero la extensión se puede disminuir para degradar la trabajabilidad y suprimir la expansión del tamaño de grano. Más preferentemente, un porcentaje de contenido de los elementos descritos anteriormente es el 0,10 % en masa o menos, aun más preferentemente el 0,050 % en masa o menos, más preferentemente el 0,040 % en masa.

Si bien un límite inferior del porcentaje de contenido total de los elementos descritos anteriormente no está especialmente limitado, por ejemplo, el límite inferior puede ser el 0,001 % en masa. Si el porcentaje de contenido de los elementos descritos anteriormente es inferior al 0,001 % en masa, el porcentaje de contenido puede ser difícil de controlar. Preferentemente, un límite inferior del porcentaje de contenido de los elementos descritos anteriormente es el 0,003 % en masa o más, más preferentemente el 0,004% en masa o más, más preferentemente el 0,005% en masa o más.

<Espesor>

El espesor de la lámina de cobre no está especialmente limitado, pero generalmente es entre 5 y 150 μm . Preferentemente, el espesor del sustrato de lámina de cobre es entre 12 y 50 μm para facilitar el grabado y eliminación como se describe más adelante, asegurando al mismo tiempo la manejabilidad. Si el espesor del sustrato de lámina de cobre es inferior a 12 μm , es posible que se rompa fácilmente y tenga menos manejabilidad. Si el espesor supera 50 μm , el grabado y la eliminación pueden ser difíciles.

<Rugosidad media aritmética Ra de la superficie de la lámina de cobre>

Una proporción (Ra_1/Ra_2) entre una rugosidad media aritmética Ra_1 de la superficie de la lámina de cobre en una dirección de laminación y una rugosidad media aritmética Ra_2 de la superficie de la lámina de cobre en una dirección transversal a la dirección de laminación es de $0,7 \leq (Ra_1/Ra_2) \leq 1,3$.

Los presentes inventores estudiaron una lámina de cobre con una superficie lisa utilizando cobre sin alta pureza (con una pureza de más del 99,999 %) y descubrieron que cuando la superficie del sustrato de la lámina de cobre es electropulida a una profundidad de 0,5 μm o más, la (Ra_1/Ra_2) se encuentra entre 0,7 y 1,3, la anisotropía de Ra de la lámina de cobre disminuye y la superficie se vuelve lisa, de tal manera que la expansión del grafeno no se inhibe. Por ende, cuando la (Ra_1/Ra_2) supera 1,3 o es inferior a 0,7, la anisotropía de Ra de la lámina de cobre aumenta y el grafeno con una gran área no se expande. Preferentemente, la (Ra_1/Ra_2) es de $1,1 \leq (Ra_1/Ra_2) \leq 1,3$. El electropulido se puede llevar a cabo entre 8 y 15 V/cm^2 de 10 a 30 segundos, por ejemplo.

Además, los presentes inventores descubrieron que el sustrato de cobre se lamina al disminuir una diferencia entre la rugosidad en una dirección circunferencial y la rugosidad en una dirección de ancho en la superficie del rodillo utilizado en una pasada final de una laminación en frío final cuando la superficie del sustrato de cobre no es electropulida, proporcionando así un efecto equivalente al caso donde el electropulido se lleva a cabo a una profundidad de 0,5 μm o más. Esto se debe a que la superficie del rodillo se transfiere a la superficie del sustrato de lámina de cobre. Para disminuir la diferencia entre la rugosidad en la dirección circunferencial y la rugosidad en la dirección de ancho en la superficie del rodillo, la superficie del rodillo se muele con una rueda de esmeril y se pule. Por ejemplo, se puede utilizar el rodillo que tiene una proporción ($Ra_{1\text{roll}}/Ra_{2\text{roll}}$) entre una rugosidad media aritmética en una dirección circunferencial $Ra_{1\text{roll}}$ y una rugosidad media aritmética en una dirección de ancho $Ra_{2\text{roll}}$ que es de $0,8 \leq (Ra_{1\text{roll}}/Ra_{2\text{roll}}) \leq 1,2$.

Además, después del calentamiento a 1000 °C durante 1 hora en una atmósfera que contiene el 20 % en volumen o más de hidrógeno y argón de equilibrio, la proporción (Ra_1/Ra_2) es preferentemente de $0,8 \leq (Ra_1/Ra_2) \leq 1,2$. La condición de calentamiento descrita anteriormente es simulada para una condición de calentamiento de la lámina de cobre para producir grafeno a no menos de una temperatura de descomposición del gas que contiene carbono cuando se produce grafeno.

Las Ra_1 y Ra_2 de la superficie de la lámina de cobre se determinan mediante la medición de una rugosidad media aritmética (Ra ; μm) de acuerdo con JIS-B0601 utilizando un medidor de rugosidad de superficie láser sin contacto (un microscopio confocal fabricado por Lasertec Corporation, HD100D). La rugosidad se puede medir 10 veces en cada dirección, es decir, una dirección de laminación y una dirección transversal a la dirección de laminación en la condición donde una longitud de muestreo de medición es de 0,8 mm, una longitud de evaluación es de 4 mm, un valor de corte es de 0,8 mm y una velocidad de alimentación es de 0,1 mm/s.

<Brillo de 60 grados>

El brillo de 60 grados (JIS Z8741) de la lámina de cobre para producir grafeno es del 200 % o más tanto en una dirección de laminación como en una dirección transversal a la dirección de laminación.

Tal como se describe más adelante, después de que se produce el grafeno utilizando la lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con la presente invención, el grafeno debe ser transferido de la lámina de cobre a una lámina de transferencia. Se descubrió que cuando una superficie de la lámina de cobre es áspera, es difícil transferir el grafeno y el grafeno se rompe. Por lo tanto, es necesario que la irregularidad de la superficie de la lámina de cobre sea lisa.

Un límite superior del brillo de 60 grados en la dirección de laminación y la dirección transversal a la dirección de laminación no está especialmente limitado. Si el límite superior se establece en menos del 500 %, las condiciones de producción para la proporción de reducción de laminación pueden no ser estrictamente especificadas tras la producción de la lámina de cobre, por lo cual aumenta ventajosamente un grado de libertad de producción. Prácticamente, el límite superior de cada brillo de 60 grados en la dirección de laminación y la dirección transversal a la dirección de laminación es de aproximadamente el 800 %.

Además, para facilitar la transferencia del grafeno a la lámina de transferencia, la rugosidad media aritmética Ra_1 es de preferentemente 0,13 μm o menos.

Utilizando la lámina de cobre para producir grafeno según lo especificado anteriormente, el grafeno de gran área se puede producir a bajos costos y un rendimiento elevado.

<Producción de lámina de cobre para producir grafeno>

La lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con la realización de la presente invención se puede producir de la siguiente manera, por ejemplo: En primer lugar, se produce un lingote de cobre que tiene una composición predeterminada, se lamina en caliente, se recuece y se lamina en frío repetidas veces para proporcionar una lámina laminada. La lámina laminada se recuece para recristalizarse y, por último, se lamina en frío al espesor predeterminado de una reducción de laminación de entre el 80 y el 99,9 % (preferentemente entre el 85 y el 99,9 %, más preferentemente entre el 90 y el 99,9 %), proporcionando así un sustrato de lámina de cobre.

A continuación, la superficie del sustrato de lámina de cobre es electropulida a una profundidad de 0,5 μm o más. Mediante electropulido, se elimina un sulfuro en la superficie del sustrato de lámina de cobre. Cuando la lámina de cobre para producir grafeno se calienta a una temperatura a la cual un gas que contiene carbono se descompone o más, se logra una superficie lisa con menos protuberancias y hendiduras provocadas por el sulfuro.

El electropulido se lleva a cabo, preferentemente, utilizando diversas soluciones de ácido (por ejemplo, una solución de ácido sulfúrico y una solución de ácido fosfórico al 65 % + ácido sulfúrico al 10 % + agua al 25 % a un voltaje de aproximadamente 10 V/cm²).

Como alternativa, la lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con una realización de la presente invención se puede producir utilizando un rodillo que tiene una proporción (Ra_{1roll}/Ra_{2roll}) entre una rugosidad media aritmética en una dirección circunferencial Ra_{1roll} y una rugosidad media aritmética en una dirección de ancho Ra_{2roll} que es de $0,8 \leq (Ra_{1roll}/Ra_{2roll}) \leq 1,2$ en una pasada final de una laminación en frío final. De esta forma, la lámina de cobre se puede producir mediante la disminución de la proporción (cercana a 1,0) entre la rugosidad media aritmética Ra_1 de la superficie de la lámina de cobre en la dirección de laminación y la rugosidad media aritmética Ra_2 de la superficie de la lámina de cobre en la dirección transversal a la dirección de laminación.

Un valor de la Ra_{1roll}/Ra_{2roll} del rodillo se puede ajustar mediante pulido después de que el rodillo se somete a molienda cilíndrica típica. Además, el valor se puede ajustar mediante cromado duro (un espesor cromado de 5 μm o más) y luego mediante pulido después de que el rodillo se somete a molienda cilíndrica típica.

<Procedimiento para producir grafeno>

A continuación, con referencia a la figura 1, se describe un procedimiento para producir grafeno de acuerdo con la realización de la presente invención.

Primero, la lámina de cobre 10 descrita anteriormente para producir grafeno de la presente invención se coloca en una cámara (tal como una cámara de vacío) 100 y se calienta con un calentador 104. Al mismo tiempo, la presión en la cámara 100 se reduce o la cámara 100 se evacúa al vacío. Luego, un gas que contiene carbono G se agrega a la cámara 100 junto con un gas de hidrógeno a través de una entrada de suministro de gas 102 (figura 1(a)). Como el gas que contiene carbono G, se citan dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, etano, propano, etileno, acetileno, alcohol o similares, pero no está limitado a estos. Uno o más de estos gases se pueden mezclar. La lámina de cobre 10 para producir grafeno se puede calentar a una temperatura de descomposición del gas que contiene carbono G o más. Por ejemplo, la temperatura puede ser de 1000 °C o más. Como alternativa, el gas que contiene carbono G se puede calentar a la temperatura de descomposición o más dentro de la cámara 100 y el gas descompuesto se puede poner en contacto con la lámina de cobre 10 para producir grafeno.

En ese momento, cuando la lámina de cobre 10 para producir grafeno se calienta, la capa cromada de cobre se convierte en un estado semifundido y fluye hacia una parte cóncava en la superficie del sustrato de lámina de cobre, disminuyendo así las irregularidades en la superficie más elevada de la lámina de cobre 10 para producir grafeno.

Luego, la superficie lisa de la lámina de cobre 10 para producir grafeno entra en contacto con un gas de descomposición (un gas de carbono) para formar el grafeno 20 en la superficie de la lámina de cobre 10 para producir grafeno (véase la figura 1(b)).

5 Luego, la lámina de cobre 10 para producir grafeno se enfría a temperatura normal, una lámina de transferencia 30 se lamina en la superficie del grafeno 20 y el grafeno 20 se transfiere a la lámina de transferencia 30. A continuación, el laminado se sumerge continuamente en un tanque de grabado 110 mediante un rodillo de inmersión 120 y la lámina de cobre 10 para producir grafeno se elimina mediante grabado (figura 1 (c)). De esta forma, se puede producir el grafeno 20 laminado en la lámina de transferencia predeterminada 30.

10 Además, el laminado del cual se elimina la lámina de cobre 10 para producir grafeno se levanta y un sustrato 40 se lamina en el grafeno 20. Mientras el grafeno 20 se transfiere al sustrato 40, la lámina de transferencia 30 se elimina, mediante lo cual se puede producir el grafeno 20 laminado en el sustrato 40.

15 Como lámina de transferencia 30 se pueden utilizar diversas láminas de resina (una lámina de polímero, tal como polietileno, poliuretano, etc.). Como reactivo de grabado para grabar y eliminar la lámina de cobre 10 para producir grafeno, se puede utilizar una solución de ácido sulfúrico, una solución de persulfato de sodio, una solución de peróxido de hidrógeno y persulfato de sodio o una solución en la que se agrega ácido sulfúrico a peróxido de hidrógeno, por ejemplo. Como sustrato 40, se puede utilizar una aleación de Si, SiC, Ni o Ni, por ejemplo.

[Ejemplo]

<Preparación de muestra>

20 Se preparó cada lingote de cobre que tiene una composición que se muestra en la tabla 1, se laminó en caliente entre 800 y 900 °C y se recoció en una línea de recocido continua entre 300 y 700 °C y se laminó en frío, lo cual se repitió, para proporcionar una placa laminada. La placa laminada se recoció y se recristalizó en la línea de recocido continua entre 600 y 800 °C y, por último, se laminó en frío a un espesor de entre 7 y 50 μm para proporcionar cada sustrato de lámina de cobre que tiene un espesor que se muestra en la tabla 1.

25 En el ejemplo 10, se utilizó un rodillo con una proporción (Ra_{1roll}/Ra_{2roll}) entre una rugosidad media aritmética en una dirección circunferencial Ra_{1roll} y una rugosidad media aritmética en una dirección de ancho Ra_{2roll} de 1,05 en una pasada final de una laminación en frío final. El valor de la (Ra_{1roll}/Ra_{2roll}) del rodillo se ajustó mediante la exposición a molienda cilíndrica típica y, posteriormente, pulido.

Aquí, los equivalentes de película de aceite se ajustaron a los valores que se muestran en la tabla 1 en una pasada final de la laminación en frío final.

30 El equivalente de película de aceite está representado por la siguiente ecuación:

$$(\text{Equivalente de película de aceite}) = \{(\text{viscosidad de aceite de laminación, viscosidad cinética a } 40^\circ\text{C, cSt}) \times (\text{velocidad de laminación; m/min})\} / \{(\text{límite de fluencia del material; kg/mm}^2) \times (\text{ángulo de balanceo del espacio entre rodillos; radianes})\}$$

35 A una superficie de cada sustrato de lámina de cobre se le realizó electropulido utilizando una solución de ácido fosfórico al 65 % + ácido sulfúrico al 10 % + agua al 25 % a un voltaje de aproximadamente 10 V/cm² para producir cada lámina de cobre. Cada cantidad (profundidad) de electropulido se muestra en la tabla 1. La cantidad (profundidad) de electropulido se calculó del peso de una muestra antes y después del electropulido mediante enmascaramiento de un área (10 x 10 mm) a ser electropulida.

En el ejemplo 10 no se llevó a cabo electropulido.

40 <Medición del brillo de 60 grados G60>

45 Se midió el brillo de 60 grados de cada lámina de cobre (sustrato) en cada ejemplo y el ejemplo comparativo después de la laminación en frío final, el electropulido y el calentamiento a 1000 °C durante 1 hora en la atmósfera que contiene el 20 % en volumen o más de hidrógeno y argón de equilibrio después del electropulido. El calentamiento a 1000 °C durante 1 hora en una atmósfera que contiene el 20 % en volumen o más de hidrógeno y argón de equilibrio se simula para una condición para producir grafeno.

El brillo de 60 grados se midió utilizando un medidor de brillo de acuerdo con JIS-Z8741 (marca "PG-1 M" fabricado por Nippon Denshoku Industries Co., Ltd.).

<Medición de rugosidad de superficie (Ra, Rz, Sm)>

50 Se midió la rugosidad de superficie de cada lámina de cobre (sustrato) en cada ejemplo y el ejemplo comparativo después de la laminación en frío final, el electropulido y el calentamiento a 1000 °C durante 1 hora en la atmósfera que contiene el 20 % en volumen o más de hidrógeno y argón de equilibrio después del electropulido.

Se utilizó un medidor de rugosidad de superficie láser sin contacto (un microscopio confocal fabricado por Lasertec Corporation, HD100D) para medir una rugosidad media aritmética (R_a ; μm) de acuerdo con JIS-B0601. En cuanto a la profundidad de la fosa R_z , se midió una altura de diez puntos del perfil de rugosidad de acuerdo con JIS B0601-1994. En las condiciones de una longitud de muestreo de medición de 0,8 mm, una longitud de evaluación de 4 mm, un valor de corte de 0,8 mm y una velocidad de alimentación de 0,1 mm/s, se realizaron diez mediciones en paralelo con una dirección de laminación en diferentes posiciones de medición y se determinaron los valores de diez mediciones en cada dirección. En cuanto a la distancia media de las irregularidades (S_m ; mm), en las condiciones de una longitud de muestreo de medición de 0,8 mm, una longitud de evaluación de 4 mm, un valor de corte de 0,8 mm y una velocidad de alimentación de 0,1 mm/s, se realizaron diez mediciones en paralelo con una dirección de laminación en diferentes posiciones de medición y se determinaron los valores de diez mediciones en cada dirección. La S_m se define como "ancho medio de los elementos de perfil" por JIS B0601-2001 (de acuerdo con ISO4287-1997) que representa una textura de superficie a través de un procedimiento de curva de perfil y se refiere a un promedio de longitudes de perfil de irregularidades respectivas en una longitud de muestreo.

En las tablas, "RD" representa cada rugosidad de superficie en una dirección de laminación y "TD" representa cada rugosidad de superficie en una dirección de laminación y una dirección transversal a la dirección de laminación.

<Producción de grafeno>

La lámina de cobre para producir grafeno (horizontal y vertical 100 x 100 mm) en cada ejemplo se colocó en una cámara de vacío y se calentó a 1000 °C. Al vacío (presión: 0,2 Torr), se introdujeron gas de hidrógeno y gas de metano en la cámara de vacío (velocidad de flujo de gas introducido: entre 10 y 100 cc/min), la lámina de cobre se calentó a 1000 °C durante 30 minutos y se mantuvo durante 1 hora para expandir grafeno en la superficie de la lámina de cobre.

En cada ejemplo, se intentó producir grafeno diez veces en las condiciones descritas anteriormente y la superficie de la lámina de cobre se observó mediante el microscopio de fuerza atómica (AFM, por sus siglas en inglés) para observar el grafeno. Cuando se observaron irregularidades similares a incrustaciones en toda la superficie a través del AFM, se pudo producir grafeno. En función de la cantidad de veces de la producción de grafeno cuando se intentó producir grafeno diez veces, se evaluó el rendimiento mediante la siguiente clasificación: La clasificación "excelente", "bueno" o "regular" puede no tener problemas prácticos.

Excelente: se produjo grafeno cinco veces o más, cuando se intentaba producir grafeno diez veces

Bueno: se produjo grafeno cuatro veces, cuando se intentaba producir grafeno diez veces

Regular: se produjo grafeno tres veces, cuando se intentaba producir grafeno diez veces

Malo: se produjo grafeno dos veces o menos, cuando se intentaba producir grafeno diez veces

Las tablas 1 y 2 muestran el resultado obtenido. En las tablas 1 y 2, $G60_{RD}$ y $G60_{TD}$ representan brillo de 60 grados en una dirección de laminación y una dirección transversal a la dirección de laminación, respectivamente.

También en la tabla 1, "TPC" representa cobre refinado con contenido de oxígeno de acuerdo con JIS-H3100. "OFC" en el ejemplo 13 representa cobre libre de oxígeno de acuerdo con JIS-H3100. OFC en los ejemplos de 14 a 17 representa cobre libre de oxígeno de acuerdo con JIS-H3510.

En vista de esto, "OFC + Sn 1200 ppm" representa que se agregó 1200 ppm en peso de Sn al cobre libre de oxígeno de acuerdo con JIS-H3100.

[Tabla 1]

	Composición (wtppm)	Equivalente de película de aceite en la pasada final de la laminación en frío final	Espesor (μm)	Propiedades después de la laminación final										Cantidad de electropulido (un lado) (μm)
				Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (μm)			Rugosidad de superficie (μm) TD				Ra ₁ /Ra ₂	
						RD								
						G60 _{rd}	G60 _{td}	Ra ₁	R _t	R _{sm}	Ra ₂	R _t		
Ej. 1	TPC	21.000	18	138	123	0,141	1,355	13,246	0,109	0,955	18,864	1,294	1,0	
Ej. 2	TPC	21.000	35	135	126	0,162	1,204	14,311	0,125	0,970	19,796	1,296	1,9	
Ej. 3	TPC	21.000	35	135	126	0,162	1,204	14,311	0,125	0,970	19,796	1,296	5,0	
Ej. 4	TPC	21.000	35	135	126	0,162	1,204	14,311	0,125	0,970	19,796	1,296	7,8	
Ej. 5	TPC	21.000	50	130	122	0,141	1,343	14,543	0,112	0,998	19,456	1,259	0,6	
Ej. 6	TPC+Ag190ppm	21.000	18	123	128	0,134	1,102	11,367	0,105	0,923	15,512	1,276	0,9	
Ej. 7	TPC+Ag190ppm	21.000	35	120	134	0,135	0,902	11,963	0,104	0,834	15,460	1,298	2,1	
Ej. 8	TPC+Ag190ppm	21.000	35	120	134	0,135	0,902	11,963	0,104	0,834	15,460	1,298	4,8	
Ej. 9	TPC+Ag190ppm	21.000	35	120	134	0,135	0,902	11,963	0,104	0,834	15,460	1,298	7,9	
Ej. 10	TPC+Ag190ppm	21.000	35	139	135	0,131	1,357	11,998	0,110	1,104	14,857	1,191	0	
Ej. 11	TPC+Ag190ppm	21.000	50	119	122	0,149	1,488	12,258	0,121	1,258	16,337	1,231	1,1	
Ej. 12	TPC+Ag100ppm	21.000	35	125	129	0,132	1,246	12,007	0,105	1,003	15,843	1,257	0,8	
Ej. 13	TPC+Ag300ppm	21.000	35	122	127	0,128	1,212	12,282	0,099	0,987	15,745	1,293	0,8	
Ej. 14	OFC	23.000	35	135	139	0,158	1,178	13,528	0,121	0,952	16,228	1,306	1,0	
Ej. 15	OFC+Ag100ppm	23.000	35	120	125	0,141	1,382	12,141	0,114	0,995	16,854	1,237	0,9	
Ej. 16	OFC+Ag190ppm	23.000	35	118	123	0,138	1,354	12,817	0,111	0,992	16,541	1,243	0,9	
Ej. 17	OFC+Sn50ppm	23.000	35	136	134	0,163	1,182	12,950	0,124	0,979	16,300	1,315	1,1	
Ej. 18	OFC+Sn300ppm	23.000	35	133	138	0,159	1,155	13,241	0,122	1,004	16,864	1,303	1,1	
Ej. 19	OFC+Sn470ppm	23.000	35	140	148	0,165	1,181	13,212	0,125	0,949	15,802	1,320	1,0	
Ej. 20	OFC+Sn1200ppm	23.000	35	143	151	0,142	0,993	11,535	0,105	0,955	14,213	1,352	1,0	

(continuación)

	Composición (wtppm)	Equivalente de película de aceite en la pasada final de la laminación en frío final	Espesor (µm)	Propiedades después de la laminación final											Cantidad de electropulido (un lado) (µm)
				Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (µm) RD				Rugosidad de superficie (µm) TD				Ra ₁ /Ra ₂	
						G60 _{rd}	G60 _{ld}	Ra ₁	R _t	R _{sm}	Ra ₂	R _t	R _{sm}		
Ej. 21	OFC+Ag10ppm	23.000	35	123	128	0,147	1,380	12,342	0,112	0,990	16,314	1,313	1,0		
Comp. Ej. 1	TPC	32.000	35	96	102	0,237	1,804	10,147	0,170	1,420	12,400	1,394	0		
Comp. Ej. 2	TPC	32.000	35	96	102	0,237	1,804	10,147	0,170	1,420	12,400	1,394	0,2		
Comp. Ej. 3	TPC+Ag190ppm	32.000	35	92	97	0,253	1,902	9,963	0,181	1,151	11,324	1,398	0		
Comp. Ej. 4	TPC+Ag190ppm	32.000	35	92	97	0,253	1,902	9,963	0,181	1,151	11,324	1,398	0,4		
Comp. Ej. 5	TPC+Ag100ppm	18.000	35	380	198	0,056	0,368	11,385	0,088	0,951	10,877	0,636	0		
Comp. Ej. 6	OFC	30.000	18	108	113	0,236	1,723	10,886	0,172	1,404	12,222	1,372	0		
Comp. Ej. 7	OFC	30.000	18	108	113	0,236	1,723	10,886	0,172	1,404	12,222	1,372	0,2		
Comp. Ej. 8	OFC+Sn1200ppm	30.000	35	117	122	0,248	1,702	10,410	0,178	1,396	12,868	1,393	0		
Comp. Ej. 9	OFC+Sn1200ppm	30.000	35	117	122	0,248	1,702	10,410	0,178	1,396	12,868	1,393	0,2		
Comp. Ej. 10	OFC+Sn1200ppm	23.000	35	140	148	0,142	1,181	13,212	0,105	0,949	15,802	1,352	0		
Comp. Ej. 11	OFC+Sn1200ppm	23.000	35	140	148	0,142	1,181	13,212	0,105	0,949	15,802	1,352	0,2		

(continuación)

	Composición (wtppm)	Equivalente de película de aceite en la pasada final de la laminación en frío final	Espesor (μm)	Propiedades después de la laminación final										Cantidad de electropulido (un lado) (μm)	
				Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (μm) RD				Rugosidad de superficie (μm) TD					Ra ₁ /Ra ₂
						G60 _{rd}	G60 _{ld}	Ra ₁	R _t	R _{sm}	Ra ₂	R _t	R _{sm}		
Comp. Ej. 12	OFC+Sn1200ppm	23.000	35	140	148	0,142	1,181	13,212	0,105	0,949	15,802	1,352	0,2		
Comp. Ej. 13	TPC	32.000	18	102	110	0,225	1,774	10,008	0,167	1,389	12,115	1,347	0,3		

[Tabla 2]

	Propiedades después del electropulido										Propiedades después del calentamiento a 1000 °C										Rendimiento del grafeno
	Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (µm) RD			Rugosidad de superficie (µm) TD			Ra ₁ /R _{a2}		Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (µm) RD			Rugosidad de superficie (µm) TD			Ra ₁ /R _{a2}		
			G60 _R D	G60 _T D	Ra ₁	R _t	R _{sm}	Ra ₂					R _t	R _{sm}	Ra ₁	R _t	R _{sm}	Ra ₂			
Ej. 1	266	270	0,117	0,987	16,258	0,938	22,446	1,258	275	281	0,098	0,852	19,343	0,951	22,714	1,140	Excelente				
Ej. 2	273	274	0,108	0,889	12,036	0,991	21,374	1,187	270	277	0,106	0,843	20,242	1,205	23,920	0,855	Excelente				
Ej. 3	339	347	0,038	0,540	19,454	0,705	21,952	0,950	248	253	0,135	1,820	26,510	1,246	31,006	1,063	Regular				
Ej. 4	321	325	0,062	0,585	20,290	0,735	22,997	0,984	257	262	0,134	1,066	26,890	1,138	25,932	0,971	Regular				
Ej. 5	265	277	0,125	0,996	17,874	0,954	23,432	1,263	264	268	0,113	0,975	19,222	1,04	23,226	1,087	Excelente				
Ej. 6	279	284	0,110	0,952	18,446	0,903	24,665	1,236	271	275	0,101	0,880	18,567	0,864	19,338	1,174	Excelente				
Ej. 7	318	321	0,075	0,490	16,140	0,629	24,407	1,271	311	318	0,071	0,502	17,353	0,060	19,747	1,183	Excelente				
Ej. 8	332	337	0,041	0,355	22,472	0,32	22,863	1,281	328	335	0,062	0,557	22,677	0,058	17,085	1,069	Bueno				
Ej. 9	338	342	0,043	0,554	19,121	0,562	25,394	0,915	345	349	0,045	0,554	19,121	0,050	21,932	0,900	Bueno				
Ej. 10	139	135	0,131	1,357	11,998	1,10	14,857	1,191	184	181	0,123	1,156	18,775	1,05	20,884	1,171	Excelente				
Ej. 11	287	291	0,104	0,873	19,468	0,831	25,970	1,182	308	313	0,093	0,879	18,747	0,085	21,200	1,094	Excelente				
Ej. 12	277	281	0,113	0,910	15,988	0,898	22,535	1,202	305	311	0,090	0,933	18,554	0,082	21,121	1,098	Excelente				
Ej. 13	275	277	0,111	0,902	16,227	0,885	23,412	1,133	306	312	0,088	0,988	18,314	0,084	22,475	1,048	Excelente				
Ej. 14	269	273	0,123	0,951	16,286	0,109	23,800	1,128	298	309	0,088	0,642	18,522	0,086	22,804	1,023	Excelente				
Ej. 15	272	277	0,108	0,877	19,521	0,847	24,112	1,200	301	315	0,088	0,955	17,258	0,081	21,147	1,086	Excelente				
Ej. 16	274	280	0,105	0,875	19,224	0,822	25,553	1,193	309	318	0,082	0,941	17,963	0,077	21,369	1,065	Excelente				

(continuación)

	Propiedades después del electroluido										Propiedades después del calentamiento a 1000 °C										Rendimiento del grafeno			
	Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (µm) RD				Rugosidad de superficie (µm) TD				Ra ₁ /R _{a2}		Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (µm) RD				Rugosidad de superficie (µm) TD				Ra ₁ /R _{a2}	
			G60 RD	273	Ra ₁	R _t	R _{sm}	Ra ₂	R _t	R _{sm}			G60 _R _D	300	G60 _T _D	304	Ra ₁	R _t	R _{sm}	Ra ₂		R _t		R _{sm}
Ej. 17	273	282	0,128	0,974	16,143	0,113	0,960	23,434	0,960	0,937	23,667	1,045	0,090	0,925	18,645	0,083	0,844	23,010	1,084	Excelente				
Ej. 18	281	285	0,115	1,032	16,444	0,110	0,937	23,667	0,937	0,937	23,667	1,045	0,097	1,108	19,487	0,092	0,976	23,579	1,054	Excelente				
Ej. 19	285	288	0,109	1,003	16,879	0,096	0,922	23,161	0,922	0,922	23,161	1,135	0,091	0,852	18,455	0,088	0,833	23,002	1,034	Excelente				
Ej. 20	288	292	0,103	0,954	17,141	0,091	0,902	23,868	0,902	0,902	23,868	1,132	0,087	0,924	19,446	0,082	0,877	23,468	1,061	Excelente				
Ej. 21	270	275	0,114	0,896	18,424	0,098	0,958	23,103	0,958	0,958	23,103	1,163	0,089	0,851	18,322	0,083	0,784	22,653	1,072	Excelente				
Comp. Ej. 1	96	102	0,236	1,804	10,147	0,172	1,420	12,400	1,420	1,420	12,400	1,372	0,198	0,985	19,548	0,162	1,122	20,414	1,222	Malo				
Comp. Ej. 2	100	106	0,230	1,444	14,253	0,169	1,273	16,135	1,273	1,273	16,135	1,361	0,189	1,588	20,147	0,155	1,050	22,877	1,219	Malo				
Comp. Ej. 3	92	97	0,252	1,902	9,963	0,181	1,151	11,324	1,151	1,151	11,324	1,392	0,218	1,018	20,692	0,168	0,993	23,456	1,298	Malo				
Comp. Ej. 4	98	100	0,237	1,371	15,641	0,168	1,278	18,567	1,278	1,278	18,567	1,411	0,207	1,600	21,345	0,160	1,437	23,850	1,294	Malo				
Comp. Ej. 5	380	198	0,056	0,368	11,385	0,088	0,951	10,877	0,951	0,951	10,877	0,636	0,054	0,681	17,225	0,072	0,841	20,117	0,750	Malo				
Comp. Ej. 6	108	113	0,236	1,723	10,886	0,172	1,404	12,222	1,404	1,404	12,222	1,372	0,192	1,647	23,147	0,158	1,495	21,013	1,215	Malo				
Comp. Ej. 7	114	117	0,223	1,688	11,487	0,161	1,405	13,336	1,405	1,405	13,336	1,385	0,190	1,641	24,001	0,152	1,506	23,002	1,250	Malo				
Comp. Ej. 8	117	122	0,249	1,702	10,410	0,178	1,396	12,868	1,396	1,396	12,868	1,399	0,218	1,633	23,878	0,169	1,500	23,510	1,290	Malo				
Comp. Ej. 9	121	127	0,238	1,621	12,004	0,175	1,477	14,550	1,477	1,477	14,550	1,360	0,198	1,602	23,474	0,159	1,313	24,011	1,245	Malo				

(continuación)

	Propiedades después del electropulido										Propiedades después del calentamiento a 1000 °C										Rendimiento del grafeno			
	Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (µm) RD				Rugosidad de superficie (µm) TD				Ra./R a ₂		Brillo de 60 grados		Rugosidad de superficie (µm) RD				Rugosidad de superficie (µm) TD				Ra./R a ₂	
			Ra ₁		R _t		R _{sm}		Ra ₂				R _t		R _{sm}		Ra ₁		R _t			R _{sm}		
			G60 RD	G60 TD																				
Comp. Ej. 10	140	148	0,142	1,181	13,212	0,105	0,949	15,80 2					155	159	0,128	1,602	23,474	0,099	1,313	24,011			1,293	Malo
Comp. Ej. 11	144	152	0,138	1,158	14,468	0,103	0,949	15,80 2					133	139	0,118	1,602	23,474	0,093	1,313	24,011			1,269	Malo
Comp. Ej. 12	144	152	0,138	1,158	14,468	0,103	0,949	15,80 2					133	139	0,118	1,602	23,474	0,093	1,313	24,011			1,269	Malo
Comp. Ej. 13	108	113	0,208	1,687	14,285	0,149	1,367	17,41 2					113	118	0,187	1,610	19,885	0,144	1,331	23,187			1,299	Malo

Tal como resulta evidente a partir de las tablas 1 y 2, en cada uno de los ejemplos de 1 a 9, de 11 a 20 en los que se realizó electropulido de la superficie de la lámina de cobre a una profundidad de 0,5 μm o más y en el ejemplo 10 en el que se utilizó el rodillo mediante la disminución de una diferencia entre la rugosidad en una dirección circunferencial y la rugosidad en una dirección de ancho en una pasada final de una laminación en frío final, se satisfizo $0,7 \leq (Ra_1/Ra_2) \leq 1,3$. Por ende, el rendimiento de producción del grafeno fue alto.

5

Por otra parte, en cada uno de los ejemplos comparativos 1, 3, 5, 7, 9 y 10 en los que a la superficie de la lámina de cobre no se le realizó electropulido y en cada uno de los ejemplos comparativos 2, 4, 6, 8, 11 y 13 en los que la cantidad del electropulido fue inferior a 0,5 μm , no se satisfizo $0,7 \leq (Ra_1/Ra_2) \leq 1,3$. Por ende, el rendimiento de producción del grafeno fue bajo. En el ejemplo comparativo 13, se realizó electropulido de la superficie de la lámina de cobre en las condiciones de electropulido similares a las descritas en las referencias distintas de las de patentes 2 descritas anteriormente (una solución de ácido fosfórico al 65 % + ácido sulfúrico al 10 % + agua al 25 % a un voltaje de aproximadamente 10 V/cm^2) durante 30 minutos.

10

La figura 2 (a) es una micrografía confocal de la superficie de la muestra en el ejemplo 6 después de que la muestra finalmente se laminó en frío, la figura 2 (b) es una micrografía confocal de la superficie de la muestra en el ejemplo 6 después del electropulido, y la figura 2 (c) es una micrografía confocal de la superficie de la muestra en el ejemplo 6 calentada a 1000 $^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora después del electropulido. Muestra que el electropulido permite que la rugosidad y la fosa en la superficie de la lámina de cobre se alisen y que el valor de (Ra_1/Ra_2) disminuya, disminuyendo así la anisotropía.

15

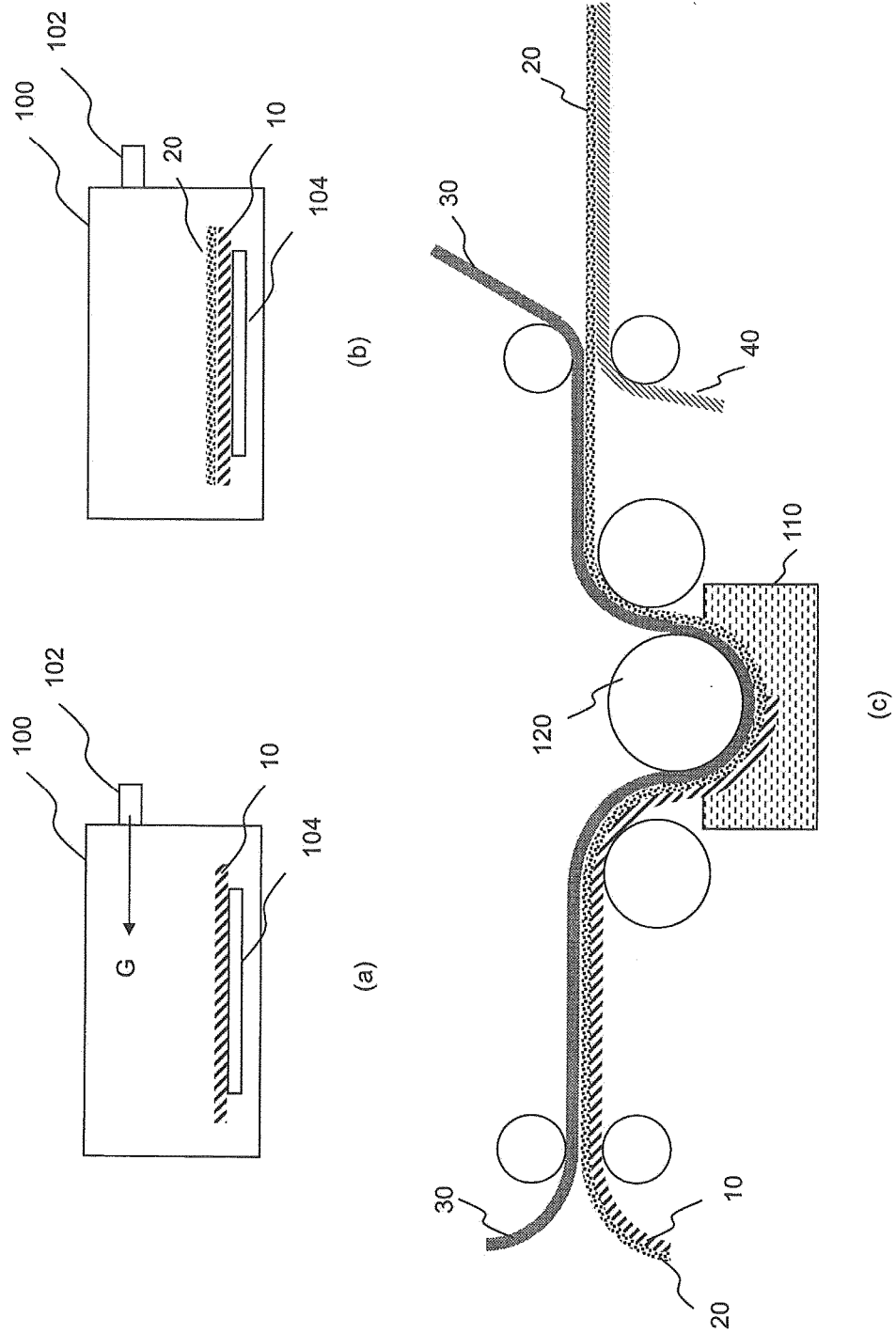
[Explicación de los números de referencia]

20	10	lámina de cobre para producir grafeno
	20	grafeno
	30	lámina de transferencia

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de cobre para producir grafeno que consiste en cobre refinado con contenido de oxígeno de acuerdo con JIS-H3100, o que consiste en cobre libre de oxígeno de acuerdo con JIS-H3100, o que contiene entre el 0,001 % en masa y el 0,15 % en masa de uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Sn y Ag en el cobre refinado con contenido en oxígeno o el cobre libre de oxígeno,
5 que tiene un espesor de entre 18 y 50 μm , **caracterizada por** tener un brillo de 60 grados en una dirección de laminación y un brillo de 60 grados en una dirección transversal a la dirección de laminación del 200 % o más a menos del 500 %, y por tener una proporción (R_{a1}/R_{a2}) entre una rugosidad media aritmética R_{a1} en la dirección de laminación y una rugosidad media aritmética R_{a2} en la dirección transversal a la dirección de laminación de $0,7 \leq (R_{a1}/R_{a2}) \leq 1,3$.
10
2. La lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la proporción (R_{a1}/R_{a2}) es de $0,8 \leq (R_{a1}/R_{a2}) \leq 1,2$ después del calentamiento a 1000 °C durante 1 hora en una atmósfera con el 20 % en volumen o más de hidrógeno y argón de equilibrio.
- 15 3. Un procedimiento de producción de la lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, electropoliendo una superficie de un sustrato de lámina de cobre a 0,5 μm o más en una dirección de profundidad.
4. Un procedimiento de producción de la lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, laminando con un rodillo con una proporción ($R_{a1\text{roll}}/R_{a2\text{roll}}$) entre una rugosidad media aritmética en una dirección circunferencial $R_{a1\text{roll}}$ y una rugosidad media aritmética en una dirección de ancho $R_{a2\text{roll}}$ que es de $0,8 \leq (R_{a1\text{roll}}/R_{a2\text{roll}}) \leq 1,2$ en una pasada final de una laminación en frío final.
20
5. Un procedimiento de producción de grafeno utilizando la lámina de cobre para producir grafeno de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende las etapas de:
proporcionar un gas que contiene hidrógeno y carbono mientras se coloca la lámina de cobre calentada en una cámara para formar grafeno en una superficie de la lámina de cobre para producir grafeno;
25 laminar una lámina de transferencia en la superficie del grafeno, y grabar y eliminar la lámina de cobre para producir grafeno mientras se transfiere el grafeno a la lámina de transferencia.

[Fig. 1]



[Fig. 2]

