

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 777 306**

51 Int. Cl.:

H01B 1/02 (2006.01)
C22C 21/02 (2006.01)
C22C 21/00 (2006.01)
B23K 15/00 (2006.01)
B23K 35/28 (2006.01)
H01B 9/00 (2006.01)
H01B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.08.2015 PCT/EP2015/068985**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.02.2017 WO17028910**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2015 E 15759674 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3350812**

54 Título: **Conductor para un cable de transmisión de potencia y un proceso para la producción del conductor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.08.2020

73 Titular/es:
**NKT HV CABLES AB (100.0%)
Verkövägen 102
371 60 Lyckeby, SE**

72 Inventor/es:
**HEDLUND, JOHAN y
LACIC, IGOR**

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 777 306 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

Conductor para un cable de transmisión de potencia y un proceso para la producción del conductor

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un conductor para un cable de transmisión de potencia y a un proceso para la producción del conductor como el definido en las reivindicaciones adjuntas.

10 Técnica anterior

Los cables de potencia eléctrica de alta tensión o los cables de transmisión de potencia se utilizan para transmitir potencia eléctrica con media o alta tensión. Los cables comprenden un conductor y un sistema de aislamiento que rodea el conductor. Los cables de potencia eléctrica que pueden enterrarse en el suelo se denominan cables terrestres. Los cables de potencia eléctrica que se pueden enterrar en el fondo marino y que se pueden extender libremente entre dos puntos de fijación en el agua marina se denominan submarinos, de agua marina o cables de potencia sumergidos. Hoy en día, los cables de potencia sumergidos se utilizan cada vez más debido a la mayor necesidad de transferir la potencia procedente de, por ejemplo, fuentes de energía en alta mar, incluyendo plantas de energía renovable en alta mar, como las plantas de energía eólica. Además, también está aumentando la longitud de los cables de transferencia de potencia, ya que existe la necesidad de interconectar diferentes redes regionales de transmisión eléctrica para permitir el comercio mundial de energía. Las áreas que, por un lado, necesitan energía y, por otro lado, las que la producen también pueden estar alejadas entre sí, lo que aumenta aún más la necesidad de transferir la potencia de manera segura.

25 Se ha descubierto que los conductores de aluminio son alternativas adecuadas a los conductores de cobre tradicionales de los cables de potencia eléctrica, también llamados cables de transmisión de potencia. Los conductores de aluminio son adecuados para cables de alta tensión en CC (HVDC), que están adaptados a tensiones de 50 kV o más. Los cables largos de transmisión de potencia se producen uniendo, en primer lugar, tramos o partes cortas de conductores para obtener una longitud final deseada. Las juntas no deberían afectar negativamente a las propiedades eléctricas y mecánicas del conductor. Posteriormente, se aplica un sistema de aislamiento y de capas protectoras sobre el conductor para proporcionar un cable de transmisión de potencia.

35 Ha habido intentos de mejorar las juntas entre las partes conductoras. El documento JP2012022820 describe un método de la técnica anterior para proporcionar una junta flexible para conductores trenzados soldando una junta en cada capa retorcida concéntricamente y soldando todos los alambres de los elementos conductores. Sin embargo, los materiales para soldar no se tratan en el documento. De este modo, a pesar de las tecnologías conocidas, todavía se necesitan métodos y materiales de unión rentables y sencillos.

40 El documento EP 0 539 670 A2 divulga un conductor, un cable de transmisión de potencia y el proceso para la producción de un cable de transmisión de potencia producido soldando dos tramos de conductores de aluminio y usando un material de aleación de soldadura que tiene un contenido de aluminio de, al menos, un 85,2 % en peso y un contenido de silicio de 4,0 a 13,0 % en peso usando un proceso de soldadura aluminotérmica.

45 Además, en las soluciones de la técnica anterior, el material de soldadura, es decir, la varilla o alambre de metal de soldadura que se derrite durante la soldadura, ha sido un material similar al del conductor. Esto ha sido conveniente ya que las propiedades eléctricas del cable no se han visto afectadas negativamente por las juntas. Sin embargo, cuando se utiliza el mismo material que el material de soldadura y el material conductor, el proceso de soldadura y la soldadura o junta obtenidas se volverán muy sensibles. Las soldaduras o juntas sensibles son un problema, especialmente en cables de potencia sumergidos, pues los cables de potencia se someten a fuerzas externas sustanciales en el fondo marino. Así mismo, las juntas sensibles pueden quebrarse o incluso romperse antes de colocarlas cuando se enrolla el cable o el conductor en bobinas de almacenamiento. El diámetro de la bobina durante el enrollamiento debe ser lo más pequeño posible y, por lo tanto, los cables o conductores se ven sometidos a fuerzas de flexión sustanciales que pueden romper las juntas. De esta manera, existe un gran deseo de mejorar la resistencia mecánica de las juntas entre las partes de conductor para proporcionar conductores estables y sólidos.

55 Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un conductor para un cable de transmisión de potencia y un proceso para la producción del conductor que minimice los problemas mencionados anteriormente con los conductores de aluminio soldados y articulados de la técnica anterior, especialmente con respecto a las juntas entre conductores sensibles. De este modo, un objeto es aumentar la resistencia mecánica de los conductores de aluminio articulados al tiempo que las propiedades eléctricas y/o térmicas del conductor no se vean sustancialmente afectadas de forma negativa.

65 Un objeto adicional de la presente invención es aumentar la robustez y la calidad de los conductores de aluminio.

También es un objeto adicional mejorar la "enrollabilidad" de los cables de potencia en bobinas con diámetro reducido.

También es un objeto de la presente invención proporcionar un proceso flexible para la producción de conductores largos de aluminio.

5 Según la presente invención, los objetos anteriores se consiguen con el presente conductor para un cable de transmisión de potencia como el definido en las reivindicaciones adjuntas.

10 Los objetos anteriores se consiguen con un conductor para un cable de transmisión de potencia, o en otras palabras, con un conductor de cable de transmisión de potencia, que comprende al menos dos tramos separados de conductores de aluminio. El contenido de aluminio de los tramos de los conductores de aluminio es, al menos, del 99,5 % en peso y, el resto, hasta el 100 % en peso, comprende otros metales o sustancias. Por "al menos 99,5 %" en peso se entiende un contenido que es superior e incluye el 99,5 % en función del peso total de los tramos de los conductores de aluminio. Por "resto" se entiende la cantidad restante hasta el 100 % en peso en función del peso total de los tramos de los conductores de aluminio. El contenido de titanio de los tramos de conductor de aluminio es como máximo del 0,02 % en peso en función del peso total de los conductores de aluminio, es decir, el contenido máximo puede ser del 0,02 % en peso.

20 Dichos, al menos, dos tramos de conductores se unen a través de una junta soldada que comprende una aleación de material de soldadura. La aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio de, al menos, un 85,2 % en peso, un contenido de silicio de 4,0 a 13,0 % en peso y el resto, hasta el 100 % en peso y, como máximo, un 1,8 % en peso en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias. El porcentaje en peso se basa en el peso total de la aleación del material de soldadura.

25 Como alternativa, la aleación del material de soldadura tiene un contenido de aluminio de al menos el 99,5 % en peso, un contenido de titanio de 0,10 a 0,50 % en peso y el resto, hasta el 100 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias. El porcentaje en peso se basa en el peso total de la aleación del material de soldadura.

30 Además, en la aleación de material de soldadura, el silicio o el titanio se han agregado a la aleación de material de soldadura para obtener el contenido deseado de silicio o titanio. Por ejemplo, las aleaciones de aluminio del conductor pueden comprender, naturalmente, una pequeña cantidad de titanio, generalmente de máximo el 0,02 % en peso, pero según la presente invención, el contenido de titanio se ha incrementado agregando activamente titanio al contenido deseado de 0,10 a 0,50 % en peso. De manera similar, el contenido de silicio se ha incrementado agregando silicio al contenido deseado de 4,0 a 13,0 % en peso.

35 Sorprendentemente, se ha observado que el silicio o titanio añadido en los contenidos reivindicados mejora significativamente las propiedades mecánicas de los conductores de aluminio articulados. Así mismo, se ha observado sorprendentemente que el contenido de aluminio en la aleación de material de soldadura puede reducirse si se incorpora silicio en la aleación en el contenido reivindicado de 4 a 13 % en peso. Además, ha sido sorprendente que la aleación de material de soldadura pueda tener una composición química diferente a la del conductor de aluminio, lo cual es conveniente, ya que el silicio y/o el titanio pueden afectar positivamente a las propiedades mecánicas de las juntas conductoras, mientras que las propiedades eléctricas y térmicas no se ven sustancialmente afectadas. Por "composición química diferente" se entiende que la composición química, por ejemplo, el contenido de metales, como el titanio, es diferente en la aleación de aluminio del conductor y en la aleación de material de soldadura.

40 La presente invención también se refiere a un cable de transmisión de potencia que comprende el conductor como el descrito anteriormente y como se describe adicionalmente en la siguiente descripción detallada. El cable normalmente comprende un sistema de aislamiento que cubre el conductor coaxial y radialmente hacia afuera. Como el conductor ha mejorado las propiedades mecánicas, el cable de potencia también obtiene mejores propiedades mecánicas y las ventajas mencionadas anteriormente.

50 Los objetos anteriores también se logran mediante un proceso para la producción de un conductor para un cable de transmisión de potencia como el descrito anteriormente, que comprende las etapas de:

55 a) proporcionar, al menos, dos tramos separados de conductores de aluminio para un cable de transmisión de potencia, en donde el contenido de aluminio de los tramos de los conductores de aluminio es de, al menos, el 99,5 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias y en donde el contenido de titanio en el resto es como máximo de 0,02 % en peso en función del peso total de los tramos de los conductores;

60 b) unir los tramos de los conductores por medio de soldadura, en donde la soldadura se realiza usando una aleación de material de soldadura que tiene

i. un contenido de aluminio de al menos el 85,2 % en peso, un contenido de silicio de 4,0 a 13,0 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso y, como máximo, 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias; o

65 ii. un contenido de aluminio de al menos el 99,5 % en peso, un contenido de titanio de 0,10 a 0,50 % en peso

y el resto, hasta 100 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias.

5 La presente invención también se refiere a un proceso para la producción de un cable de transmisión de potencia como el descrito anteriormente y como el descrito adicionalmente en la descripción detallada de a continuación. El proceso comprende las etapas anteriores del proceso y una etapa adicional de aplicación de un sistema de aislamiento para cubrir el conductor radialmente hacia afuera.

10 A continuación, se describirán otros aspectos y ventajas en la siguiente descripción detallada haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

15 La figura 1 es una vista lateral parcialmente cortada de un cable de transmisión de potencia que comprende un conductor según una realización de la presente invención;

la figura 2 es una sección transversal de un cable de transmisión de potencia ilustrado en la figura 1;

20 la figura 3 es una vista lateral de un conductor que comprende dos tramos de conductores trenzados;

la figura 4 es una vista esquemática de una configuración de prueba para medir la resistencia a la tracción;

25 Las figuras 5a-5f muestran las juntas de prueba de referencia REF1-REF6 después de haber sido sometidas a la prueba de tracción y flexión a una carga de tracción de 78 kN;

las figuras 6a-6f muestran las juntas de prueba de la invención INV1-INV6 después de ser sometidas a la prueba de tracción y flexión a una carga de tracción de 78 kN;

30 la figura 7 es una configuración de prueba esquemática para medir la resistencia midiendo la temperatura en diferentes ubicaciones del conductor;

la figura 8 muestra el aumento teórico de la temperatura en la aleación de material de soldadura;

35 la figura 9 muestra los resultados de las pruebas para medir la temperatura en un conductor que comprende una junta soldada con una aleación de material de soldadura, que comprende aluminio y titanio según la presente invención; y

40 la figura 10 muestra los resultados de las pruebas para medir la temperatura en un conductor que comprende una junta soldada con una aleación de material de soldadura, que comprende aluminio y silicio según la presente invención.

Descripción detallada

45 Los cables de transmisión de potencia o los cables de potencia eléctrica están destinados a transmitir potencia eléctrica. Las demandas con respecto a las propiedades eléctricas y mecánicas están aumentando debido a la mayor demanda de electricidad y, debido a las largas distancias, la electricidad debe transmitirse como se describe en el apartado "Técnica anterior". El conductor según la presente invención está pensado para cables de potencia en corriente continua (CC), tales como los cables de alta tensión en corriente continua (HVDC), adaptados para su uso como cables terrestres o cables submarinos.

50 Como se resumió anteriormente, los inventores de la presente divulgación han notado sorprendentemente que, al usar un material de soldadura que comprende titanio o silicio en un contenido más alto que en el conductor, ha sido posible mejorar la resistencia mecánica de la soldadura del conductor mientras que las propiedades eléctricas y/o térmicas no han cambiado sustancialmente ni se han visto afectadas negativamente. Así mismo, el proceso para la producción del cable de potencia se vuelve más estable, ya que las juntas soldadas no son tan sensibles a las fuerzas mecánicas. De esta manera, es posible mejorar las juntas entre los tramos o partes de cable, por lo que los cables se pueden instalar en lugares bajo el agua más profundos. Así mismo, es posible enrollar los conductores o cables, incluidos los conductores, en diámetros más pequeños, lo cual es una gran ventaja ya que los tramos de cable más largos pueden ser transportados y tenderse desde un vehículo de transporte, como un ferry. Así mismo, el peso del cable puede reducirse esencialmente en comparación con los cables de cobre tradicionales, por lo que el transporte de los cables hasta el lugar de utilización es más fácil y más ecológico debido a los menores costes de combustible conseguidos gracias a una carga más ligera en los vehículos de transporte.

65 Los materiales de soldadura se proporcionan en forma de alambres o varillas y se funden junto con el material conductor durante la soldadura y, así, forman una junta. Se ha descubierto que la aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio (Al) de al menos el 85,2 % en peso y un contenido de silicio (Si) de 4,0 a 13,0 % en

peso, y en el que el resto, hasta el 100 % en peso y, como máximo, el 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias, tiene una temperatura de fusión más baja que la aleación del conductor de aluminio que tiene un contenido de aluminio de al menos el 99,5 %. El resto del material de soldadura contiene otros metales y/o sustancias en una cantidad máxima de hasta aproximadamente 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, dado que las aleaciones de aluminio contienen de forma natural y habitual una determinada cantidad de otros metales y/o sustancias, como impurezas. De este modo, el % en peso de la aleación de aluminio del material de soldadura se puede calcular:

% en peso de aluminio + % en peso de silicio + % en peso de otros metales y/o sustancias de máx. 1,8 % = 100 %
en peso

Por ejemplo, si la aleación del material de soldadura tiene un contenido de silicio del 11 % en peso, tiene un contenido de aluminio de 87,2-89 % en peso, es decir, el contenido máximo de los otros metales y/o sustancias en el resto es de 0-1,8 % en peso. Aunque la aleación de aluminio contiene silicio, las propiedades eléctricas y/o térmicas del conductor no se ven sustancialmente afectadas o deterioradas, hecho que es inesperado especialmente porque el silicio no es un metal. Al reducir la temperatura de fusión, la soldadura se puede realizar a una temperatura más baja, por lo que el conductor de aluminio se ve mínimamente afectado. Así mismo, la aleación con silicio tiene muy buenas propiedades mecánicas. De este modo, una temperatura de fusión más baja hace que el propio conductor se vea mínimamente afectado. Además, las propiedades mecánicas de la aleación de material de soldadura, que comprende aluminio y silicio en una cantidad de 4,0 a 13,0 % en peso, proporcionan excelentes propiedades mecánicas para juntas en conductores de aluminio.

También se ha descubierto que la aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio de al menos el 99,5 % en peso y un contenido de titanio de 0,10 a 0,50 % en peso y el resto, hasta el 100 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, otros metales y/o sustancias hacen que las juntas entre los tramos de los conductores tengan excelentes propiedades mecánicas. El contenido de titanio debería mantenerse al 0,5 % en peso o por debajo del 0,5 % en peso, pues el titanio puede elevar la temperatura de fusión de la aleación. De esta manera, puede existir el riesgo de que el conductor de aluminio se deteriore durante la soldadura. Sin embargo, sorprendentemente, se ha descubierto que el contenido de 0,10 a 0,50 % en peso es adecuado, por lo que las propiedades mecánicas de un cable articulado pueden mejorar considerablemente.

El conductor puede comprender varias juntas y estas juntas del conductor pueden ser del mismo tipo o las juntas pueden ser de un tipo diferente. De este modo, el conductor puede contener una o más juntas que contienen una aleación de material de soldadura que tiene un contenido de aluminio de al menos el 85,2 % en peso, un contenido de silicio de 4,0 a 13,0 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso y, como máximo, 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias y una o más juntas que contienen una aleación de material de soldadura que tiene un contenido de aluminio de al menos el 99,5 % en peso, un contenido de titanio de 0,10 a 0,50 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias. Las juntas que contienen la aleación de material de soldadura según la invención mejoran la resistencia mecánica del conductor.

Ya que se puede mejorar la resistencia mecánica de las juntas en el conductor, es posible reducir el diámetro de la bobina de los cables con conductores de aluminio. Esto es posible ya que los cables toleran la flexión mejor que los cables de la técnica anterior. Al reducir el diámetro de la bobina, es posible almacenar y transportar conductores o tramos de cable más largos, por lo que se pueden obtener considerables ahorros económicos y ventajas ambientales. Al mismo tiempo, es posible aumentar la profundidad del agua donde se puede instalar el cable, ya que los cables toleran las fuerzas en el fondo marino mejor que las soluciones de la técnica anterior, lo que mejora la competitividad.

Según una realización de la invención, la aleación del material de soldadura tiene un contenido de aluminio de al menos el 99,5 % en peso, un contenido de titanio de 0,10 a 0,20 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias. Esta aleación de material de soldadura proporciona excelentes juntas y muy buenas propiedades eléctricas.

Según otra realización de la invención, la aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio de al menos 85,2 % en peso y un contenido de silicio de aproximadamente 11,0 a 13,0 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso y, como máximo, 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales o sustancias. De este modo, el resto contiene otros metales y/o sustancias en una cantidad máxima de aproximadamente 1,8 % en peso. Del mismo modo que anteriormente, esta aleación de material de soldadura proporciona excelentes juntas y muy buenas propiedades eléctricas.

También se ha descubierto que la aleación del material de soldadura puede tener un contenido de aluminio de, al menos, el 92,3 % en peso y un contenido de silicio de 4,5 a 6,0 % en peso, y el resto, hasta el 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias. El resto contiene otros metales y sustancias en una cantidad máxima de aproximadamente 1,7 % en peso. Además, este contenido de silicio más bajo tiene un efecto positivo sobre las propiedades mecánicas del conductor, mientras que las propiedades eléctricas y/o térmicas del conductor se mantienen a un nivel satisfactorio.

Según una variante de la invención, el conductor de aluminio comprende al menos el 99,7 % en peso de aluminio y el resto comprende otros metales y/o sustancias. Cuanto más puro es el material conductor, mejores serán las propiedades eléctricas del conductor. No obstante, suelen ser inevitables cantidades más pequeñas de otros metales o sustancias, por ejemplo, debido al origen de la materia prima del aluminio.

Los otros metales o sustancias de la aleación del material de soldadura pueden comprender uno o más de Si, Mn, V, Cu, Ti, Zn, Fe, Be y Mg.

Los otros metales o sustancias en los tramos de los conductores de aluminio pueden comprender, por ejemplo, uno o más de B, Cr, Cu, Fe, Ga, Mn, Si, V, Ti, Zn.

La junta soldada puede ser una junta en V. La junta en V es un tipo de soldadura a tope, es decir, una soldadura en la que dos tramos de conductores metálicos se unen en el mismo plano. La junta en V tiene al menos un borde biselado y, normalmente, dos bordes laterales biselados, formando así un perfil en V para la junta. La junta en V puede ser una junta en V simple o una junta en V doble. La junta en V proporciona juntas mecánicamente fuertes que son fáciles de procesar, al tiempo que se puede usar una cantidad mínima de material de soldadura. De este modo, la soldadura afecta mínimamente a las propiedades eléctricas del conductor. Por supuesto, se pueden usar otros tipos de juntas de soldadura conocidas en la técnica.

Los tramos de los conductores pueden tener una estructura de conductor trenzado, un conductor sólido, un conductor de alambre de perfil o combinaciones de estos. La soldadura se puede hacer entre cualquier tipo de estructura conductora de aluminio y las estructuras conductoras pueden ser del mismo tipo o de un tipo diferente. De este modo, los tramos del conductor pueden ser del mismo tipo o de un tipo diferente y pueden unirse utilizando el material de soldadura según la invención, de tal manera que se proporcionan conductores con propiedades mecánicas mejoradas. Los conductores trenzados comprenden una pluralidad de hilos de aluminio agrupados. Los conductores trenzados hacen que los conductores sean flexibles y fáciles de manejar. El conductor también puede ser sólido, por lo que se obtiene una estructura sólida. Una estructura adicional del conductor es un conductor de alambre de perfil, que tienen una forma de sección transversal específica. Las estructuras conductoras pueden ser del mismo tipo o de tipos distintos.

La longitud de cada uno de los tramos separados de los conductores puede ser de unos pocos metros a decenas de metros y hasta miles de metros. Cuando los tramos separados de los conductores se unen, pueden proporcionarse conductores que tengan una longitud total deseada.

La invención también se refiere a un proceso para la producción de un conductor para un cable de transmisión de potencia como el descrito anteriormente, y comprende las etapas de:

a) proporcionar, al menos, dos tramos separados de conductores de aluminio para un cable de transmisión de potencia, en donde el contenido de aluminio de los tramos de los conductores de aluminio es de, al menos, el 99,5 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias, y en donde el contenido de titanio en el resto es como máximo de 0,02 % en peso, en función del peso total de los tramos de los conductores;

b) unir los tramos de los conductores por medio de soldadura, en donde la soldadura se realiza usando una aleación de material de soldadura que tiene

i. un contenido de aluminio de al menos el 85,2 % en peso, un contenido de silicio de 4,0 a 13,0 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso y, como máximo, 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias; o

ii. un contenido de aluminio de al menos el 99,5 % en peso, un contenido de titanio de 0,10 a 0,50 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias.

La junta de soldadura obtenida puede ser una junta en V. La junta se puede conseguir mediante cualquier tecnología de soldadura adecuada, como soldadura por arco de metal y gas (GMAW), por ejemplo, soldadura por gas inerte de metal (MIG) o soldadura por arco de tungsteno y gas (GTAW), también conocida como soldadura por arco de gas inerte de tungsteno (TIG). Estas tecnologías de soldadura son conocidas tradicionalmente en el campo técnico y se pueden usar en relación con conductores de cable de potencia. Así mismo, dichas tecnologías de soldadura se pueden usar en la zona tendido del cable, por ejemplo, a bordo de un vehículo de transporte. Para producir un cable de transmisión de potencia, las etapas del proceso anteriores pueden comprender además una etapa en la que se aplica un sistema de aislamiento para cubrir el conductor radialmente hacia afuera.

En un cable de transmisión de potencia, el conductor suele estar rodeado por un sistema de aislamiento eléctrico. El sistema de aislamiento puede estar creado a base de materiales poliméricos, tales como materiales a base de olefinas, especialmente materiales a base de polietileno de alta densidad. El sistema de aislamiento también puede comprender materiales a base de papel. El sistema de aislamiento puede comprender una primera capa semiconductor interna,

una capa de aislamiento y una segunda capa semiconductor externa. Así, una capa de aislamiento se ubica entre las capas semiconductoras. Los cables de transmisión de potencia pueden ser submarinos o estar sumergidos o los cables de potencia pueden ser cables terrestres. Los cables son preferiblemente cables de transmisión de potencia que tienen una tensión nominal de 50 kV o superior y, por lo tanto, son adecuados para su uso como un cable de transmisión de potencia de alta tensión. Convenientemente, el cable de potencia eléctrica es un cable submarino.

Un ejemplo de un diseño de cable en el que se puede incorporar el conductor según la presente invención se describe adicionalmente con referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 es una vista lateral parcialmente cortada de un cable eléctrico 1 según la presente invención, y la figura 2 muestra una sección transversal radial del este. El cable 1 comprende un conductor 2, una primera capa semiconductor 4 radialmente más interna y más cercana al conductor 2, una capa de aislamiento 6 que rodea radialmente y está en contacto con la primera capa semiconductor 4 y una segunda capa semiconductor 8 radialmente más exterior del conductor y en contacto con la capa de aislamiento. La primera capa semiconductor 4, la capa de aislamiento 6 y la segunda capa semiconductor 8 juntas forman un sistema de aislamiento 12 (mostrado solo en la figura 1) para el cable de transmisión de potencia 1. Puede haber más de una capa de aislamiento y puede haber más de una capa semiconductor en el sistema de aislamiento, tales como 1-4 capas de aislamiento y 1-4 capas semiconductoras. El cable de transmisión de potencia 1 en las figuras 1 y 2 está rodeado por un sistema de protección externo 10, que puede contener barreras contra la humedad y capas protectoras que brindan protección contra las fuerzas mecánicas externas. El cable también comprende una coraza externa 14, que proporciona protección mecánica para el cable.

La figura 3 muestra una vista lateral de un conductor 2 que comprende un primer tramo de un conductor (2a) y un segundo tramo de un conductor (2b) unidos por medio de una junta en V 20. El conductor 2 está trenzado.

El sistema de aislamiento puede comprender materiales de aislamiento a base de papel, capas semiconductoras y aislantes o materiales de aislamiento poliméricos.

Los efectos de las presentes juntas de conductores ahora se ilustran adicionalmente en el ejemplo adjunto de a continuación. Los ejemplos no deben considerarse limitativos del alcance de la invención, pero se presentan para ilustrar los efectos de la invención.

Ejemplos

Materiales

Se realizaron pruebas de tracción y flexión en objetos de prueba de referencia (de aquí en adelante, con la etiqueta "REF") y en objetos de prueba de la invención (de aquí en adelante, con la etiqueta "INV"). Cada objeto de prueba comprendía secciones de 2590 mm² de conductor de aluminio trenzado en sección transversal unidas en secuencia con seis juntas en forma de V. Cada tramo del conductor de aluminio trenzado comprendía 115 hilos de aluminio que tenían un diámetro de 5,8 mm antes de comprimir los hilos. En la compresión, los hilos se estiraron y se aplanaron para proporcionar una estructura conductora trenzada estable. La compresión en diferentes capas varió de 4,2 a 4,6 %. Cada conductor trenzado, es decir, los conductores "REF" e "INV" se comprimieron de la misma manera.

El material para el conductor era aleación de aluminio y se representa como EN AW-1350. La composición química se muestra en la Tabla 1 de más abajo. Las juntas se soldaron con soldadura TIG y mediante el uso de varillas de soldadura, es decir, material de soldadura con diferentes composiciones químicas y como se explica a continuación en la Tabla 1. La longitud total de cada objeto de prueba fue de, al menos, 30 m y había, al menos aproximadamente, 3 m de conductor entre cada junta de prueba.

El material de soldadura utilizado en las juntas del objeto de prueba de referencia (REF) tenía la misma pureza o mayor que el material de aluminio del conductor y no incluía ni titanio ni silicio añadido. El material de soldadura se representa con el número 1070. El objeto de prueba de referencia comprendía seis juntas en V soldadas de prueba de referencia REF1-REF6.

El objeto de prueba de la invención (de aquí en adelante, con la etiqueta "INV") comprendía el mismo material conductor de aluminio EN AW-1350 que el objeto de referencia y seis juntas en V soldadas de prueba de la invención INV1-INV6. El material de soldadura usado en INV1-INV3 se representó con el número 1450 y comprendía el 99,5 % en peso de aluminio y 0,1-0,2 % en peso de titanio. El material de soldadura usado en INV4-INV6 se representó con 4047 y comprendía, al menos aproximadamente, el 85,2 % en peso de aluminio y de 11-13 % en peso de silicio.

A continuación, se muestran en la Tabla 1 las composiciones químicas de los materiales de prueba.

Tabla 1

% en peso; (máx) es el contenido máximo y (min) el contenido mínimo de cada metal o sustancia; el total es siempre el 100 %	Conductor EN AW-1350	Material de soldadura REF1-REF6 (1070)	Material de soldadura INV1-INV3 (1450)	Material de soldadura INV4-INV6 (4047)	Material de soldadura (4043) INV
Aluminio	99,50 (min)	99,70 (min)	99,50 (min)	85,2 (min)	92,3 (min)
Si	0,10 (máx)	0,20 (máx)	0,25	11,0-13,0	4,5-6,0
Ti	V+Ti 0,02 (máx.)	0,03 (máx)	0,10-0,20		0,20
Mn (máx)	0,01	0,03	0,05	0,15	0,05
V (máx)		0,05			
Cu (máx)	0,05	0,04	0,05	0,30	0,30
Zn (máx)	0,05	0,04	0,07	0,20	0,10
Fe (máx)	0,40	0,25	0,40	0,8	0,8
Be (máx)		0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Mg (máx)		0,03	0,05	0,10	0,05
B (máx)	0,05				
Cr (máx)	0,01				
Ga (máx)	0,03				
% en peso; (máx) es el contenido máximo y (min) el contenido mínimo de cada metal o sustancia; el total es siempre el 100 %	Conductor EN AW-1350	Material de soldadura REF1-REF6 (1070)	Material de soldadura INV1-INV3 (1450)	Material de soldadura INV4-INV6 (4047)	Material de soldadura (4043) INV
Otros (máx)	0,10	0,03	0,03	0,15	0,15

El material de soldadura 4043 es un material según la invención, pero no se usó en las pruebas de tracción y flexión.

Prueba de comportamiento de la resistencia mecánica

5 En la figura 4 se muestra el equipo de prueba 100. El equipo comprende una rueda de tracción 102, que está dispuesta para tirar de y girar el conductor con la fuerza deseada. El conductor 2 está conectado a un bloque de alambre 108 que a su vez está conectado a un cilindro de tracción 112 a través de un segundo alambre 110. Los soportes de tracción 104a 104b se usan para acoplar el objeto de prueba (conductor) 2 y el alambre 106. Un sensor de fuerza 114 está ubicado cerca de los soportes de tracción 104a, 104b. El conductor del objeto de prueba 2 tenía un soporte de tracción 104a, 104b montada en cada extremo. Se fijó un primer alambre 106 en cada soporte de tracción 104a, 104b y el objeto de prueba 2 se tensó con un nivel de tensión predeterminado usando los alambres 106, 110 y el cilindro de tracción 112. Se utilizó un sensor de fuerza 114 cerca de los soportes de tracción 104a, 104b para medir la fuerza de tracción aplicada en el objeto de prueba 2. Después, el objeto de prueba 2 se dobló alrededor de una rueda de tracción de 3 m de diámetro con el nivel de tracción deseado durante hasta seis vueltas. Después de completar el primer nivel de tracción, cada junta soldada de prueba se sometió a inspección ocular antes de proceder al siguiente nivel de tracción mayor. Este proceso de prueba se repitió utilizando cargas de tensión sucesivamente más altas que se rompió una de las juntas de prueba soldadas. Después de la rotura, todas las juntas soldadas se sometieron a una inspección final.

20 **Resultados**

Los resultados de las pruebas de tracción y flexión del objeto de prueba de referencia (REF) se muestran en la Tabla 2. Todas las juntas se degradaron notablemente después de flexionarse a una carga de tracción de 78 kN. Las Figuras 5a-5f muestran cada junta REF1-REF6, respectivamente, después de flexionarse a 78 kN de carga de tracción. La carga de tracción máxima que se pudo aplicar con las condiciones de prueba fue de 90 kN, lo que produjo la rotura de la junta REF4.

Tabla 2

Fuerza de tracción/kN	Flexiones	Observaciones
39	6	REF2 tenía grietas, posiblemente de fabricación.
65	6	Una pequeña grieta en REF1; REF2 se deterioró; REF3 tenía grietas.
71	6	REF1 y REF2 se deterioraron.
78	6	Grietas en todas las juntas (REF1-REF6); REF2 más agrietado.
90	N/A	REF4 se rompió por el tensado, antes de las flexiones.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de las pruebas de tracción y flexión de los objetos de prueba de la invención (INV) y, en las figuras 6a-6c, de INV1-INV3 y, en las figuras 6d-6f, de INV4-INV6 después de ejercer la flexión con cargas de tensión de 78 kN. Después de flexionar con una carga de tracción de 78 kN, solo se agrietó ligeramente una junta (INV2). Incluso después de realizar la prueba de flexión con cargas tan altas como 117 kN, las juntas INV5 e INV6 siguieron sin agrietarse. La carga de tracción máxima que se pudo aplicar con las condiciones de prueba fue de 129 kN, lo que produjo la rotura de la unión INV5.

Tabla 3

Fuerza de tracción/kN	Flexiones	Observaciones
65	3	La junta INV5 presentó una pequeña grieta desde el principio. Sin grietas en las otras juntas.
78	3	INV2 se agrietó 2 mm en un alambre.
91	1	Sin cambios.
104	1	INV5 se agrietó en dos alambres.
117	1	INV1: pequeña grieta; INV2 dos grietas; INV3: tres alambres agrietados; INV4: abollado.
129	1/2	INV5: fallo en el primer giro; INV1: talle y grieta pequeña; INV2: talle y una grieta de 2 mm; INV3: dos grietas de 2 mm; INV4: talle y abolladura; INV6: talle

Conclusión de la resistencia mecánica

Está demostrado que todas las juntas soldadas de la invención presentan un rendimiento superior en las pruebas de tracción y flexión en comparación con las juntas soldadas de referencia que usan material de soldadura 1070 que tiene propiedades similares a las del conductor EN AW-1350. Después de probar con cargas de tracción de 78 kN, todas las juntas soldadas de referencia se agrietaron notablemente, mientras que solo una de las juntas soldadas de la invención se había agrietado con los mismos niveles de tensión. La carga de tracción requerida para romper una junta en condiciones de prueba fue de 90 kN para el objeto de prueba de referencia, en comparación con los 129 kN para el objeto de prueba de la invención.

Prueba de comportamiento de las propiedades térmicas

En esta prueba se investigó cómo los materiales de soldadura de la invención INV1-INV3 (1450) e INV4-INV6 (4047), que tienen una mayor resistencia que el material conductor del cable, afectan a las propiedades térmicas del conductor. Para investigar si el aumento de la resistencia en la soldadura afecta a la generación de calor, se realizó un análisis numérico por FE (elementos finitos) en COMSOL de acuerdo con la norma IEC 60287. El análisis numérico se realizó básicamente como se describe a continuación.

El conductor era el mismo que el descrito anteriormente en relación con los materiales. El conductor tenía una sección transversal de 2590 mm² y era un conductor de aluminio trenzado unido en secuencia con seis juntas en forma de V. Esto corresponde a una resistencia $R=0,0147 \omega/km$.

La resistencia de las aleaciones de material de soldadura que comprenden silicio o titanio añadidos suele ser mayor que la resistencia del conductor o del material de soldadura de referencia 1070. El conductor que comprende el material representado 1350 tenía un valor de 61,8 % IACS. Otro material de soldadura especificado como 4043 tiene un contenido de silicio de 4,5 a 6,0 % y también se usó en la especificación de conductividad. Se especificaron las siguientes conductividades:

- 1450-61,8 % IACS
- 4043-42 % IACS

ES 2 777 306 T3

4047-41 % IACS

En el análisis numérico se usó una aleación 5356-29 % IACS ya que tenía la conductividad más baja y todos los materiales de la invención 1450, 4043 y 4047 tenían una conductividad más alta.

5

$$100 \% \text{ IACS} = 5,8 \cdot 10^7 \text{ siemens/metro}$$

Esto corresponde a la resistividad:

10

$$\rho = \frac{1}{0,29 \cdot 5,8 \cdot 10^7} = 5,9453 \cdot 10^{-8}$$

El área del conductor es $A = \frac{59,6^2}{4} \pi = 0,0028 \text{ m}^2$.

Por tanto, la resistencia de la aleación es $R = \rho \frac{l}{A} = 5,9453 \cdot 10^{-8} \frac{1000}{0,0028} = 0,0213 \Omega/\text{km}$.

15

El siguiente modelo de Comsol (*software* de modelado) se creó para simular la junta de conductor e incluyó los siguientes parámetros en los que D representa el diámetro.

Dcond	59,6	mm
D (aislamiento)	108,44	mm
D (plomo)	114,44	mm
Dpe (capa de plástico)	119,89	mm
D (protección)	128,89	mm
Dpp (capa de hilo de polipropeno)	137,89	mm
Longitud	10	m
Dist_condunión (en la parte más fina)	10	mm
inclinacióndeunión	80	grados
res_conductor	0,0115	ohm/km
res_aleación	0,0213	ohm/km
I	1100	A

El conductor se cortó en el medio y la aleación de soldadura se aplicó con una distancia de 10 mm entre los puntos más cercanos (parte de soldadura más fina) y en un ángulo de 80° según el ángulo máximo permitido en las juntas. Se hizo un recuento de las pérdidas de energía en el conductor y en la aleación de soldadura según la siguiente ecuación:

25

$$W = I^2 \cdot R(1 + 0,00403(T - 20))$$

Además, en el modelo COMSOL se evaluó que el cable se introdujera 5 m bajo el suelo con una resistividad térmica de 1,6 K*W/ m y una temperatura del suelo de 20°C para poder obtener una temperatura del conductor de más de 50°C.

30

Resultados

La figura 8 muestra el perfil de temperatura evaluado del conductor. Se puede ver que hay un aumento menor de la temperatura de 0,6 K en la junta. De este modo, se puede suponer que los materiales de soldadura según la presente invención no afectan sustancialmente a las propiedades térmicas del conductor de forma negativa.

35

Pruebas térmicas

Para verificar el análisis FE, se produjeron dos juntas vulcanizadas flexibles. Las juntas se produjeron de acuerdo con una configuración de prueba, como la mostrada esquemáticamente en la figura 7. Se puede encontrar más información sobre las juntas vulcanizadas flexibles, por ejemplo, en el manual "Worzyk, Thomas: Submarine power cables", ISBN 978-3-642-01269-3, página 126. Las aleaciones de soldadura de la invención mencionadas anteriormente, 1450 y 4047, se utilizaron en las juntas y se probaron con ciclos de carga.

40

La figura 7 muestra esquemáticamente la configuración de prueba. El cable 200 comprende un conductor 2. El sistema de aislamiento 12 y la coraza externa 14 con capas protectoras (no mostradas) se retiraron de la parte del conductor 2 que comprende una junta 20. Seis sensores de temperatura 201, 202, 203, 204, 205 y 206 se fijaron al conductor 2 en diferentes ubicaciones, tanto a la izquierda como a la derecha de la junta, y también en la junta 20, como se muestra en la figura 7.

50

Después de fijar los sensores en el conductor, el cable se ensambló en un circuito donde se aplicó corriente continua hasta que el conductor alcanzó una temperatura de 70°C.

Resultados

5 Las figuras 9 y 10 muestran la temperatura en función del tiempo para las dos juntas diferentes que comprenden los dos materiales de soldadura diferentes 1450 y 4047, respectivamente. Los sensores térmicos tenían una precisión de medición de 1-2 °C.

10 La figura 9 muestra los resultados de la aleación AlTi 1450, que contiene al menos un 99,5 % de aluminio, entre 0,1 % y 0,2% de titanio y productos de resto, todo % se refiere a % en peso. De las mediciones de conductividad anteriores se puede ver que la aleación 1450 tiene el mismo rendimiento eléctrico que el conductor 1350, y no se esperaba un aumento de la temperatura. Como se puede ver en la figura 9, solo hubo pequeñas variaciones de temperatura en diferentes posiciones del sensor. Las desviaciones de temperatura pueden explicarse por la precisión de los sensores térmicos. De este modo, la aleación 1450 no afecta sustancialmente a las propiedades eléctricas o térmicas del conductor.

15 La figura 10 muestra los resultados para la aleación AlSi 4047, que contiene de 11 % a 13 % de silicio, al menos un 85,2% de aluminio y productos de resto, todo % se refiere a % en peso. Esta aleación de material de soldadura tiene una mayor resistencia que el material conductor 1350, por lo que se esperaba un aumento de temperatura de entre 0,5 y 1 °C. A partir de las curvas de la figura 10 se puede observar que, en las posiciones para los sensores 1 y 2 (colocados cerca de la junta), las variaciones de temperatura medidas se encontraban entre las más grandes, aproximadamente de 1,5 °C. No obstante, se puede concluir que el aumento de temperatura está entre los esperados 0,5 a 1 °C, ya que se producen pequeñas desviaciones en las mediciones de temperatura debido a la inexactitud de medición de los sensores térmicos. De este modo, la aleación 4047 no afecta negativamente a las propiedades eléctricas o térmicas del conductor.

25 Como la aleación 4043 tenía casi la misma conductividad que la aleación 4047, se puede concluir que la aleación 4043 con un contenido de silicio de 4,5 a 6,0 % en peso menor que el de la aleación 4047 no afectaría sustancialmente a las propiedades térmicas del conductor. Por lo tanto, la aleación 4043 también es adecuada para su uso como material de soldadura en conductores de aluminio.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Conductor (2) para un cable de transmisión de potencia (1) que comprende, al menos, dos tramos separados de conductores de aluminio (2a, 2b), en donde el contenido de aluminio de los tramos de los conductores de aluminio (2a, 2b) es de, al menos, el 99,5 % en peso, y el resto hasta el 100 % en peso comprende otros metales y/o sustancias y en donde el contenido de titanio en el resto es, como máximo, el 0,02 % en peso en función del peso total de los tramos de los conductores, uniéndose dichos al menos dos tramos de conductores de aluminio por medio de una junta (20) soldada por gas inerte de metal o por gas inerte de tungsteno que comprende una aleación de material de soldadura, caracterizado por que la aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio de al menos 10 85,2 % en peso, un contenido de silicio de 4,0 a 13,0 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso y, como máximo, 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias.
- 15 2. Conductor (2) según la reivindicación 1, en donde la aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio de, al menos, el 85,2 % en peso y un contenido de silicio de 11,0 a 13,0 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso y, como máximo, 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias.
- 20 3. Conductor (2) según la reivindicación 1, en donde la aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio de, al menos, el 92,3 % en peso y un contenido de silicio de 4,5 a 6,0 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso y, como máximo, 1,7 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias.
- 25 4. Conductor (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde los tramos de conductores de aluminio (2a, 2b) tienen un contenido de aluminio de al menos el 99,7 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias.
- 30 5. Conductor (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde los otros metales o sustancias de la aleación de material de soldadura comprenden uno o más de Si, Mn, V, Cu, Ti, Zn, Fe, Be y Mg.
- 35 6. Conductor (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde los otros metales o sustancias de los tramos de los conductores comprenden uno o más de B, Cr, Cu, Fe, Ga, Mn, Si, V, Ti, Zn.
7. Cable de transmisión de potencia (1) que comprende el conductor según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6.
- 40 8. Proceso para la producción de un conductor (2) para un cable de transmisión de potencia (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende las etapas de:
- 45 a) proporcionar, al menos, dos tramos separados de conductores de aluminio (2a, 2b) para un cable de transmisión de potencia (1), en donde el contenido de aluminio de los tramos de los conductores de aluminio (2a, 2b) es de, al menos, el 99,5 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias y en donde el contenido de titanio en el resto es, como máximo, de 0,02 % en peso, en función del peso total de los tramos de los conductores;
- 50 b) unir los tramos de los conductores (2a, 2b) mediante soldadura, en donde la soldadura se realiza usando una aleación de material de soldadura que tiene un contenido de aluminio de, al menos, el 85,2 % en peso, un contenido de silicio de 4,0 a 13,0 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso y, como máximo, 1,8 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias;
- 55 y en donde el método de soldadura es soldadura por gas inerte de metal o soldadura por gas inerte de tungsteno.
- 60 9. Conductor (2) para un cable de transmisión de potencia (1) que comprende, al menos, dos tramos separados de conductores de aluminio (2a, 2b), en donde el contenido de aluminio de los tramos de los conductores de aluminio (2a, 2b) es de, al menos, el 99,5 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias y en donde el contenido de titanio en el resto es, como máximo, de 0,02 % en peso, en función del peso total de los tramos de los conductores, uniéndose dichos al menos dos tramos de conductores de aluminio por medio de una junta soldada (20) que comprende una aleación de material de soldadura, caracterizado por que la aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio de, al menos, el 99,5 % en peso, un contenido de titanio de 0,10 a 0,50 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias.
- 65 10. Conductor (2) según la reivindicación 9, en donde la aleación de material de soldadura tiene un contenido de aluminio de, al menos, el 99,5 % en peso, un contenido de titanio de 0,10 a 0,20 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias.
11. Conductor (2) según cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en donde los tramos de conductores de aluminio (2a,

ES 2 777 306 T3

- 2b) tienen un contenido de aluminio de al menos el 99,7 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias.
- 5 12. Conductor (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en donde los otros metales o sustancias de la aleación de material de soldadura comprenden uno o más de Si, Mn, V, Cu, Ti, Zn, Fe, Be y Mg.
13. Conductor (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en donde los otros metales o sustancias de los tramos de los conductores comprenden uno o más de B, Cr, Cu, Fe, Ga, Mn, Si, V, Ti, Zn.
- 10 14. Cable de transmisión de potencia (1) que comprende el conductor según cualquiera de las reivindicaciones 9-13.
15. Proceso para la producción de un conductor (2) para un cable de transmisión de potencia (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 9-13, que comprende las etapas de:
- 15 a) proporcionar, al menos, dos tramos separados de conductores de aluminio (2a, 2b) para un cable de transmisión de potencia (1), en donde el contenido de aluminio de los tramos de los conductores de aluminio (2a, 2b) es de, al menos, el 99,5 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, comprende otros metales y/o sustancias y en donde el contenido de titanio en el resto es, como máximo, de 0,02 % en peso, en función del peso total de los tramos de los conductores;
- 20 b) unir los tramos de los conductores (2a, 2b) mediante soldadura, en donde la soldadura se realiza usando una aleación de material de soldadura que tiene un contenido de aluminio de, al menos, un 99,5 % en peso, un contenido de titanio de 0,10 a 0,50 % en peso y el resto, hasta 100 % en peso, en función del peso total de la aleación del material de soldadura, comprende otros metales y/o sustancias.

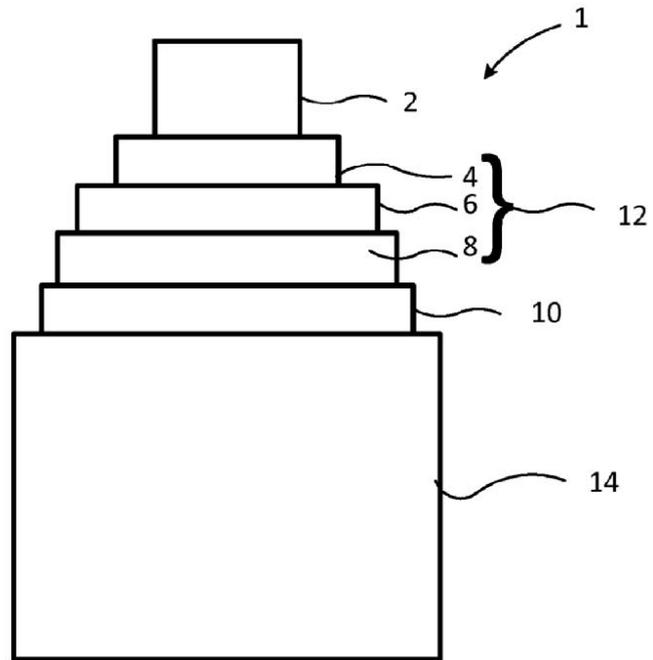


Fig. 1

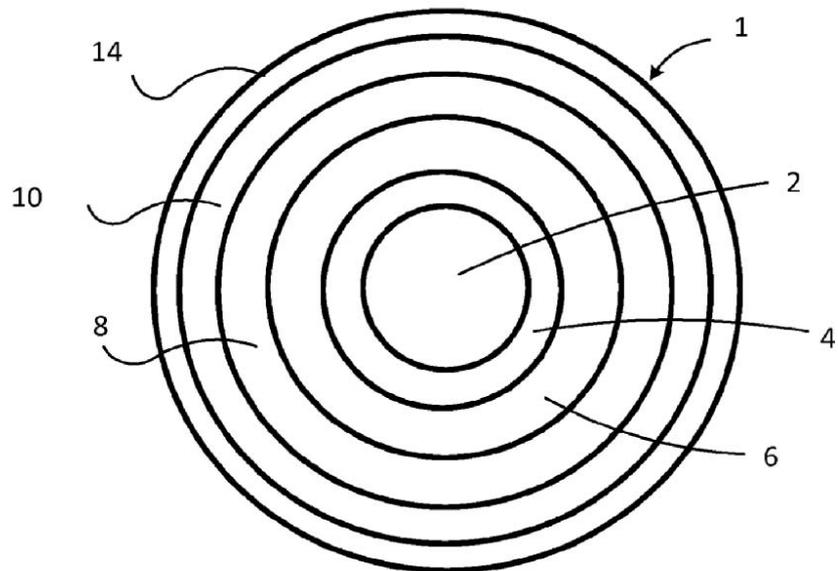


Fig. 2

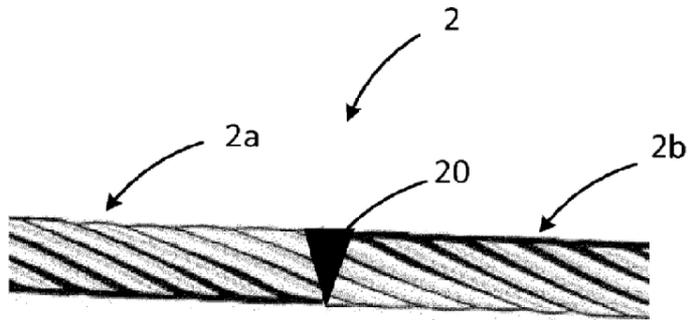


Fig. 3

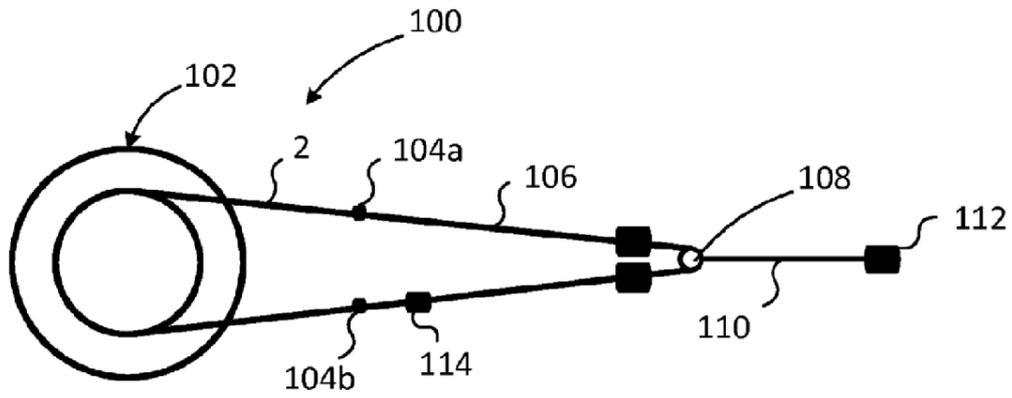


Fig. 4

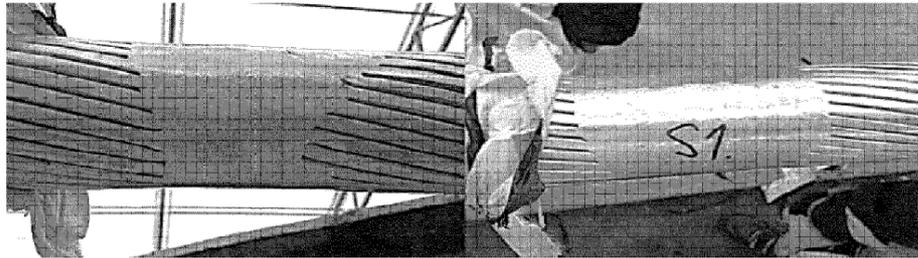


Fig. 5a

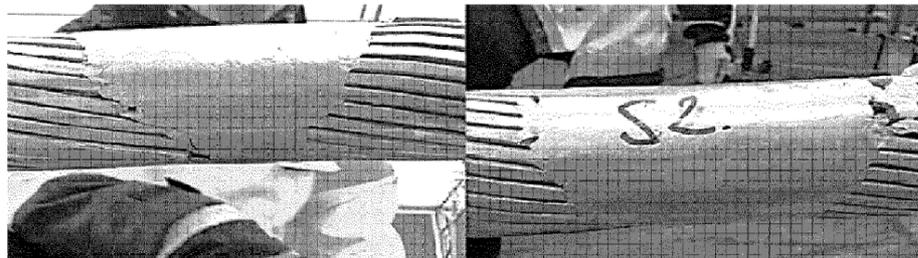


Fig. 5b

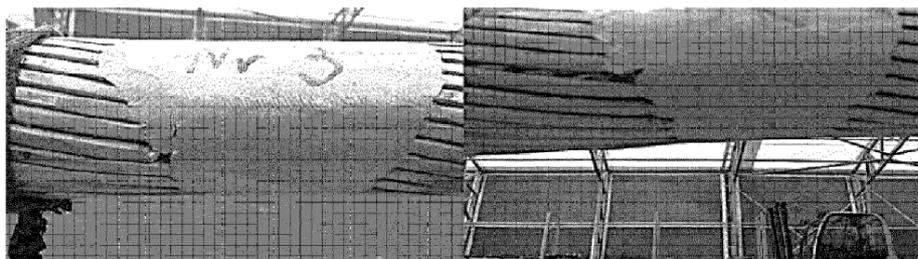


Fig. 5c

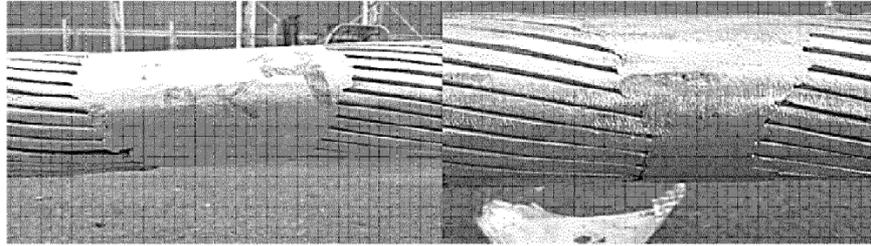


Fig. 5d

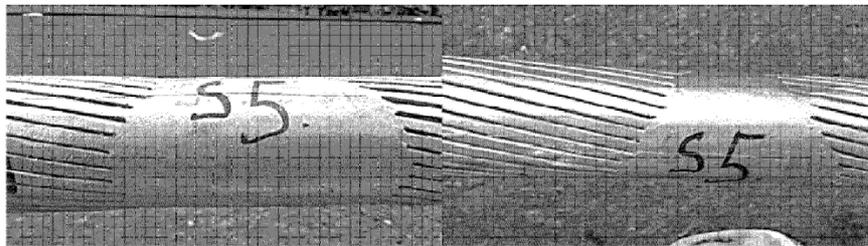


Fig. 5e

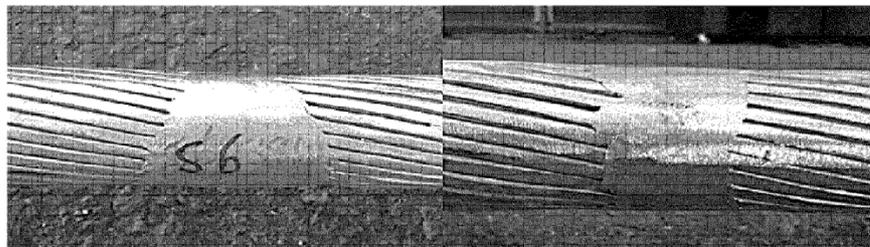


Fig. 5f



Fig. 6a

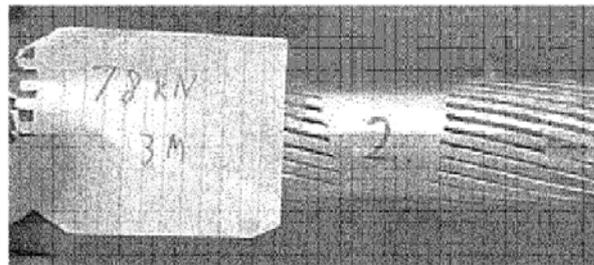


Fig. 6b

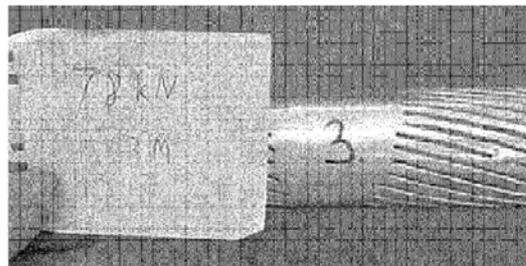


Fig. 6c

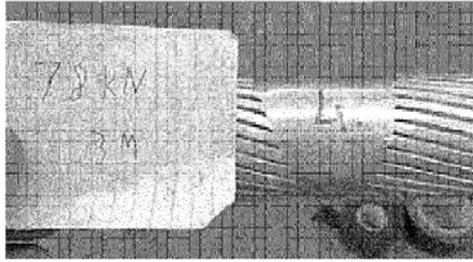


Fig. 6d

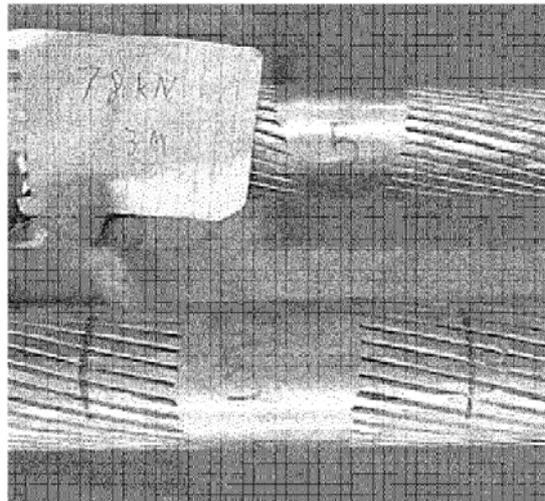


Fig. 6e

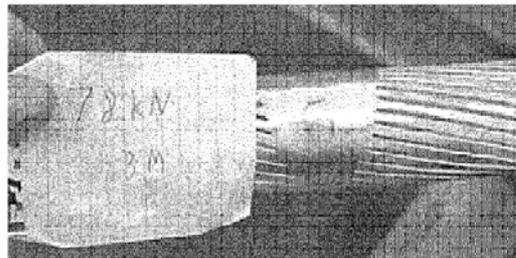


Fig. 6f

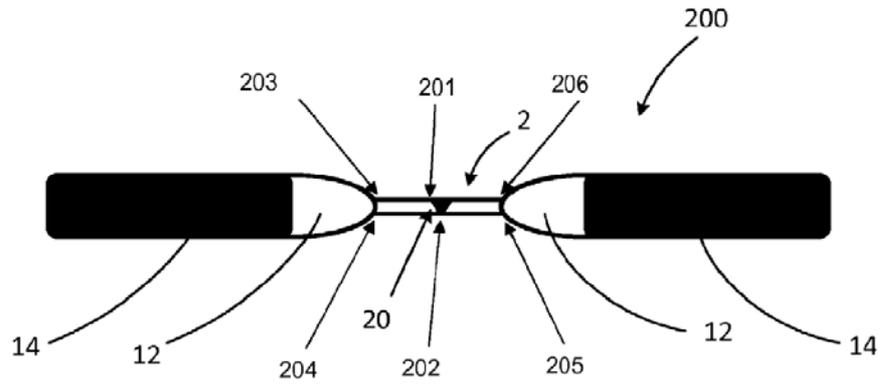


Fig. 7

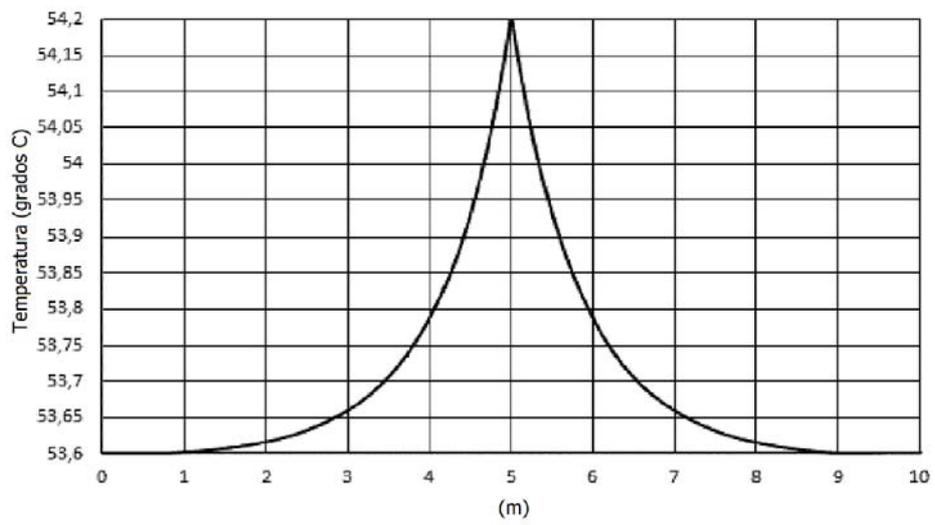


Fig. 8

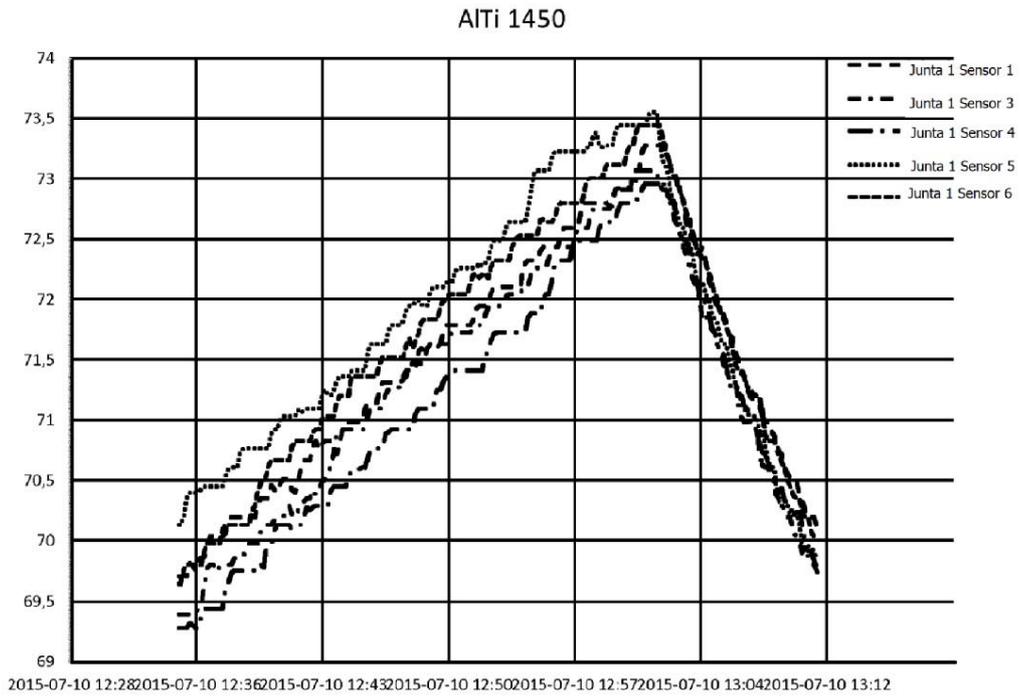


Fig. 9

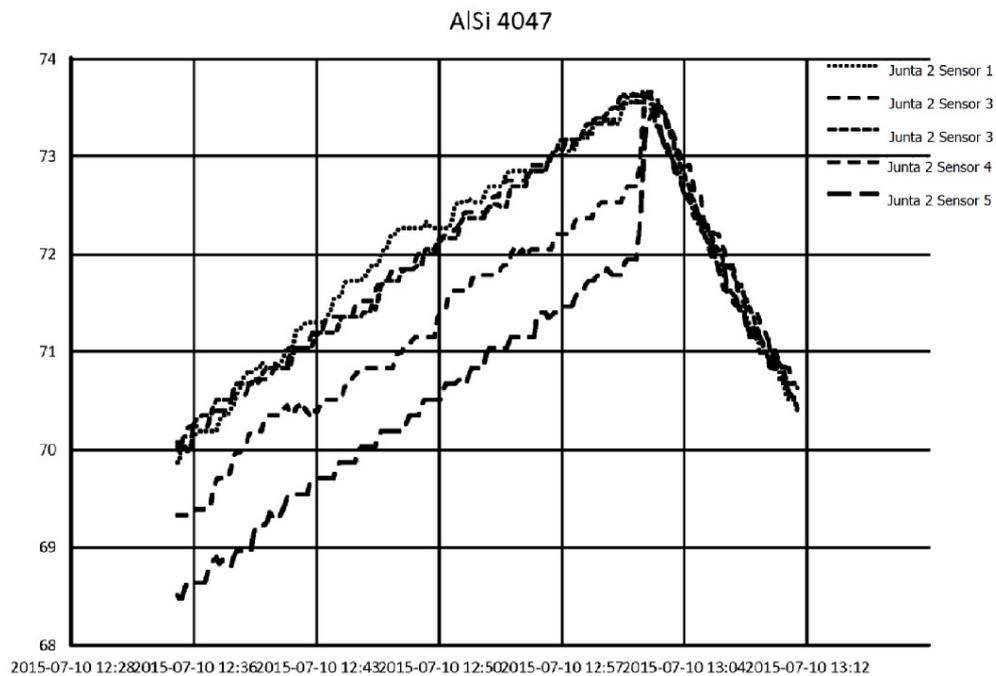


Fig. 10