

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 980**

51 Int. Cl.:

F27B 9/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2015** **E 15162545 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018** **EP 2930723**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para tratar un alambre**

30 Prioridad:

07.04.2014 AT 502632014

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

17.07.2019

73 Titular/es:

**P & F MASCHINENBAU GMBH (100.0%)
Schwarzhubergasse 8
3002 Purkersdorf, AT**

72 Inventor/es:

PASCHER, GERALD

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 719 980 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para tratar un alambre

La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para tratar un alambre, en particular un alambre de aluminio, en el que, en un dispositivo de recubrimiento para aplicar al menos una capa de un recubrimiento sobre el alambre, se aplica al menos una capa de un material de recubrimiento sobre el alambre y la capa aplicada se seca o endurece a continuación en un horno secador para secar o endurecer la capa aplicada, en el que el alambre, antes de la aplicación de la capa y para la recristalización del alambre, es transportado a través de un horno de recocido separado del horno secador, el cual está dispuesto en la dirección de avance del alambre antes del horno secador y que está configurado para la recristalización del alambre.

En particular, la invención se refiere tanto a la preparación de un alambre previamente trefilado sobre un recubrimiento como a la aplicación del recubrimiento, siendo el alambre un alambre desnudo no recubierto, cuya microestructura metálica se ha distorsionado debido a la deformación plástica del alambre durante el trefilado, de modo que presenta una ductilidad o tenacidad correspondientemente disminuida. En cuanto al recubrimiento, pueden aplicarse sobre el alambre uno o varios materiales de recubrimiento en varias capas y/o como composición de recubrimiento. Como materiales de recubrimiento se consideran cualquier barniz o resina sintética habitualmente usado en el recubrimiento o esmaltado de alambres, en particular poliesterimida (PEI) y/o poliamidimida (PAI). El horno secador (con frecuencia también denominado horno de recubrimiento, horno calcinador o, del inglés, "curing oven") está configurado para secar y endurecer el recubrimiento. A este respecto, los disolventes contenidos en la película de barniz se evaporan, cargan el entorno directo y son evacuados, hasta que, finalmente, el polímero que queda se "reticula" o endurece contra la superficie del alambre. Tras la aplicación de la última capa de recubrimiento, el alambre habitualmente se enfría y es transportado hasta un dispositivo de arrollado para la retirada del alambre acabado.

Actualmente, en instalaciones de alambre barnizado, el recocido en línea de alambres de cobre se realiza en tubos de recocido (o perfiles) calentados térmicamente, por los que pasan gases de protección tales como vapor de agua (o nitrógeno). Tales tubos de recocido se muestran, por ejemplo, en los documentos EP 0 448 999 A2 y DE 31 18 839 A1. El aporte de calor al alambre se realiza, en tales tubos de recocido, por convección a través del propio movimiento del alambre a través de la atmósfera de gas protector, a través de irradiación de calor entre la pared interna del tubo de recocido y el alambre y, finalmente, a través de conducción de calor entre la pared interna del tubo de recocido y el alambre que se encuentra en contacto directo con la misma (alambre en rozamiento). El aporte de calor por conducción de calor es, a este respecto, dominante. El contacto entre el alambre y la pared del tubo es en este caso incluso necesario para crear, a las altas velocidades de paso, de hecho las tasas de transporte de calor requeridas. La abrasión y el daño de la superficie del alambre de cobre por el contacto con la pared del tubo son muy bajos. El vapor de agua adopta la función de gas protector contra la oxidación del cobre y, a la vez, de limpieza de restos de lubricante del alambre desnudo previamente trefilado. Los intentos de recocer alambres de aluminio con tales sistemas de tubos de recocido han fracasado una y otra vez. El aluminio tiene un punto de fusión esencialmente inferior (660 °C) al del cobre (1083 °C) y, debido al material, es mucho más blando. Un contacto directo del alambre de aluminio en rápido movimiento con la pared interna del tubo de recocido lleva, a temperaturas correspondientes, a una abrasión y a un daño importantes de la superficie del alambre y, finalmente, a una pronta obstrucción de los tubos de recocido. Debido a la gran longitud de los tubos de recocido habituales (~15 m) y a sus diámetros relativamente pequeños (25 mm) es prácticamente inevitable un contacto entre el alambre y la pared del tubo. El aluminio presenta a este respecto, en comparación con el cobre, una temperatura de recristalización inferior, pero también una menor conductividad térmica. A las altas velocidades de paso de los alambres de aluminio se requerirían, para su procedimiento de calentamiento, correspondientemente altas temperaturas de recocido, lo que haría imposible un funcionamiento de producción libre de perturbaciones. En el procedimiento de procesamiento convencional para el recubrimiento de alambres de aluminio en instalaciones para alambres barnizados se intenta, por lo tanto, generalmente, implementar procedimientos importantes tales como un recocido por recristalización del metal del alambre, una limpieza térmica de la superficie de metal del alambre de restos de lubricante orgánicos firmemente adheridos y un secado al horno de las películas de barniz en un mismo horno. Por ejemplo, el documento CN 102074308 A describe un dispositivo y un procedimiento para fabricar alambres de aluminio barnizados, efectuándose el recocido de los alambres no barnizados y el endurecimiento tras la aplicación del barniz en un mismo horno. Sin embargo, el problema a este respecto es, ahora, que estos procedimientos requieren, por motivos físicos y termodinámicos, para su desarrollo completo, temperaturas del alambre diferentes. Puesto que tanto las pistas de alambre que son de recocido blando (es decir las bandas o secciones del alambre en el horno) como las pistas de alambre que han de recubrirse presentan necesariamente el mismo tiempo de permanencia en el horno a las mismas condiciones de horno, se forman ahora, sin embargo, a lo largo de las pistas de alambre individuales, los mismos perfiles de temperatura. Los diferentes procedimientos no pueden coordinarse por tanto desde el punto de vista de la técnica de procedimientos: en esta forma del desarrollo del procedimiento se produce el primer recubrimiento de los alambres de aluminio con frecuencia en alambres desnudos no totalmente recristalizados con una blandura muy variable y, como resultado de ello, con capas de lubricante no totalmente limpiadas. Para lograr, pese a ello, un mínimo de recristalización, la temperatura en el horno debe ser superior que la realmente adecuada para el secado. Además, para la evacuación del disolvente evaporado, el aire tiene que intercambiarse constantemente en el horno y, por tanto, volver a calentarse constantemente aire de alimentación fresco. Aparte del coste energético asociado con ello, las diferencias de blandura que no pueden controlarse entre

las pistas de alambre individuales conducen a diferentes tensiones de tracción de alambre, que a su vez pueden provocar roturas del alambre y paradas de producción. Debido a la limpieza térmica insuficiente de las pistas de alambre desnudo se produce, además, generalmente una adhesión insuficiente del barniz a la superficie del alambre. Para garantizar la capacidad de adhesión del barniz, también se aplica por tanto la mayoría de las veces, antes de la aplicación del barniz de recubrimiento propiamente dicho, un denominado "recubrimiento de imprimación" como interfaz de adhesión. Independientemente del coste adicional, los barnices de "imprimación" presentan clases de aislamiento térmico muy bajas, con lo cual queda automáticamente restringida la aplicabilidad del alambre acabado en bobinas y arrollamientos cargados a menudo térmicamente. Tal alambre barnizado de aluminio solo puede utilizarse, por lo tanto, de manera limitada y, por lo tanto, también es solicitado de manera limitada. Si, a la inversa, se ajusta una temperatura superior en el horno, para lograr una mejor recristalización y limpieza, las pistas recubiertas se sobretensionan necesariamente, lo que conduce a un alambre no correctamente secado al horno y de calidad de recubrimiento igualmente menor.

El documento JP H05-325684 A muestra un procedimiento de barnizado para alambres de cobre con un horno de recocido, en el que el alambre todavía blando se barniza tras el recocido y para el endurecimiento del alambre se usa la propia energía calorífica irradiada.

El documento CN 103000313 A muestra una máquina de barnizado vertical, en la que un alambre es transportado desde un equipo de desbobinado a través de un equipo de recocido, un recipiente de tinta y un horno secador separado.

El documento CN 103258600 A se refiere a un procedimiento de barnizado para alambres de aluminio, en el que los alambres son recocidos en un procedimiento de tres capas a temperaturas diferentes. A continuación se aplica una capa de imprimación y una capa de barniz directamente sobre el alambre y se endurecen en un horno secador.

Por último, el documento JP S59-28530 A muestra un procedimiento de fabricación para alambres de cobre o aluminio barnizados, en el que el alambre trefilado se hace pasar, a una velocidad de barnizado constante, de manera continua a través de un sistema de recocido en línea y se recuece. Tras el horno de recocido, el alambre se recubre con barniz, que a continuación se endurece en un horno secador propio.

Por consiguiente, el objetivo de la invención es crear un procedimiento del tipo expuesto al principio, con el cual pueda fabricarse un alambre de alta calidad con una blandura máxima, de manera segura en cuanto al procedimiento y en particular sin imprimador como interfaz de adhesivo que disminuya la calidad del producto. El procedimiento evitará en gran medida, además, un calentamiento de vapores de disolventes perjudicial para la seguridad de procedimiento y reducirá, a la vez, el consumo de energía asociado con el procedimiento o el dispositivo.

Para conseguir este objetivo está previsto de acuerdo con la invención que el alambre sea transportado en el horno de recocido a través de una corriente esencialmente cerrada en sí misma de un gas caliente, en particular una corriente de aire circulante. Por consiguiente, en el dispositivo del tipo expuesto al principio, el objeto planteado se consigue por que el horno de recocido está configurado preferentemente para el calentamiento por convección del alambre por medio de un gas calentado, movido en un circuito esencialmente cerrado, en particular por medio de aire caliente. El horno de recocido (o simplemente recocedor o del inglés "annealer") está configurado preferentemente para el calentamiento sin contacto del alambre, de modo que ni siquiera un alambre de un material con una temperatura de ablandamiento relativamente baja resulte dañado en el horno de recocido. El hecho de que el horno de recocido esté previsto por separado del horno secador significa, en este contexto, que el horno de recocido está separado espacial y térmicamente del horno secador y presenta un suministro de calor independiente, en particular un elemento calefactor autónomo o una unidad generadora de calor autónoma. La disposición del horno de recocido en la dirección de avance del alambre antes del horno secador es, evidentemente, independiente de la disposición geométrica de ambos hornos y tan solo significa que, en el transcurso de la fabricación de un alambre recubierto, una sección del alambre que va a tratarse pasa primero por el horno de recocido, es decir que es transportada por el horno de recocido, antes de que esta misma sección pase por el horno secador. El horno de recocido está ajustado, por lo que respecta a la temperatura o al perfil de temperatura que se genera en el horno de recocido y que se aplica al alambre, de tal manera que se logra una recristalización óptima de la microestructura metálica del alambre. La recristalización tiene lugar, como es conocido, por encima de una temperatura que depende del material del alambre, la cual puede ser elegida adecuadamente por el experto en la técnica con esta finalidad y el horno de recocido puede ajustarse de manera correspondiente. El alambre se recubre preferentemente tras salir por última vez del horno de recocido y antes de entrar por primera vez en el horno secador. Gracias al horno de recocido separado pueden ajustarse las condiciones de procedimiento y la transmisión de calor lograda en ambos hornos, es decir el horno secador y el horno de recocido, de manera independiente y optimizada para el objetivo correspondiente. Otra ventaja de los hornos separados es que, de este modo, resulta posible una alta temperatura de entrada del alambre en el horno de recocido, porque no son de temer vapores de disolventes, y el alambre no tiene que enfriarse todavía tras el trefilado. Gracias a la corriente cerrada o al aire circulante, el horno de recocido presenta una descarga de aire de procedimiento especialmente reducida así como una menor necesidad de suministro de aire nuevo en comparación con un horno configurado para el secado de un recubrimiento de alambre. El calentamiento –de lo contrario necesario– del aire nuevo suministrado puede omitirse por tanto al menos en su mayor parte, lo que disminuye el consumo de energía asociado con el procedimiento o el dispositivo. Además,

5 el horno de recocido posibilita un procedimiento de reconocido del alambre separado con mayores tasas de transporte que en el posterior horno secador. La corriente del gas caliente puede estar dirigida en contra de la dirección de avance del alambre. Las mayores tasas de transporte en el horno de recocido se consiguen por un mayor nivel de temperatura y –en particular en caso de corriente dirigida en contra de la dirección de avance del alambre– por una mejor transferencia de calor por convección por medio de un adecuado control de la corriente.

Además, resulta favorable que el horno de recocido pueda controlarse independientemente del horno secador para ajustar perfiles de temperatura diferentes y correspondientes temperaturas de alambre. El consumo de energía asociado a la generación del respectivo perfil de temperatura puede optimizarse en este caso al respectivo objetivo del horno.

10 A este respecto resulta especialmente ventajoso que el alambre se caliente en el horno secador hasta una temperatura de alambre comparativamente más baja que en el horno de recocido. Por consiguiente, en el funcionamiento, la temperatura promedio en el horno de recocido es, de manera favorable, superior a la temperatura promedio en el horno secador. Debido a la diferencia de temperatura entre el horno secador y el horno de recocido pueden lograrse en ambos hornos también, a la misma velocidad del alambre, es decir pasando la misma cantidad
15 de alambre a través de los mismos, diferentes temperaturas de alambre. Debido a la menor temperatura en el horno secador pueden reducirse pérdidas de temperatura durante el recubrimiento del alambre y, por tanto, el consumo de energía puede disminuir adicionalmente en total. Además, a las menores temperaturas durante el secado al horno pueden conseguirse mejores propiedades de aislamiento del alambre acabado, en particular un valor de tangente de delta ideal exigido para lograr pérdidas dieléctricas mínimas en comparación con alambres cuyos recubrimientos se secaron y endurecieron a temperaturas demasiado altas. Finalmente resultan ventajosas las temperaturas más bajas en el horno secador también en cuanto a la seguridad del procedimiento, ya que así se evita un calentamiento excesivo de los vapores de disolvente que aparecen durante el secado. Debido a la temperatura de alambre superior
20 en el horno de recocido, que puede situarse por encima de una temperatura adecuada o admisible para el secado de un recubrimiento, puede lograrse una recristalización esencialmente mejor y, con ello, una mejor blandura o ductilidad (alargamiento a la rotura superior) del alambre. La temperatura de alambre puede situarse, por ejemplo, en el horno de recocido por encima de los 360 °C, en particular entre 380 y 480 °C, y/o en el horno secador por debajo de los 360 °C, en particular entre 280 y 320 °C.

30 Cuando el alambre es transportado al menos dos veces, preferentemente entre cuatro y quince veces, en particular aproximadamente diez veces, a través del horno de recocido puede lograrse, además de la recristalización, una limpieza notablemente mejor del alambre. Debido al paso múltiple a través del horno de recocido correspondientemente caliente se queman, por ejemplo, restos de lubricante eliminándolo por capas del alambre. De esta manera puede lograrse una limpieza adecuada del alambre también a temperaturas de alambre por debajo de los 450 °C, de modo que se consigue una mayor eficiencia energética en comparación con una limpieza en una etapa a temperaturas por encima de 450 °C. Debido a la mayor temperatura en el horno de recocido en comparación
35 con los procedimientos conocidos puede lograrse, a la vez, una mejor limpieza y, por tanto, una mejor adhesión del barniz sobre la superficie del alambre así como –debido a la reacción con una superficie prácticamente libre de revestimiento– una mejor autopasivación por oxidación en el caso de un alambre de aluminio.

40 De manera ventajosa, el material de recubrimiento puede aplicarse directamente sobre el alambre, es decir que el material de recubrimiento previsto para el aislamiento del alambre se aplica directamente sobre la superficie metálica del alambre. El uso de un imprimador o capas análogas para favorecer la adhesión puede omitirse, de modo que el alambre acabado presenta de manera ventajosa una resistencia a la temperatura comparativamente superior del recubrimiento y una clase de aislamiento térmico superior.

45 Además ha resultado favorable que el alambre sea transportado entre ambos hornos, es decir entre el horno de recocido y el horno secador, a través de un dispositivo de retensado, en particular a través de un rodillo compensador neumático, para el retensado del alambre. En el presente dispositivo puede estar dispuesto, por consiguiente, en la dirección de avance del alambre tras el horno secador y antes del horno de recocido, un dispositivo de retensado para el retensado del alambre. El dispositivo de retensado puede compensar diferencias de tensión debido a las diferencias de temperatura de alambre y mejora el transporte uniforme y sin perturbaciones del alambre desde el horno de recocido y al horno secador.

50 La invención se explicará más detalladamente a continuación con ayuda de ejemplos de realización especialmente preferidos, pero a los que no se limitará, y haciendo referencia a los dibujos. En los dibujos muestran, a este respecto, en particular:

- la figura 1 un diagrama esquemática de la interrelación entre una temperatura de alambre y la ductilidad del alambre lograda con ello;
- 55 la figura 2 una representación ilustrativa de una instalación de recubrimiento de alambre con un horno secador y un horno de recocido;
- la figura 3 un rodillo compensador neumático según la figura 2;
- la figura 4 una representación en corte esquemática del horno de recocido según la figura 2;
- la figura 5 una representación en corte esquemática de un alambres en sección longitudinal durante el calentamiento en el horno de recocido; y

la figura 6 esquemáticamente varias secciones transversales del alambre tras un número diferente de pasos a través del horno de recocido.

En el trefilado de alambre se distorsiona la microestructura metálica del alambre debido a la deformación plástica. A este respecto aumentan su resistencia y dureza, mientras que se empeora intensamente la ductilidad. Para lograr los requisitos mecánico-tecnológicos relevantes para el mecanizado posterior del alambre, el alambre debe volver a "ablandarse", lo que provoca una nueva transformación de la microestructura. Para ello, el alambre debe calentarse correspondientemente. En el diagrama representado en la figura 1, en el eje de abscisas está trazada la temperatura de alambre T y en el eje de ordenadas la "blandura" o ductilidad R lograda del alambre. La curva dibujada R(T) representa esquemáticamente la interrelación entre la temperatura de alambre T y la ductilidad R. Las temperaturas dibujadas T1, T2, T3 indican, a este respecto, aproximadamente la temperatura óptima T1 para el endurecimiento de un recubrimiento de alambre, la temperatura óptima T2 para la recristalización del alambre (de manera correspondiente a la formación de una microestructura homogénea y, así, la ductilidad R máxima alcanzable) y la temperatura óptima T3 para la limpieza de restos de lubricante del alambre recién trefilado. En el caso de un recubrimiento de alambre de aluminio, la temperatura T1 sería, por ejemplo, de aproximadamente entre 280° y 320 °C, la temperatura T2, de entre 380 y 400 °C y la temperatura T3, de entre 450 y 480 °C.

En la figura 2 se muestra un tren de producción para la fabricación de un alambre recubierto, trefilándose el alambre en máquinas de trefilado 1 y siendo transportado a continuación varias veces a través del horno de recocido 2. En el caso de alambres de cobre, el alambre trefilado delgado llega habitualmente, tras la máquina de trefilado 1, a través de rodillos inversores, a un tubo de recocido calentado eléctricamente, que posibilita el calentamiento del alambre de cobre a través de irradiación de calor, pero sobre todo por contacto directo con la pared a través de conducción de calor. Un procedimiento de recocido con contacto directo con la pared no puede aplicarse, sin embargo, por ejemplo en alambres de aluminio, ya que, en comparación con el cobre, las temperaturas de ablandamiento son muy inferiores y el alambre resultaría por tanto intensamente dañado con ello. Tales alambres, es decir alambres con temperaturas de ablandamiento relativamente reducidas, pueden calentarse para el recocido por ejemplo con aire caliente en movimiento; este procedimiento es sin contacto y la oxidación que aparece por ejemplo en el caso de alambres de aluminio no representa ningún problema a diferencia de en los alambres de cobre, ya que estos presentan autopasivación. En el tren de producción mostrado en la figura 2, el alambre se calienta, por consiguiente, en el horno de recocido 2 con aire caliente en movimiento (cf. la figura 4).

Tras salir del horno de recocido 2, el alambre tratado térmicamente es suministrado, a través de rodillos de inversión, al dispositivo de recubrimiento 3, por ejemplo en forma de un recipiente de barniz, en la entrada del horno secador, donde el barniz líquido es aplicado a temperatura ambiente sobre el alambre. Los polímeros disueltos en los barnices se reticulan a continuación químicamente tras la aplicación y caracterizan la operación de endurecimiento propiamente dicha del barniz. La aplicación de barniz se realiza a través de boquillas aplicadoras de forma cónica, alimentadas por medio de bombas transportadoras de manera continua con barniz nuevo. Allí se aplica una película de barniz con un espesor preajustado de manera uniforme sobre la superficie del alambre. Debido a la capacidad de adhesión limitada del barniz líquido contra el alambre, la aplicación de la cantidad de barniz requerida para el espesor de capa de aislamiento deseada debe realizarse en varias subetapas. Para ello, el alambre barnizado es conducido en hasta 24 pistas a través de dos rodillos desviadores acanalados, entre el recipiente de barniz en la entrada del horno y el extremo refrigerador, a través del horno secador 4. Para el secado de la película líquida polimérica, en el procedimiento de barnizado actualmente utilizado prácticamente en todo el mundo se conduce en el interior del horno aire caliente de procedimiento en un funcionamiento de aire circulante, mientras que el alambre atraviesa la máquina en línea recta en contra de la corriente de aire. Durante este secado por convección se evaporan los disolventes contenidos en la película de barniz, se descargan al entorno directo y se evacúan, hasta que el polímero que queda se "reticula" o endurece debido a las altas temperaturas (450-700 °C) finalmente contra la superficie del alambre. En el horno secador 4 se genera a este respecto un perfil de temperatura al que se logra un secado y un endurecimiento posterior de la capa aplicada. Entre los pasos de recubrimiento individuales, el alambre se enfría en dispositivos de refrigeración 5. Entre el horno de recocido 2 y el horno secador 3, el alambre es conducido a través de rodillos compensadores neumáticos 6 (cf. la figura 3), que retensan el alambre y compensan fluctuaciones de tensión condicionadas por la temperatura. El alambre acabado totalmente recubierto se suministra a continuación a disposiciones de arrollado 7 que enrollan el alambre sobre carretes 8.

La figura 4 muestra esquemáticamente una sección longitudinal en paralelo a la dirección de avance del alambre 9 a través del horno de recocido 2. En un lado de entrada 10, el alambre desnudo no enfriado es introducido en el horno de recocido 2.

Una alta temperatura de entrada del alambre posibilita una reducida pérdida de temperatura o un reducido aporte de calor necesario y una recristalización óptima del alambre 14. La corriente de aire circulante caliente en el horno de recocido 2 a lo largo de un circuito cerrado se indica mediante las flechas 11, 12. A este respecto, el aire caliente fluye en la zona de transporte de alambre 13 en contra de la dirección de avance del alambre 9 (cf. la figura 5) para posibilitar una convección térmica óptima y, así, una transferencia de calor máxima del aire caliente sobre el alambre. Debido a la alta temperatura del aire caliente pueden retirarse o eliminarse mediante quemado, por capas, restos 15 sobre el alambre desnudo, por ejemplo restos de lubricante. Puesto que el alambre 14 en el horno de recocido 2 todavía no está recubierto, no se producen emisiones tales como, por ejemplo, durante el secado de un barnizado, de modo que el aire caliente circula desde el lado de entrada 10 según la flecha 11 en paralelo a la zona

de transporte del alambre 13 y puede reutilizarse. Un intercambio de aire puede no tener lugar en gran medida. Los restos retirados pueden filtrarse del aire caliente en circulación.

- 5 La retirada sucesiva de restos 15 del alambre 14 está representada esquemáticamente en la figura 6, mostrando las tres secciones transversales de alambre 16 mostradas en cada caso un progreso diferente de la retirada. La sección transversal de alambre superior 17 muestra el alambre 14 antes de pasar por primera vez por el horno de recocido 2, estando todavía presentes todos los restos 15 que quedan en el alambre 14 tras el trefilado; la sección transversal de alambre central 18 muestra el alambre tras pasar cinco veces, habiéndose podido retirar ya la mayor parte de los restos 15; y la sección transversal de alambre inferior 19 muestra el alambre 14 totalmente limpiado tras pasar diez veces a través del horno de recocido 2.
- 10 En el horno de recocido reina, por ejemplo, una temperatura del aire de aire circulante de 650 °C. La siguiente tabla muestra la tenacidad del alambre con ayuda del alargamiento (en porcentaje) hasta la rotura tras cada paso a través del horno de recocido 2:

Paso 1	34,1 %
Paso 2	37,7 %
Paso 3	37,8 %
Paso 4	36,7 %
Paso 5	38,2 %
Paso 6	37,2 %
Paso 7	38,3 %
Paso 8	37,8 %
Paso 9	36,4 %
Paso 10	37,6 %

- 15 La siguiente tabla muestra a modo de ejemplo una serie de pasos a través del horno secador 4 para secar al horno las películas de barniz con el material de recubrimiento previamente aplicado en cada caso y la tenacidad del alambre tras el paso:

Paso 1	poliesterimida	37,9 %
Paso 2	poliesterimida	37,7 %
Paso 3	poliesterimida	38,1 %
Paso 4	poliesterimida	38,5 %
Paso 5	poliesterimida	37,8 %
Paso 6	poliesterimida	37,3 %
Paso 7	poliesterimida	38,4 %
Paso 8	poliesterimida	37,9 %
Paso 9	poliesterimida	38,2 %
Paso 10	poliesterimida	38,8 %
Paso 11	poliesterimida	37,8 %
Paso 12	poliesterimida	37,1 %
Paso 13	poliesterimida	38,5 %
Paso 14	poliesterimida	38,0 %

(continuación)

Paso 15	poliamidimida	38,9 %
Paso 16	poliamidimida	38,1 %
Paso 17	poliamidimida	38,7 %
Paso 18	poliamidimida	40,3 %

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para tratar un alambre (14), en particular un alambre de aluminio, en el que se aplica al menos una capa de un material de recubrimiento sobre el alambre (14) y la capa aplicada se seca y/o se endurece a continuación en un horno secador (4), en donde el alambre (14) es transportado, antes de la aplicación de la capa y para la recristalización del alambre (14), a través de un horno de recocido (2) separado del horno secador (4), **caracterizado porque** el alambre (14) es transportado en el horno de recocido (2) a través de una corriente esencialmente cerrada en sí misma de un gas caliente, en particular una corriente de aire circulante.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la corriente del gas caliente está dirigida en contra de la dirección de avance del alambre (9).
- 10 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el alambre (14) se calienta en el horno secador (4) hasta una temperatura de alambre (T) comparativamente más baja que en el horno de recocido (2).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el alambre (14) es transportado al menos dos veces, preferentemente entre dos y quince veces, en particular aproximadamente diez veces, a través del horno de recocido (2).
- 15 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el material de recubrimiento se aplica directamente sobre el alambre (14).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el alambre (14) es transportado entre los dos hornos (2, 4) a través de un dispositivo de retensado (6) para el retensado del alambre (14).
- 20 7. Dispositivo para el tratamiento de un alambre trefilado (14), en particular un alambre de aluminio, con un dispositivo de recubrimiento (3) para aplicar al menos una capa de un recubrimiento sobre el alambre (14) y con un horno secador (4) para secar y/o endurecer la capa aplicada, en donde está previsto un horno de recocido (2) separado del horno secador (4), que está dispuesto en la dirección de avance del alambre (9) antes del horno secador (4) y que está configurado para la recristalización del alambre (14), **caracterizado porque** el horno de recocido (2) está configurado para el calentamiento por convección del alambre (14) por medio de un gas calentado, que se mueve en un circuito esencialmente cerrado, en particular por medio de aire caliente.
- 25 8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el horno de recocido (2) puede controlarse independientemente del horno secador (4) para ajustar perfiles de temperatura diferentes y correspondientes temperaturas de alambre (T).
- 30 9. Dispositivo según las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado porque**, en funcionamiento, la temperatura promedio en el horno de recocido (2) es superior a la temperatura promedio en el horno secador (4).
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado porque** en la dirección de avance del alambre (9) antes del horno secador (4) y tras el horno de recocido (2) está dispuesto un dispositivo de retensado (6) para el retensado del alambre (14).

35

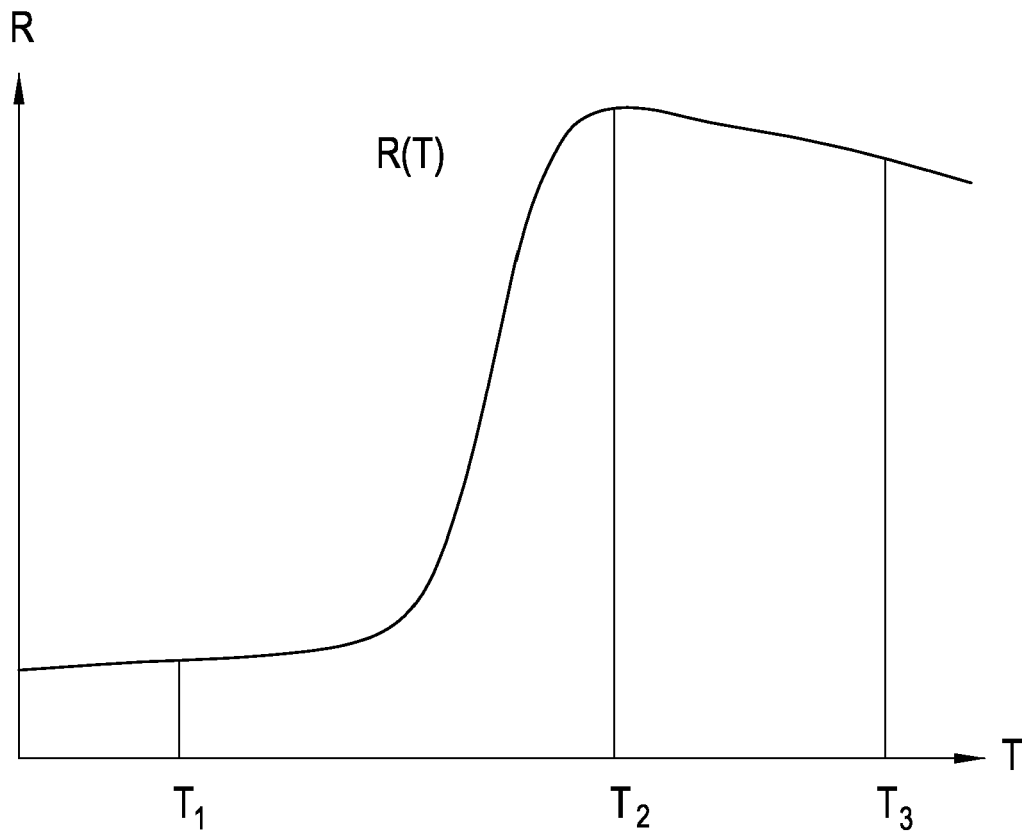


Fig. 1

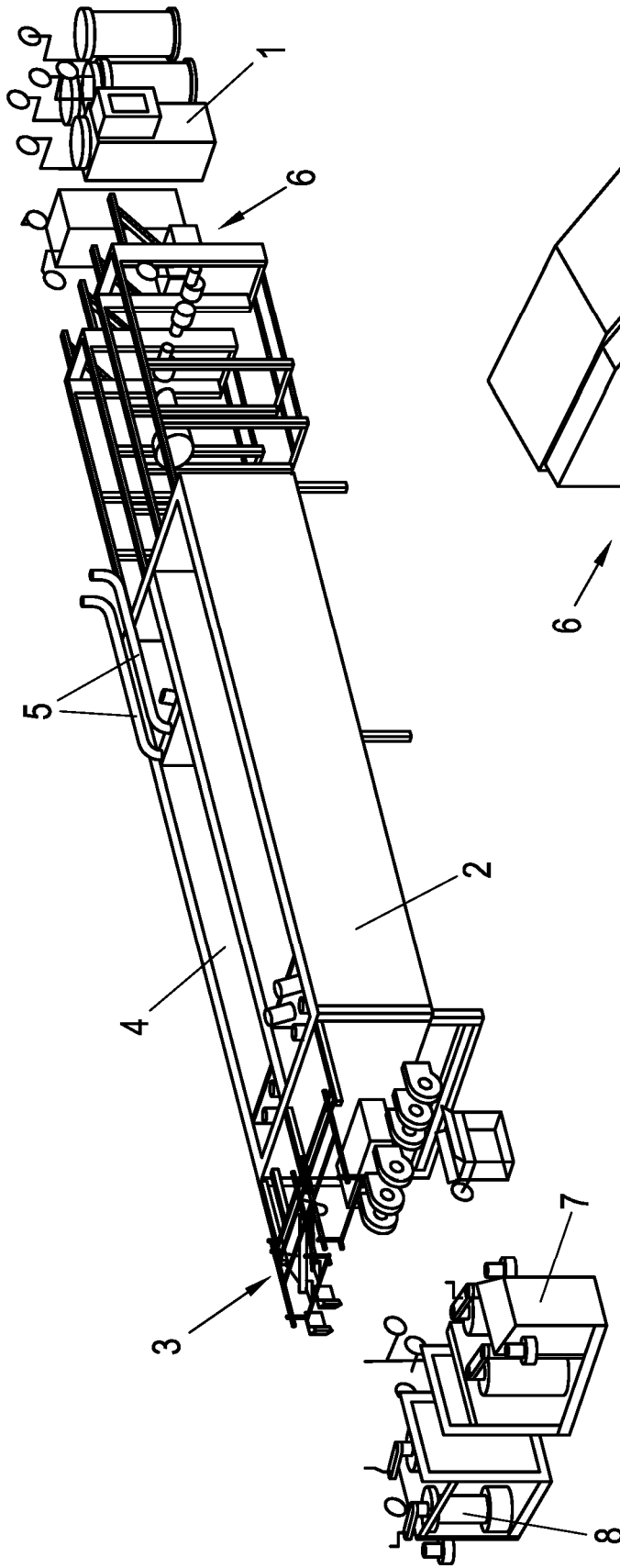


Fig. 2

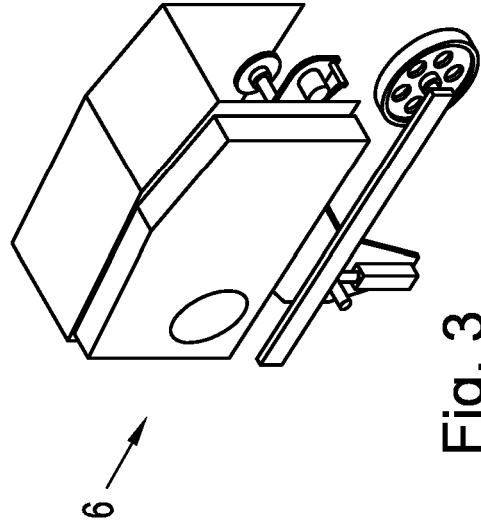


Fig. 3

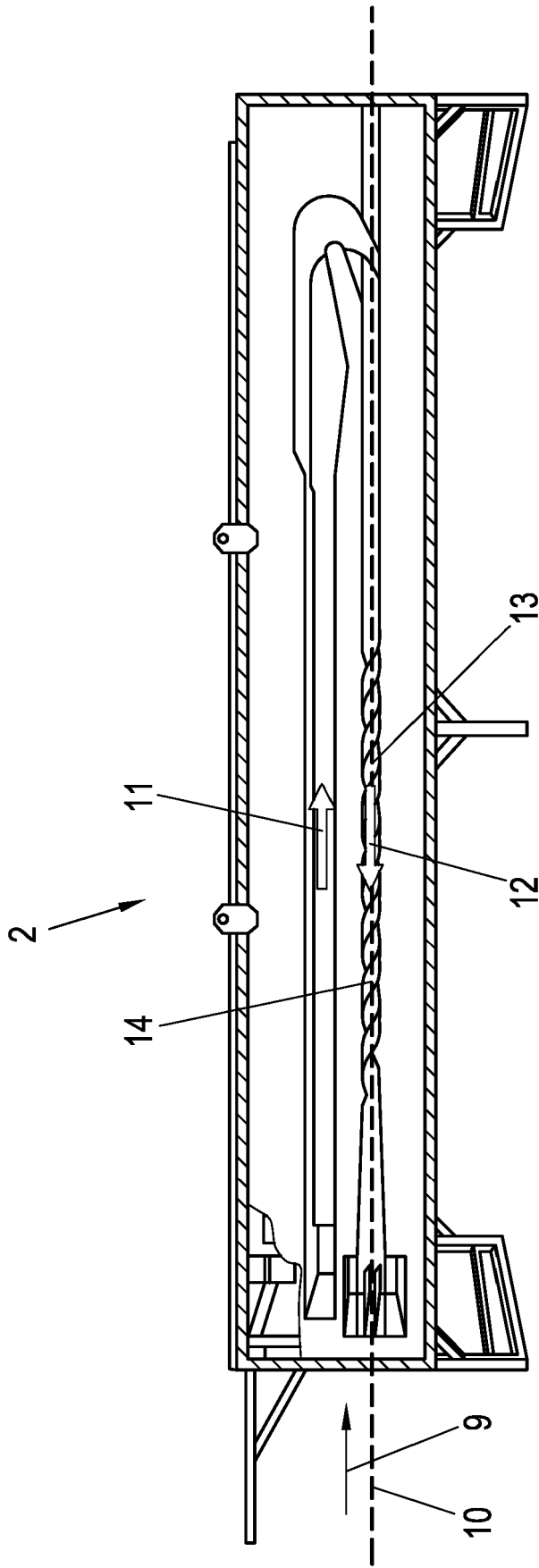


Fig. 4

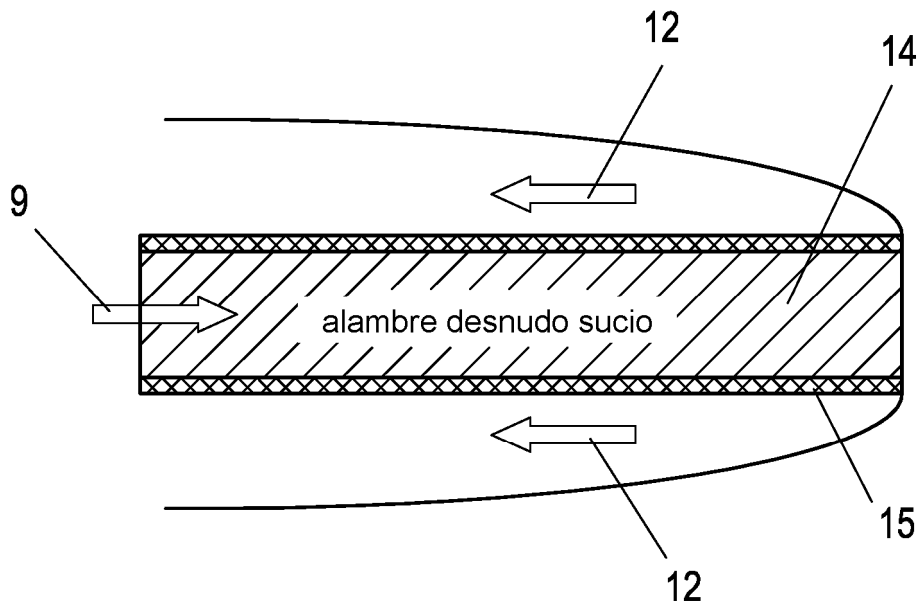


Fig. 5

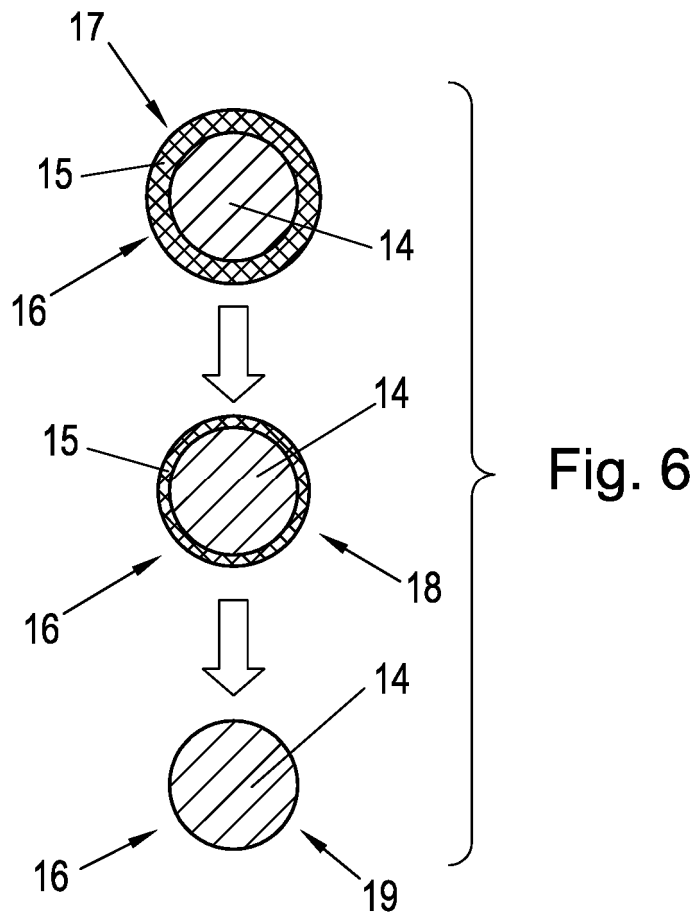


Fig. 6