



330.903

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

P A T E N T E D E I N T R O D U C C I O N

en

E S P A Ñ A

por DIEZ años

a nombre de SOLVAY & CIE., entidad belga, establecida en 33  
Prince Albert, Yvelles, Bruselas, Bélgica, por:

"PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE CONDUCTORES  
ELECTRICOS COMPUESTOS"

---

El presente invento se refiere de una manera general a los conductores eléctricos y, de una manera más particular, a un conductor eléctrico perfeccionado destinado a la transmisión de la energía y a las comunicaciones.

5 La palabra "conductor" se utiliza como término general que comprende los elementos aislantes y protectores de estructuras compuestas así como los elementos conductores que transportan realmente la corriente eléctrica.

10 Hasta ahora, se ha fabricado una gran diversidad de conductores eléctricos con una multitud de construcciones

5 SEP.



y de materias diferentes. El elemento conductor principal de estos conductores ha estado constituido, en general, por cobre o aluminio. Se han propuesto algunos conductores que utilizan sodio como medio conductor, pero estos conductores no han sido admitido nunca comercialmente a consecuencia de dificultades técnicas y económicas diversas. Las características del sodio como conductor eléctrico han sido estudiadas anteriormente y se describen en detalle en "Transactions of Electrochemical Society" Vol. 62, página 151, 1932. Como se indica en el artículo citado, aunque la resistencia específica del sodio sólido sea aproximadamente tres veces superior a la del cobre, la densidad del sodio es de aproximadamente un noveno de la del cobre. Así, para una conductividad dada, un conductor de sodio no pesa mas que un tercio del peso de un conductor de cobre equivalente.

Debido a que el sodio es una materia química extremadamente activa, en particular frente a la humedad y al oxígeno, y que presenta una pequeña resistencia a la tracción, es siempre necesario encerrarlo dentro de una envolvente protectora o de refuerzo para utilizarlo como conductor. Aunque en el pasado se haya propuesto un cierto número de envoltentes diferentes para elementos conductores de sodio, los conductores compuestos resultantes han presentado siempre ciertas dificultades que han impedido extenderlo ampliamente en el comercio. Por ejemplo, se ha propuesto encerrar el sodio dentro de tubos metálicos; sin embargo, la utilización de tubos metálicos no solo hace al conductor resultante pesado y rígido, sino que conduce igualmente a una fabricación y una instalación costosa y difícil a consecuencia de la imposibilidad de fabricar secciones largas y continuas. Además,



en el caso en que el tubo es de una materia magnética, tal como hierro o acero, los conductores compuestos no pueden servir para transportar corriente alterna. De hecho se ha descubierto que la resistencia en corriente alterna de tal conductor es en general por lo menos cinco veces superior a

5

la resistencia en corriente continua del mismo conductor.  
En consecuencia, el presente invento se propone especialmente proporcionar:

Un conductor eléctrico perfeccionado que es extremadamente flexible y ligero;

10

un conductor que presenta una tensión de comienzo de efecto o corona relativamente elevado para aplicaciones a alta tensión;

un procedimiento económico para fabricar tal conductor de una manera continua.

15

El presente invento proporciona un conductor eléctrico compuesto que comprende un alma conductora constituida de una manera predominante por sodio, potasio, litio, cesio, rubidio, o calcio o por una aleación que tenga por base uno o varios de estos elementos, rodeada por una envolvente tubular de una materia aislante flexible sensiblemente inerte frente a la materia del alma, estando la superficie interior de esta envolvente, o bien en contacto continuo con el alma, o bien por lo menos en parte separada del alma por un espacio anular que contiene un líquido aislante electricamente.

20

25

El presente invento incluye igualmente dentro de su marco un procedimiento que permite producir un conductor eléctrico compuesto tal como se ha definido mas arriba, cuyo procedimiento consiste en rodear de una manera contigua una cierta cantidad de la materia del alma constituida de una

30



manera predominante por sodio, potasio, litio, cesio, rubidio o calcio, o una aleación que tenga por base uno o varios de estos elementos, por una envolvente tubular de una materia aislante flexible que es sensiblemente inerte frente a la materia del alma, mientras que la superficie de contacto de por lo menos una de estas materias se encuentra a una temperatura elevada, superior a su temperatura de reblandecimiento.

5

En los dibujos anejos:

10

La figura 1 es un corte transversal de un modo de realización preferido de un conductor compuesto del presente invento;

la figura 2 es una vista en alzado esquemática de un aparato de extrusión que sirve para producir el conductor compuesto de la figura 1;

15

la figura 3 es un corte transversal de una variante de conductor,

la figura 4 es una vista en alzado esquemático de un aparato de extrusión que sirve para producir el conductor compuesto de la figura 3;

20

la figura 5 es un corte transversal de otra variante del conductor, que presenta una tensión de comienzo de efecto de corona relativamente elevado para aplicaciones a alta tensión;

25

la figura 6 es un corte transversal de todavía otra variante del conductor compuesto del presente invento;

la figura 7 es un corte transversal de otra variante en la cual el conductor está compuesto por un cierto número de elementos conductores aislados y separados; y

30

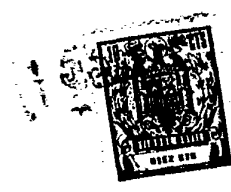
la figura 8 es un corte transversal de un conector preferido destinado al conductor compuesto del presente



invento.

Con una finalidad de concisión, el presente invento será descrito haciendo referencia particularmente al sodio, pero es evidente que puede ser utilizado en su lugar cualquiera de los otros metales o aleaciones indicados mas arriba. 5  
Ademas, el presente invento considera y comprende dentro de su marco la presencia de pequeñas cantidades de otros metales que pueden tener un efecto importante sobre el punto de fusión, la dureza u otras características del conductor, sin tener 10  
efecto importante sobre su pequeña relación peso/conductibilidad. De una manera general, las aleaciones que convienen tienen una densidad comprendida dentro de una gama que va de 0,5 a 2,0 y un módulo de tracción comprendido en una gama que va de  $0,028 \times 10^6$  a  $0,35 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>.

Dotando al elemento conductor de sodio de una envolvente aislante flexible, tal como una envolvente de polietileno, el presente invento proporciona un conductor compuesto que tiene todas las ventajas de un conductor de sodio sin ninguna desventaja de los conductores de la técnica anterior. El 15  
presente invento se debe en parte al descubrimiento inesperado de que la flexibilidad de la envolvente aislante no varia de una manera importante cuando está llena de sodio metálico. Ademas, el conductor compuesto presenta una resistencia en corriente alterna que es sensiblemente la misma que su resistencia en corriente continua, y presenta la pequeña relación 20  
peso/conductividad que es característica del sodio metal. El conductor compuesto puede ser producido igualmente de modo rápido y de una manera eficaz por uno cualquiera de un cierto número de procedimientos relativamente sensibles, y con un mínimo de operaciones. Otra ventaja importante presentada por 25  
30



el presente invento es el hecho de que la materia de la envolvente puede tener un coeficiente de dilatación lineal mucho mas elevado que el del sodio; y cuando la materia de tal envolvente se aplica sobre el elemento conductor de sodio en estado fundido y es enfriada luego, la envolvente puede tener por efecto comprimir el elemento de sodio durante la refrigeración, y por consiguiente, impedir la formación de vacios entre el sodio y la envolvente aislante.

Haciendo referencia a la figura 1, ésta representa un conductor compuesto constituido por una varilla o un alambre de sodio 10 que forma el alma del conductor, una envolvente tubular aislante flexible 12 que rodea el hilo 10, una barrera fina o blindaje 14 que rodea la envolvente 12 y una camisa protectora 16 dispuesta alrededor del blindaje 14.

La envolvente 12 puede estar compuesta por una cualquiera de una diversidad de materias aislantes flexibles que son sensiblemente inertes frente al sodio. En general, la envolvente 12 debe presentar una pequeña permeabilidad al aire y a la humedad y debe presentar un módulo de tracción inferior a  $0,35 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  aproximadamente. Las materias preferidas para la envolvente son las resinas termoplásticas o termoendurecibles. Por ejemplo, resinas termoplásticas apropiadas son el polietileno de densidad reducida, media o elevada, el polietileno de cadena rectificada, el polipropileno, los fenato y un copolímero de etileno y de alfaolefina. Resinas termoendurecibles apropiadas son las resinas fenólicas, de poliéteres y de epóxidos. Otras materias apropiadas para la envolvente estan constituidas por ciertos cauchos naturales o sintéticos tales como el caucho estireno-butadieno, el caucho butilo-neopreno, el caucho de siliconas, un caucho de butadie-



no y de acrilonitrilo y cauchos análogos.

El espesor de la envolvente aislante flexible 12 puede varias entre límites extensos según la resistencia de aislamiento deseada. En general, se prefiere determinar el espesor de la envolvente basándose en un factor de estudio de 400 a 8000 voltios por milímetro de espesor de la envolvente.

La barrera o blindaje 14 forma una barrera contra los vapores que impide que el oxígeno y la humedad se infiltren a través de la envolvente 12 para llegar hasta el hilo de sodio 10 durante un largo periodo de servicio. En el caso de aplicaciones a alta tensión, la barrera o pantalla 14 puede servir igualmente de blindaje eléctrico. La barrera o blindaje 14 es habitualmente de un metal tal como cobre o aluminio y puede ser aplicada por un enrollamiento clásico seguido por un engaste, una soldadura blanda, o una soldadura autógena. En una variante, la barrera o blindaje 14 puede ser aplicada por un enrollamiento en espiral, o aplicando una película polímera impermeable a los vapores.

La finalidad principal de la camisa 16 que rodea la barrera o blindaje 14 es asegurar una protección mecánica al conductor compuesto. La camisa 16 puede ser de polietileno o de cualquier otra materia protectora flexible.

Un procedimiento preferido que sirve para producir un hilo de sodio encerrado dentro de una envolvente de polietileno destinada a ser utilizada para formar el conductor compuesto de la figura 1 se representa en la figura 2. La resina termoplástica fundida bajo presión sale de un dispositivo de extrusión 20 a través de un orificio anular de una hilera transversal 22, formando de esta manera un tubo termoplástico extruido 12. Simultáneamente, durante la extrusión del tubo 12,



se envia sodio metálico fundido bajo presión desde un depósito de alimentación 24 (aislado por nitrógeno) a través de un orificio central circular de la hilera 22, formando así una varilla o hilo 10 de sodio extruido en el interior del tubo de materia termoplástica 12. Debido a que la resina termoplástica y el sodio son extruidos simultáneamente, a la vez la resina y el sodio se encuentran en el estado fundido cuando vienen a ponerse en contacto, y se ha descubierto que esto producía un vínculo sólido entre el sodio y ciertas resinas cuando se enfrían después.

Las dimensiones del conductor compuesto producido por el procedimiento de extrusión simultáneo de la figura 2, es decir, el diámetro del hilo de sodio 10 y el espesor del revestimiento termoplástico aislante, 12, pueden ser mandados regulando un cierto número de variables que dependen unas de otras. Para una hilera dada, las variables principales son la temperatura y la presión de la resina fundida, la temperatura y la presión del sodio fundido, así como la velocidad de extrusión o velocidad de encogimiento del conductor compuesto. En general, el diámetro del hilo de sodio 10 aumenta con presiones de sodio crecientes y con temperaturas de sodio o de resina crecientes. Igualmente, el espesor de revestimiento de materia termoplástica 12 disminuye con un aumento del diámetro del hilo de sodio y con un aumento de las velocidades de extrusión. Se pueden mandar igualmente el diámetro del conductor compuesto utilizando placas de calibrado. Así, se puede fácilmente mandar las dimensiones del conductor final regulando una o varias de las variables citadas.

A partir de la hilera 22, se hace pasar el conductor compuesto a extruir a través de una caja seca 26 purgada



5 por nitrógeno, que impide que el sodio arda en el caso en que se produzca una rotura del tubo termoplástico 12 en el momento de su extrusión: La caja seca 26 está colocada en la proximidad de la hilera de extrusión 22, por que ésta es la zona donde reinan las temperaturas mas elevadas, y la zona donde las roturas son más susceptibles de producirse. La caja seca puede estar provista de una pared transparente o de ventanas que permiten observar la operación de extrusión.

10 De la caja seca 26 purgada por nitrógeno, el conductor compuesto pasa a traves de un baño de refrigeración líquido 28 que hace cuajar el tubo termoplástico 12 y solidificar el hilo de sodio 10. El líquido de refrigeración es de preferencia un aceite u otro líquido que es inerte frente al sodio, lo que constituye una seguridad en el caso en que se produzca una rotura del tubo 12 de materia termoplástica dentro del baño. El líquido de refrigeración debe ser igualmente inerte frente al tubo 12 de materia termoplástica. Se puede regular la temperatura del baño de refrigeración para realizar una refrigeración adecuada según la temperatura de extrusión, la longitud del baño, la dimensión del conductor, la velocidad de salida y los elementos análogos. Naturalmente, el depósito de refrigeración 28 puede ser sustituido por cualquier otro dispositivo de refrigeración apropiado, tal como una correa de refrigeración que tenga una forma que le permita ajustarse sobre el tubo 12.

25 Durante la puesta en marcha del procedimiento representado en la figura 2, la materia termoplástica procedente del dispositivo de extrusión 20 es extruida en primer lugar sin sodio fundido hasta que se haya establecido y estabilizado la velocidad de extrusión y de otras condiciones de trabajo.



Durante este periodo de puesta en marcha, se puede dejar que la materia termoplástica se aplaste a medida que sale del orificio anular de la hilera para formar así una varilla maciza, o bien se puede mantener en forma de un tubo enviando un gas bajo presión a través del orificio central de la hilera. Después de haber establecido las condiciones deseadas, se pone en marcha la extrusión del hilo de sodio 10 en el interior del tubo 12. Es importante que el sodio fundido sea encerrado continuamente en el interior de la hilera 22 y del tubo de materia termoplástica 12 durante la operación de extrusión, por que el sodio fundido se inflama facilmente cuando está expuesto a una atmósfera que contiene oxígeno a temperaturas de 120°C aproximadamente, o superiores. A título de medida de seguridad, es ventajoso extruir el sodio a una temperatura inferior a 120°C y comprendida dentro de una gama apropiada que va de 105°C a 110°C aproximadamente.

En el caso en que el conductor compuesto de la figura 1 ha de ser utilizado para aplicaciones a alta tensión, es importante que el hilo de sodio 10 esté fijado de una manera continua a la envolvente 12 de materia termoplástica para presentar una tensión de comienzo de efecto de corona elevado. En tales casos, es importante que la resina particular utilizada sea una resina que se adhiera facilmente al sodio durante el procedimiento de extrusión simultánea de la figura 2. Desde este punto de vista, se ha descubierto que polietileno estabilizado per no modificado, a densidad pequeña o elevada, dá una excelente adherencia. El acrilato de etileno y de etilo, el acetato de etileno y de vinilo y el polietileno modificado por un agente que impide el apelmazamiento o un agente que ofrece propiedades deslizantes, proporcionan



una adherencia mediocre.

Una variante de estructura del conductor compuesto que presenta una tensión de comienzo de efecto de corona elevado, incluso sin adherencia del elemento conductor de sodio sobre la envolvente aislante, está representada en la figura 3. En esta construcción, el hilo de sodio 10 está encerrado dentro de una capa tubular o revestimiento 30 de una materia semiconductora flexible, una envolvente aislante flexible 32 que rodea la capa 30, una segunda capa semiconductora 33 que rodea la envolvente 32, una barrera fina o pantalla 34 que rodea la capa semiconductora 33 y una camisa protectora 36 que rodea la pantalla 34. La envolvente 32, la barrera o blindaje 34, y la camisa 36 son similares, respectivamente, a la envolvente 12, a la barrera o blindaje 14, y a la camisa 16 en la figura 1. Las capas semiconductoras 30 y 33 pueden ser de una resina semiconductora tal como polietileno semiconductor o cualquier otro semiconductor flexible que es sensiblemente inerte frente al sodio. En el caso del polietileno que ha sido hecho semiconductor por una adición de negro de humo se ha descubierto que incluso si se forma una capa de óxido entre el elemento de sodio 10 y la capa semiconductora 30 de manera que no exista adherencia, el conductor resultante presenta todavía una tensión de comienzo de efecto de corona elevado.

El conductor compuesto de la figura 3 puede ser fabricado utilizando una hilera doble para el procedimiento representado en la figura 2. Así, el hilo de sodio 10, la capa semiconductora 30, y la envolvente aislante 32 serian extruidos todos simultáneamente.

En el caso del sodio y de otros metales que pueden



reaccionar, el hilo metálico 10 en el procedimiento representado en la figura 2 puede ser extruido, o bien en forma líquida, o bien en forma sólida. Sin embargo, el calcio presenta un punto de fusión de 849°C aproximadamente, que es muy superior al punto de fusión del polietileno y de otras materias apropiadas para la envolvente. En consecuencia, cuando el hilo metálico 10 está compuesto por calcio o por otro metal o aleación que presenta un punto de fusión superior al punto de fusión de la envolvente elegida, es importante que el hilo 10 sea extruido en forma sólida, con objeto de evitar calentar exageradamente la envolvente.

Una variante del procedimiento de la figura 2 se representa en la figura 4. Debido a que el procedimiento de la figura 4 forma el elemento conducto metálico antes de extruir la envolvente de materia plástica, este procedimiento puede aplicarse igualmente al calcio y a los metales alcalinos. Haciendo referencia con mas detalle a la figura 4, sodio fundido bajo presión es enviado inicialmente a partir de un depósito de alimentación 40 a través de un dispositivo de extrusión refrigerado y una hilera de extrusión circular 42 para formar una varilla o un hilo 10 de sodio extruido. A medida que el sodio es extruido y que sale de la hilera 42, es refrigerado además por nitrógeno líquido para permitir que el hilo de sodio se sostenga por si mismo. El hilo de sodio 10 pasa luego a través de un conducto 44 lleno de nitrógeno y va a una hilera 46 donde recibe un revestimiento formado por una capa 47 de resina semiconductor que sale de un dispositivo de extrusión 48.

La operación de extrusión es mandada de la misma manera que la que se describe mas arriba en relación con la



figura 2, salvo el hecho de que no es posible regular la presión del sodio, por que éste ha sido ya preformado y solidificado. El espesor de la capa semiconductor 47 puede variar ampliamente según la dimensión del conductor de sodio, el tipo de materia semiconductor utilizada y el grado de flexibilidad deseado. En general, el espesor de la capa semiconductor se encuentra dentro de una gama comprendida entre 0,025 y 0,75 mm.

A medida que el sodio revestido de una capa semiconductor sale de la hilera 46, la resina semiconductor es refrigerada y se cuaja a consecuencia de la temperatura del sodio que ha sido refrigerado anteriormente. Desde la hilera 46, el conductor compuesto pasa a través de un conducto 49 exento de humedad, y lleno de nitrógeno, que protege e impide que el semiconductor sea acompañado por la humedad u oxígeno. Desde el conducto 49, el conductor compuesto pasa a través de una segunda hilera 56 donde recibe un revestimiento de una capa 57 de una resina aislante, tal como polietileno, que sale de un dispositivo de extrusión 58. La capa aislante 57 debe adherirse sobre la capa semiconductor 47 para presentar una tensión del comienzo de efecto de corona elevada para aplicaciones a alta tensión. Puede ser ventajoso recalentar el semiconductor para asegurar una fijación máxima con el aislante. El conductor compuesto final es retirado luego a través de un baño de refrigeración 59 para hacer cuajar la capa aislante 57.

Otra construcción del conductor compuesto que es particularmente útil para aplicaciones a tensión extremadamente elevada se representa en la figura 5. En esta construcción, una capa 50 de una esponja de materia plástica con cel-

5 SEP



das abiertas impregnada por un líquido aislante, sustituye a la envolvente aislante maciza 12 de la figura 1. La espuma impregnada 50 está encerrada dentro de una barrera o pantalla 54 y una camisa protectora 56, y capas 51,53 de una materia semiconductor separada la esponja 50 del hilo 10 y de la barrera o blindaje 54, respectivamente. En una variante, la esponja impregnada puede ser sustituida por un cierto número de capas de papel o de una película de materia plástica delgada y porosa o gofrada, estando impregnados el papel o la película con aceite e incluyendo aceite suplementario dispuesto entre las capas próximas. Igualmente, se puede utilizar una serie de dispositivos de separación aislantes, por ejemplo, una serie de salientes anulares o un saliente en espiral continua colocado sobre la superficie interior en contacto con el hilo de la envolvente 12, estando llenos los vacíos que separan los dispositivos de separación con un líquido dieléctrico. En cualquiera de estas construcciones, el líquido debe encontrarse bajo una ligera presión, de manera que el aislamiento se separe por si mismo por el hecho de que todo vacío que pueda presentarse es inmediatamente llenado por el líquido. Naturalmente, el líquido particular utilizado debe ser sensiblemente inerte frente al sodio, tal como aceites dieléctricos exentos de humedad que son bien conocidos en la técnica. Se pueden utilizar para la esponja la película y los otros dispositivos de separación de esta construcción una gran diversidad de materias plásticas, tales como el polietileno, el poliestireno, los poliuretanos, etc.

En los conductores compuestos de las figuras 1, 3 y 5, que conviene particularmente para la transmisión de la energía, la resistencia a la tracción depende principalmente



de la resistencia a la tracción del aislante flexible y del blindaje metálico. Cuando se tiene necesidad de una resistencia a la tracción superior a la que puede ser proporcionada por la materia aislante sola y no es ventajoso utilizar el blindaje como elemento de soporte, se puede utilizar la construcción representada en la figura 6. En esta última construcción, un elemento de refuerzo 60, tal como un hilo de acero, está fijo a la camisa protectora del conductor compuesto. En otras palabras, el conductor de sodio aislado está suspendido del elemento de refuerzo 60 de resistencia a la tracción elevada. Además, como se explica más adelante, es posible mejorar la resistencia del conductor orientando la materia aislante de la envolvente, y tal procedimiento es particularmente ventajoso para cables que han de ser utilizados para las comunicaciones.

La figura 7 representa una variante de un modo de realización del presente invento que utiliza una serie de pequeños conductores de sodio 90 encerrados dentro de una envolvente de polietileno en el interior de una barrera o blindaje 94 y de una camisa protectora exterior 96. Este tipo de conductor puede ser producido por una extrusión simultánea de todos los conductores aislados 90, y sirve particularmente para ciertas aplicaciones destinadas a las comunicaciones.

En una variante, los conductores aislados 90 pueden ser realizados fabricando en primer lugar un conductor de sección recta relativamente grande, por los procedimientos descritos aquí, y en particular por el procedimiento representado en la figura 2, y luego alargando el conductor así producido y reduciendo su sección recta a la dimensión deseada. Según el presente invento, esto puede ser efectuado según un



cierto número de modos diferentes, tales como aplicando una  
tensión sobre el conductor haciéndolo pasar sobre cilindros,  
manteniéndolo a la vez, o bien al aire, o bien dentro de un  
baño de líquido a temperatura controlada inerte frente al  
5 sodio. Una manera preferida consiste en hacer pasar el con-  
ductor a través de una o varias hileras de estirado de hilo,  
ya sea en una sola pasada, ya sea en varias pasadas.

Una ventaja inesperada que procede de la reducción  
de la sección recta de un conductor según el invento por el  
10 procedimiento que acaba de ser descrito, es que se obtiene  
una resistencia a la tracción varias veces mayor, como se ve-  
rá según las cifras dadas más adelante. Este aumento de re-  
sistencia procede de la orientación molecular de la materia  
del envolvente aislante. Naturalmente, para conseguir tal  
15 orientación, es preciso utilizar una materia orientable. Se  
puede mandar el grado de orientación regulando la temperatu-  
ra a la cual se produce la reducción y por el porcentaje de  
alargamiento, como lo comprenderán los especialistas de la  
orientación de los monofilamentos de materia plástica. Estas  
20 condiciones difieren, naturalmente, para materias diferentes,  
pero se obtienen habitualmente la orientación a la gama de  
temperaturas de transición de segundo orden o a cerca de es-  
ta temperatura. En un procedimiento que utiliza un cierto nú-  
mero de reducciones sucesivas, puede ser ventajoso realizar  
25 esta orientación únicamente en el curso de la última opera-  
ción de reducción.

Las conexiones eléctricas con los conductores com-  
puestos del presente invento pueden ser efectuadas con ayuda  
de un cierto número de conectadores diferentes, uno de los  
30 cuales se representa en la figura 8. El conectador de la fi-



gura 8 comprende, de una manera general, dos tuercas 70, 70a, teniendo cada una un costado 71, 71a, un racor tubular roscado 74, dos virolas 73, 73a, destinadas a ajustarse en el interior del racor 74, dos casquillos 75, 75a destinados a cooperar con las virolas respectivas 73, 73a y un conductor de cobre o de latón 76 que atraviesa el racor 74 y la tuerca 70a. El conductor 76 está provisto de un saliente fileteado 78 en uno de sus extremos. Para utilizar este conectador, una parte del sodio 10 está escariada en un extremo del conductor de sodio 80 encerrado dentro de una envolvente de polietileno; el conductor 76 se introduce luego en la envolvente de polietileno 12 restante y el saliente fileteado 78 se rosca en el sodio 10. las tuercas 70, 70a se rosca luego sobre el racor 74 hasta que los costados 71, 71a empujan estrechamente los casquillos 75, 75a dentro de las virolas 73, 73a; se obtiene así un racor bajo presión estanca a los líquidos comprimiendo las virolas 73, 73a sobre la envolvente de polietileno 12 en la parte del conductor 80 sobre la cual ha sido retirado el sodio, y sobre el conductor 76, respectivamente.

En un ejemplo del presente invento, se han fabricado una serie de conductores de sodio revestido de polietileno por el procedimiento representado en la figura 1. La resina del polietileno particular utilizada presentaba una densidad de 0,92 y ha sido extruida a traves de un orificio anular que tiene un diámetro interior de 6,4 mm., y un diámetro exterior de 12,8 mm. La resina ha sido extruida a una temperatura de 130°C, temperatura dentro de la hilera. El sodio fundido ha sido enviado al tubo de materia plástica extruido a traves de una hilera a una temperatura de 112°C. Desde la hilera de extrusión, se ha hecho pasar el conductor de sodio



revestido de polietileno resultante a través de una caja seca  
 llena de nitrógeno y luego a través de un baño de refrigeración  
 de diéter de polietileno glicol que ha reaccionado fuertemente.  
 El baño de refrigeración ha sido mantenido a una temperatura  
 de 25 a 27°C.

5

Las dimensiones del hilo de sodio y del revestimiento han sido mandadas regulando las velocidades salidas y la presión del sodio fundido, como se ve en la tabla siguiente.

TABLA I

	Diámetro del hilo de sodio.	Dimensión aproximada de un hilo de cobre e- quivalente.	Expesor de polietileno.	Presión del sodio (altu- ra del lí- quido con una densidad igual a 1,0).	Velocidad de salida.
	mm	mm	mm	cm	m/mn
10	6,6	-	1,37	43,2	1,89
	4,7	3,27	1,22	28,7	2,02
	4,2	2,59	0,81	37,1	3,47
	6,6	4,11	1,12	46,2	1,64
	5,6	3,27	2,41	19,1	0,99
20	6,4**	4,11	1,17	35,5	2,39
	1,6	0,91	0,33	17,3	21,34

\*\* Polietileno a densidad elevada

Muestras de los conductores dados mas arriba han sido  
 hendidas longitudinalmente para examinar su estructura in-  
 terna. Se ha descubierto que el sodio llenaba el tubo de polie-  
 tileno completa y uniformemente sin ningún vacío. Además, el  
 sodio y el polietileno estaban fijos juntos tan firmemente que  
 todas las pruebas efectuadas para quitar la envolvente de po-  
 lietileno se han traducido en roturas en el sodio mas bien que

25

30



en la superficie de separación sodio/polietileno.

5 Muestras de los conductores sodio-polietileno han sido probadas para determinar su flexibilidad midiendo la carga necesaria para curvar el centro de una sección de 6,4 cm no soportadas de un conductor en una distancia de 0,064 mm. Las mismas pruebas han sido efectuadas también en tubos de polietileno vacíos idénticos a los que están llenos de sodio, y en conductores de cobre cableados de dimensiones diversas. Los resultados de estas pruebas están dados en la Tabla II.

10

TABLA II

Artículos probados	Aislante		Dimensión de un hilo equivalente	Carga
	Materia	Espesor		
15 Hilo de cobre cableado nº 4 (7 cordones diámetro exterior 1,96 mm).	Vinilo flexible	mm 1,27	mm* -	Kg 4,90
Tubo lleno de sodio	Polietileno de poca densidad.	1,37	5,18	0,91
20 Tubo vacío (el mismo que mas arriba)	"	1,37	5,18	0,45

\* Sobre la base de una conductividad equivalente

25

Como se ve de acuerdo con las cifras anteriores, el tubo de polietileno lleno de sodio era sensiblemente tan flexible como el mismo tubo vacío. Además, los conductores polietileno-sodio eran mucho más flexibles que el conductor de cobre equivalente aislado con un compuesto de vinilo flexible.

30

Cuando el sodio ha sido encerrado dentro de una envoltura de

5 SEP



resina de densidad elevada, la carga de deformación ha sido de 3,67 kg en lugar de 3,63 kg en vacío.

5 En otro ejemplo del presente invento, un tubo lleno de sodio de polietileno de poca densidad ha sido mantenido a una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  durante tres horas y luego doblando diez veces a  $180^{\circ}$  en direcciones alternas. No han aparecido ninguna fisura ni en el sodio ni en el tubo.

10 En otros ejemplos, se ha medido la resistencia eléctrica de tubos de polietileno (de una densidad de 0,9334) llenos de sodio, con un espesor de pared de 0,91 mm y tubos de acrilato de etileno y de etilo llenos de sodio con un espesor de pared de 1,37 mm y se han sumergido en agua. Las resistencias de los conductores no han variado después de tres meses de inmersión continua.

15 Un tubo de polietileno lleno de sodio ha sido preparado y se ha probado para determinar su resistencia en corriente alterna y en corriente continua. Se ha descubierto que la resistencia en corriente alterna era la misma que en corriente continua. Se ha rodeado luego el conductor compuesto por un tubo de hierro, y se ha descubierto que la resistencia en corriente alterna estaba multiplicada al menos por cinco.

20 En el curso de otra prueba, se han perforado agujeros de un diámetro que variaba hasta 3,8 mm a través de la pared del conductor de sodio polietileno, penetrando parcialmente dentro del sodio. Se ha sumergido luego completamente el conductor dentro del agua. Cuando los agujeros han sido limpiados y raspados con un hilo mientras estaban bajo el agua, se ha producido un desprendimiento de hidrógeno a partir de los agujeros más grandes. Sin embargo, incluso con

30



los mayores agujeros, la reacción se ha detenido progresivamente después que el hilo ha sido retirado. Cortando luego el conductor, se ha comprobado que una capa de óxido o de hidroxilo se había depositado sobre el sodio puesto al descubierto, capa que impedía que prosiguiera la reacción. Naturalmente, los conductores perforados no podían ya convenir desde el punto de vista eléctrico, pero la prueba fué importante desde el punto de vista de la seguridad por el hecho de que la reacción se limitó a las zonas al descubierto y se terminó por sí misma.

En un ejemplo que utilizaba potasio como elemento conductor, se ha hecho fundir 45 g aproximadamente de potasio, se han calentado a una temperatura de 140°C y se han vertido luego en un tubo de acrilato de etileno y de etilo de un diámetro de 6,4 mm preformado. Se ha hecho pasar luego una corriente alterna de una intensidad de 15 amperes y de una frecuencia de 60 periodos por segundo a través del conductor aislado por medio de electrodos de cobre introducidos en los extremos del conductor. Se ha descubierto que la resistencia era de  $9,58 \times 10^{-6}$  ohmio-cm lo que se compara favorablemente con la resistividad teórica de  $7,3 \times 10^6$  ohmio-cm para el potasio.

En otro ejemplo que utilizaba como elemento conductor una aleación líquida (a la temperatura ambiente) que contiene 35% en peso de sodio y 77% en peso de potasio, se ha hecho fundir 5,75 g de sodio y 19,25 de potasio y se han calentado a 140°C. La aleación líquida se ha vertido luego en un tubo de acrilato de etileno y de etilo de un diámetro de 6,4 mm preformado. Se ha descubierto que la resistividad del conductor aislado resultante era de  $36,6 \times 10^{-6}$  ohmio-cm, lo



que es la resistividad teórica estimada de esta aleación.

5 Para ilustrar el modo de realización del presente invento según el cual un conductor compuesto de diámetro (o de sección recta) relativamente grande ha sido reducido a un diámetro menor, se citan los ejemplos y las cifras siguientes.

10 Un conductor extruido que comprende un conductor de sodio de 2,7 mm y una envolvente aislante de polietileno ha sido fabricado por el procedimiento ilustrado en la figura 2. El diámetro exterior del conductor compuesto era inicialmente de 4,5 mm y el grosor de la pared de la envolvente era de 0,9 mm. El polietileno utilizado presentaba una densidad de 0,944 y un índice de fusión de 0,2.

15 Se ha hecho pasar una longitud de 152 m de este conductor sucesivamente a través de una serie de hileras en una máquina de estirar el hilo clásica a una velocidad de 122 a 182 m/min. Estas hileras de manera que se obtuviera una reducción de 20% de la superficie en sección recta a cada pasada. Se ha medido el conductor después  
20 de cada pasada a través de cada matriz y se ha determinado de una manera clásica su resistencia a la tracción. En el curso de estas pruebas, se ha observado que el diámetro de las muestras aumentaba ligeramente entre el momento en que era pasada en primer lugar a través de una hilera y el momento  
25 en que su resistencia a la tracción era determinada. La tabla III ofrece los resultados de estas pruebas, e indican las dimensiones de las hileras, el diámetro exterior del conductor en el momento de la prueba de tracción, la resistencia a la tracción a la rotura y el porcentaje de alargamiento  
30 con relación a la longitud original.



TABLA III

Muestra	Diámetro de la hilera	Diámetro exterior del conductor	Resistencia a la tracción.	Alargamiento.
5 Original	mm cero	mm 4,55	kg/cm <sup>2</sup> 179	% cero
A	3,89	4,12	215	21
B	3,48	3,99	231	29
C	3,10	3,61	290	59
D	2,77	2,87	469	151
10 E	2,47	2,59	639	208

Conviene señalar, de acuerdo con las cifras dadas en la tabla III, que la resistencia del conductor ha sido multiplicada casi por 4 mientras era alargada tres veces su longitud inicial y su diámetro se redujo aproximadamente el 40%.

15 En otro ejemplo, se ha hecho pasar otra longitud del conductor descrito mas arriba a traves de las mismas hileras utilizadas para los ejemplos precedentes dispuestas en serie, pasando el conductor a traves de una hilera y yendo a la siguiente a una velocidad global de 23,8 m/min. aproximadamente. El diámetro exterior del conductor (muestra F) ha sido reducido de 4,5 mm a 2,58 mm, su resistencia a la tracción se ha elevado de 179 kg/cm<sup>2</sup>. hasta 685 kg/cm<sup>2</sup> mientras se alargaba en 211 %.

25 En un tercer ejemplo, se ha hecho pasar otra muestra del conductor del tipo utilizado en los dos ejemplos precedentes a traves de las mismas hileras en serie a una velocidad de 105 a 112 m/min. aproximadamente. Se ha observado que a estas velocidades el conductor se calentaba por frotamiento y que se producía un cierto estirado del conductor después que había abandonado la última hilera. El diámetro de la

30



muestra (muestra G) era despues de la reducci3n de 1,61 mm.; se habia alargado 695% en comparaci3n con su longitud inicial, y su resistencia a la tracci3n se habia elevado de 179 kg/cm<sup>2</sup> a 2889 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indicaba que se habia producido una orientaci3n importante de la envolvente aislante.

En otro ejemplo se ha hecho pasar un conductor de sodio de un diámetro de 2,08 mm y ua envolvente aislante de polietileno de diámetro exterior de 4,31 mm. y de un espesor de 1,12 mm a traves de la misma serie de hileras a una velocidad de 108 a 117 m/min. De nuevo se ha producido un calentamiento por frotamiento. El diámetro exterior del conductor (muestra H) ha sido reducido hasta 1,69 mm.; su resistencia a la tracci3n se ha elevado de 177 kg/cm<sup>2</sup> a 210 kg/cm<sup>2</sup>, y se ha alargado 552%.

En un quinto ejemplo, se ha hecho pasar un conductor de sodio de un diámetro de 0,83 mm y una envolvente aislante de polietileno de poca densidad (0,918 a 0,922) (indice de fusi3n 0,15 a 0,30) de un espesor de pared de 0,43 mm a traves de las hileras individuales a una velocidad de 210 m/min. Los resultados de estas pruebas se dan en la tabla IV siguiente.

TABLA IV

Muestra	Diámetro de la hilera	Diámetro exterior del conductor	Resistencia a la tracci3n	Alargamiento.
Original	mm cero	mm 1,70	kg/cm <sup>2</sup> 246	% cero
J	1,37	1,52	285	25
K	1,27	1,44	323	40

Pruebas suplementarias efectuadas sobre las muestras G y H han mostrado que la resistencia a la tracci3n pa-



5 saba de 4654 kg/cm<sup>2</sup> a 16.731 kg/cm<sup>2</sup> en el caso de la muestra G y de 6.046 kg/cm<sup>2</sup> a 13.427 kg/cm<sup>2</sup> en el caso de la muestra H comparando los conductores antes de que se alarguen. Además, la resistencia a la rotura de estos conductores después del alargamiento ha sido mucho más elevada que la de hilos de cobre desnudos y aislados de manera clásica, de dimensiones comparables, como se ve en la Tabla V.

TABLA V

Muestra	Diámetro del hilo	Diámetro exterior del conductor	Resistencia a la rotura.
	mm	mm	kg/cm <sup>2</sup>
10 18 cobre	1,04	1,04	22,2
G	1,04	1,70	38,1
15 20 cobre	0,79	0,79	13,2
20 cobre	0,79	2,79	18,0
H	0,81	1,68	32,9

20 Conviene observar de acuerdo con las cifras dadas mas arriba que el procedimiento del presente invento según el cual se reduce la sección recta del conductor no solo proporciona un procedimiento interesante desde el punto de vista comercial para fabricar un conductor de sodio compuesto de pequeño diámetro, sino que hace igualmente posible fabricar tales conductores que son mucho más resistentes que conductores de cobre comparables. De hecho, en conductores realizados de esta manera, la envolvente aislante puede constituir el elemento resistente a la tracción o que soporta la carga a diferencia de los conductores de cobre aislados clásicos en los cuales el cobre constituye el elemento re-

25

30



sistente a la tracción. Una mayor superficie en sección rec-  
ta de la envolvente aislante es ventajosa desde este punto de  
vista.

5 Aunque el presente invento haya sido descrito hacien-  
do referencia particularmente a conductores macizos de sodio,  
se ve que el elemento conductor puede tener una sección rec-  
ta anular. Además, se pueden añadir capas suplementarias de  
materias diversas, o bien en el interior, o bien el exterior  
del conductor compuesto.

10 Además, aunque el presente invento haya sido des-  
crito mas arriba haciendo referencia particularmente a la  
extrusión de las diversas envolventes o revestimientos que  
revelen el elemento conductor metálico, es evidente que el  
conductor compuesto del presente invento puede ser realizado  
15 por otros diversos procedimientos. Por ejemplo, las envolven-  
tes podrían ser aplicadas sobre un conductor de sodio prefor-  
mado por revestimiento por impregnación, por revestimiento  
en un lecho fluido, o por depósito de vapor bajo vacío. En  
una variante, la envolvente aislante flexible podría ser pre-  
20 formada y llenada luego con sodio fundido.

#### N O T A

Los puntos de invención propia, no nueva, pero no  
establecida, practicada ni divulgada en España, que se pre-  
senta para que sean objeto de esta Patente de Introducción,  
25 por DIEZ años, son los siguientes:



1º.- Mejoras introducidas en conductores eléctricos compuestos caracterizados porque cada conductor comprende un alma conductora constituida de una manera predominante por sodio, potasio, litio, cesio, rubidio o calcio, o por una aleación que tiene por base uno o varios de estos elementos, rodeada por una envolvente tubular de una materia aislante flexible sensiblemente inerte frente a la materia del alma, estando la superficie interior de esta envolvente, o bien en contacto continuo con el alma, o bien por lo menos en parte separada del alma por un espacio anular que contiene un líquido aislante electricamente.

2º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular está constituida esencialmente por una rejilla termoplástica.

3º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular está constituida esencialmente por polietileno.

4º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque las moléculas de la envolvente tubular estan orientadas.

5º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular es casi completamente impermeable a la humedad.

6º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular es el único elemento resistente a la tracción del conductor.

7º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular esta fija al alma conductora.

8º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular está constituida por una esponja de materia plástica con celdas abiertas, cuyos poros estan llenos



de un líquido aislante.

5 9º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular está separada del alma y el espacio anular que rodea el alma contiene una serie de capas de papel o de películas de materias plástica, estando dispuesto líquido aislante en los vacíos próximos de estas capas.

10 10º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la pared interior de la envolvente tubular comprende un dispositivo de espaciamiento anular o helicoidal, estando los espacios que separan los relieves de este dispositivo de separación llenos del líquido aislante.

11º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque el alma conductora comprende una capa exterior semiconductora.

15 12º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular rodea esta capa semiconductora y una segunda capa semiconductora está dispuesta alrededor de la envolvente.

20 13º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente tubular o la capa semiconductora que rodea esta envolvente está encerrada dentro de un blindaje impermeable a los vapores.

25 14º.- Las mejoras de los puntos 1 y 13, caracterizadas porque este blindaje está rodeado por una camisa protectora flexible.

15º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas porque la envolvente protectora presenta una parte que se extiende lateralmente en la cual está encerrado un elemento de refuerzo dispuesto longitudinalmente.

30 16º.- Las mejoras del punto 1, caracterizadas por-



que el alma conductora comprende una serie de almas separadas rodeada cada una por una envolvente tubular separada y dispuestas todas en el interior de un solo blindaje y de una sola envolvente protectora.

5

17º.- Procedimiento para realizar un conductor compuesto, caracterizado porque consiste en rodear de una manera contigua un alma constituida de una manera predominante por sodio, potasio, litio, cesio, rubidio o calcio, o una aleación que tiene por base uno o varios de estos elementos, por medio de una envolvente tubular de una materia aislante flexible que es sensiblemente inerte frente a la materia del alma mientras que la superficie de contacto de por lo menos una de estas materias se encuentra a una temperatura elevada superior a la temperatura de reblandecimiento de esta materia.

10

15

18º.- El procedimiento del punto 17, caracterizado porque consiste en extruir una envolvente tubular de una materia plástica termoendurecible y simultáneamente en llenar esta envolvente con la materia del alma en el estado fundido, en hacer cuajar la envolvente tubular y en solidificar la materia del alma fundida que se encuentra en el interior.

20

19º.- El procedimiento del punto 17, caracterizado porque se da a la materia del alma la forma de un hilo y se extruye la envolvente tubular sobre la superficie de este hilo.

25

20º.- El procedimiento del punto 17, caracterizado porque la envolvente tubular es sometida a condiciones de temperatura y de alargamiento que se traducen en una orientación molecular de la materia de que está compuesta.

30

21º.- El procedimiento del punto 17, caracterizado porque se hace pasar el conductor compuesto a través de una



hilera de diámetro menor.

22º.- Mejoras introducidas en conductores eléctricos compuestos.

5 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta hojas escritas a máquina por una sola cara.

5 SEP 1960

Madrid,

P. A.

Alberto de Elzaburu  
C. de Elzaburu

PSO/.

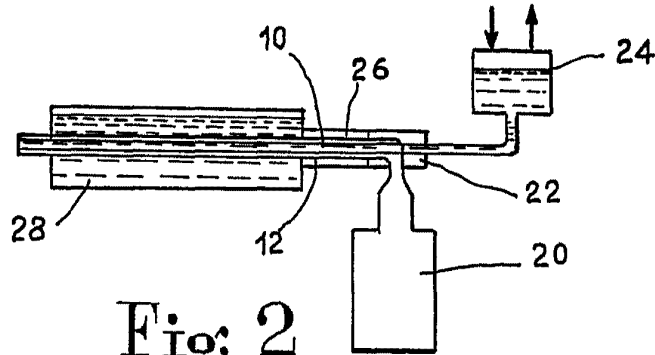


Fig: 2

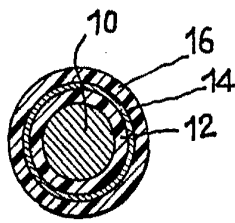


Fig: 1

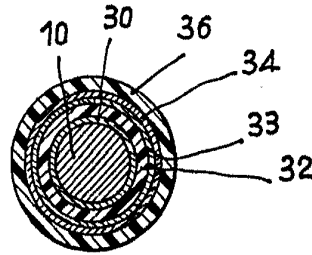


Fig: 3

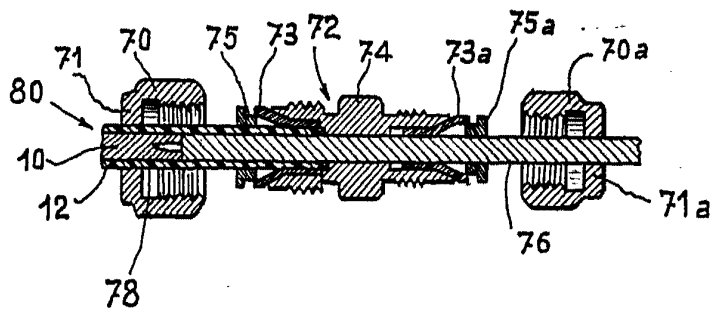


Fig: 8

ESCALA VARIABLE

Eizaburu  
 SICA S.A.

Handwritten signature and date: 1952

Fig: 7

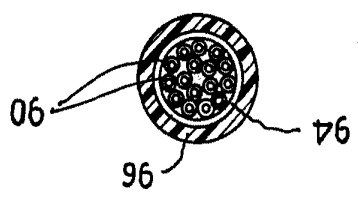


Fig: 5

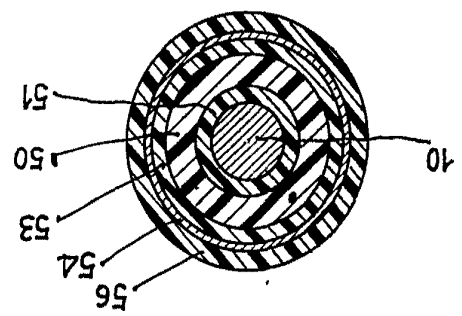


Fig: 6

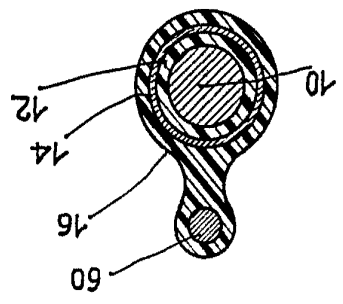


Fig: 4

