

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial

Concedido el Registro de acuerdo
con los datos que figuran en la pre-
sente descripción y según el con-
tenido de la Memoria adjunta.

(19) ES
(21)
(22)

NUMERO	480328
FECHA DE PRESENTACION	19 abril 1979

(10) A1



ESPAÑA

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
22 447 A/78	19 abril 1978	Italia
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H01B 3/00	
(64) TITULO DE LA INVENCION		
"PROCEDIMIENTO PARA LA REDUCCION DE LOS MICROHUECOS EN EL AISLANTE EXTRUIDO DE CABLES ELECTRICOS".		
(71) SOLICITANTE (S)		
INDUSTRIE PIRELLI SOCIETA PER AZIONI		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
Milano (Italia) Piazza Duca d'Aosta, 3		
(72) INVENTOR (ES)		
Gianmario LANFRANCONI y Bernardino VECELLIO		
(73) TITULAR (ES)		
(74) REPRESENTANTE		
Ignacio PONTI GRAU		

La presente invención se refiere a un procedimiento para la reducción de los microhuecos que se forman en el aislante extruído de los cables eléctricos para tensiones medias y altas, como consecuencia del proceso de reticulación de este aislante.

Por "aislante extruído" se entiende un material previamente plástico (polietileno u otra composición poliolefínica, o incluso materiales elastómeros) que es extruído alrededor del conductor o de los conductores del cable eléctrico, y es reticulado subsiguientemente.

Como es sabido, el proceso de reticulación (o vulcanización) tiene por objeto ampliar el intervalo de temperatura dentro del que la resistencia mecánica del aislante permite el empleo del mismo.

Este procedimiento consiste esencialmente en un tratamiento a temperatura elevada del aislante en presencia de substancias que se descomponen a esta temperatura en radicales que se sueldan a las macromoléculas, formando puentes transversales entre las cadenas poliméricas.

Las substancias comunmente empleadas como agentes reticulantes son peróxidos orgánicos.

El indicado procedimiento de reticulación del aislante puede ser realizado técnicamente de diversos modos, cada uno de los cuales posee ventajas y desventajas propias.

El procedimiento más común (tanto en forma continua como discontinua) consiste en un calentamiento del aislante con vapor saturado a alta presión.

Las condiciones operativas son alrededor de los

200°C de temperatura y 14 at relativas de presión, mientras que el tiempo necesario para completar la reticulación depende esencialmente de la naturaleza y del espesor del aislante extruído.

5 Las ventajas principales de este método consisten en la simplicidad constructiva de la instalación y en el bajo coste de explotación, mientras que la desventaja consiste en la apreciable difusión del vapor dentro de la masa pastosa.

10 Durante el sucesivo proceso de enfriamiento (que generalmente es más bien rápido), solo una pequeña parte del agua que se había disuelto en la masa, consigue difundirse hacia fuera, mientras que la otra parte permanece englobada dentro de la masa consolidada, a lo sumo recogida en gotitas microscópicas.

15 Aunque el agua consigue evadirse lentamente de la masa, el espacio ocupado por las gotitas no se cierra inmediatamente.

20 En definitiva, en la masa sólida del aislante se hallan presentes notables cantidades de pequeñísimas cavidades (microhuecos), en parte ocupadas por agua y en parte vacías.

25 El orden de magnitud del diámetro de estas cavidades es de unos pocos micrómetros (0,1 a 10 μ m); con todo, las mismas pueden ser a veces, tan numerosas y juntas, como para manifestarse visiblemente como zonas opalescentes ("milky-zones").

Una determinación cuantitativa aproximada del número de microhuecos por unidad de volumen, puede ser efectuada

examinando secciones del aislante al microscopio.

En realidad, no solo el vapor, sino también los productos de degradación del agente reticulante contribuyen, con un mecanismo análogo al descrito para el vapor, a la formación de estos microhuecos.

Su contribución es notable sin duda, aunque, desde un punto de vista cuantitativo, netamente inferior a la del vapor.

Se ha demostrado que, tanto el vapor como los productos de degradación del agente reticulante consiguen espontáneamente, aunque de forma lenta, difundirse hacia el exterior de la masa consolidada, y que los microhuecos que se forman a consecuencia de la salida de los indicados productos, se vuelven a cerrar con el tiempo, por efecto de los espontáneos y caóticos, aunque limitados, movimientos de las macromoléculas.

Pero esta operación espontánea de sutura de los microhuecos puede requerir años, por cuyo motivo, de hecho, los mismos permanecen en la masa del aislante por tiempo larguísimo.

Como, y en que magnitud, inciden estos microhuecos sobre las propiedades eléctricas del aislante extruído que circunda los conductores del cable, todavía no es totalmente claro, pero lo cierto es que las características dieléctricas del aislante son disminuídas de modo no calculable previamente ni previsible.

Para obviar estos peligrosos inconvenientes, ya hace varios años que se viene proponiendo y realizando procedi-

mientos de reticulación alternativos respecto al del vapor

saturado, los cuales son conocidos genéricamente por los expertos como procedimientos de reticulación en seco (o "dry-curing").

5 Así forman parte de la técnica conocida, procedimientos que emplean como medio de transmisión del calor uno de los siguientes fluidos bajo presión: Gases inertes, glicoles de alto peso molecular, baños de sales fundidas, aleaciones de bajo punto de fusión (por ejemplo aleación Wood), aceites de silicona, etcétera.

10 En otros procedimientos, la reticulación es efectuada por irradiación térmica o con ultrasonidos.

15 En procedimientos ulteriores se recurre al expediente de recubrir el aislante extruído, antes de la reticulación con vapor, con sùtiles fundas de material plástico que contiene compuestos aceptores de humedad (por ejemplo óxido de calcio) que impiden o limitan la difusión del vapor dentro de la masa extruída en contacto con los conductores.

20 De hecho, todos los procedimientos de reticulación descritos antes, permiten reducir el número de microhuecos, pero no por debajo de un cierto límite, en cuanto que no pueden impedir la formación de microhuecos por parte de los productos de degradación del agente reticulante.

25 Además, todos estos procedimientos requieren instalaciones complejas y condiciones operativas más bien críticas; también la carga económica, en términos de materia prima y de consumos energéticos, es netamente superior respecto al procedimiento clásico en el que se emplea vapor saturado.

Por tanto, se muestra como oportuno el continuar aprovechando todas las evidentes ventajas tecnológicas y económicas ofrecidas por el procedimiento de reticulación con vapor saturado, procediendo a la eliminación de las gotitas de agua y de los productos de degradación del agente reticulante con un tratamiento subsiguiente al proceso de reticulación en sí.

Desde un punto de vista conceptual parece obvio que una operación de este género, consistente en la práctica en el desgaseado de una masa como la descrita, deberá basarse en un tratamiento térmico a presión reducida.

La eficacia de una operación de este género es confirmada por los resultados relacionados en la publicación "Microvoids in crosslinked polyethylene insulated cables", aparecida en la revista IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems (vol. PAS - 94, n. 4, Julio/Agosto 1975, pg. 1258 - 1263).

En la indicada publicación no se suministra, sin embargo, ninguna indicación respecto a las condiciones operativas (temperatura, presión, tiempo) de este tratamiento.

Por tanto, no es posible extraer de esta publicación ninguna enseñanza técnica real, sino tan solo la confirmación experimental del concepto, de por sí obvio, de que un calentamiento a presión reducida de una masa pastosa favorece la salida de las substancias volátiles englobadas en la misma, y la subsiguiente sutura de los microhuecos por efecto de la intensidad aumentada del movimiento térmico de las macromoléculas dispuestas en las paredes de dichos microhuecos.

Por otra parte, de los datos relacionados en la tabla nº 4 de la indicada publicación, uno es inducido a pensar que un tratamiento térmico a presión reducida, sucesivo al procedimiento de reticulación, empeoraría, al menos en parte, las características dieléctricas del material aislante extruído.

De hecho, con referencia a los ejemplos 1 y 2, que se refieren al material empleado más corrientemente, es decir, el polietileno reticulado, se observa que el gradiente nominal de perforación en corriente alterna (BDV) sufre una sensible disminución como consecuencia de este tratamiento.

Por lo tanto, la indicada publicación, por una parte no relaciona ninguna condición operativa respecto a la eliminación de los microhuecos, y por la otra no incluye el tratamiento térmico a baja presión como positivo a los fines de una mejora de las cualidades dieléctricas del aislante extruído.

En contra de todo ello, la solicitante ha encontrado, sorprendentemente, que es posible establecer intervalos de valores para la temperatura, la presión y el tiempo, dentro de los cuales es posible obtener un resultado óptimo respecto a la reducción de los microhuecos y sin perjuicio para las características dieléctricas del aislante, que son, antes bien, mejoradas sensiblemente.

Además, la enseñanza de la presente invención suministra valores operativos que no se refieren al material del aislante extruído en sí, sino al artículo que comprende el conductor metálico y el aislante extruído.

Como es sabido, ello comporta la intervención de factores nuevos y no siempre previsibles, tanto en el plano teórico como experimental.

5 Por lo tanto, la presente invención constituye la superación de un prejuicio técnico y suministra, además, indicaciones operativas ventajosamente aplicables a escala industrial.

10 Constituye, por tanto, objeto de la presente invención, un procedimiento para la reducción de los microhuecos en el aislante extruído alrededor del conductor o los conductores de un cable eléctrico para tensiones medias y altas, caracterizado por el hecho de que consiste en un tratamiento térmico a presión reducida, curso abajo del proceso de reticulación de este aislante extruído en presencia de agentes reticulantes, siendo la temperatura de este tratamiento com-
15 prendida entre 120 y 150°C, y la presión inferior a 10 mm/Hg.

La duración de este tratamiento es, en régimen estacionario, comprendida entre 8 y 48 horas.

20 La presente invención será comprendida mejor de la descripción detallada de los dos ejemplos siguientes, no limitativos, de realización práctica del procedimiento.

De acuerdo con un primer ejemplo, un conductor de cobre rojo que tiene una sección de 240 m², destinado a soportar una tensión nominal de 60 kV, es recubierto por extrusiones sucesivas con un primer estrato semiconductor, con un estrato aislante de polietileno a reticular, con un espesor de
25 14 mm, y, finalmente, con un segundo estrato semiconductor.

El polietileno contiene, como agente reticulante,

peróxido de dicumilo en cantidad de 1,8 pp por 100 pp de polietileno.

Los estratos semiconductores son a base de goma etileno/propileno cargada con negro de humo conductor.

5 El ánima obtenida de esta manera (conjunto del conductor, aislante extruido y estratos semiconductores) es impulsada a través de una línea de reticulación en continuo.

Esta línea está constituida por un tubo, dentro del que el ánima, que avanza, es atacada en contracorriente por vapor saturado a cerca de 200°C y alrededor de 14 at de presión relativa.

Al término del proceso de reticulación, el aislante contiene una cantidad de microhuecos (del diámetro de 0,1 a 10 μm) igual a $10^4 - 10^5$ por mm^3 .

15 Se ha determinado que el gradiente nominal de perforación en corriente alterna para probetas de cable de 10 m, es de 39 KV/mm.

El ánima que sale de la línea de reticulación es enrollada sobre bobinas, que luego son dispuestas en ambiente calentado y a baja presión a los fines del tratamiento para la reducción de los microhuecos, según la presente invención.

Para facilitar el calentamiento del ánima, y por tanto reducir los tiempos de tratamiento, es conveniente, sin más, aprovechar el efecto Joule haciendo pasar corriente por los conductores.

25 El calentamiento del ánima desde el interior presenta asimismo la gran ventaja de orientar la difusión y la expulsión de las sustancias volátiles ocluidas (vapor y pro-

ductos de degradación del agente reticulante) hacia la superficie externa de la bobina enrollada.

Las condiciones operativas (a régimen estacionario) son las siguientes: 135°C para la temperatura media del conductor recorrido por la corriente, 130°C para la temperatura
5 del ambiente, 1 mm/Hg de presión, 24 horas de tiempo.

Al término del indicado tratamiento, el aislante extruído muestra al microscopio la presencia de raros microhuecos (menos de 10^2 por mm^3), mientras que el gradiente nominal
10 de perforación en corriente alterna para probetas de cable de 10 m, ahora es de 52 KV/mm.

En un segundo ejemplo, un conductor de cobre estañado, que tiene una sección de 630 mm^2 y está destinado a soportar tensiones nominales de 60 KV, es recubierto por extrusiones
15 sucesivas con un primer estrato semiconductor, un estrato aislante de polietileno a reticular, con espesor de 13 mm, y finalmente, con un segundo estrato semiconductor.

El polietileno contiene como agente reticulante peróxido de dicumilo en cantidad de 1,8 pp por cada 100 pp de
20 polietileno.

Los estratos semiconductores son a base de goma etileno-propileno cargada con negro de humo conductor.

El ánima así obtenida es sometida a un proceso de reticulación con vapor saturado a alta presión, bajo el mismo
25 modo operativo descrito en el ejemplo precedente.

Al término del proceso de reticulación, el aislante contiene una cantidad de microhuecos (del diámetro de 0,1 a 10 μm) igual a $10^4 - 10^5$ por mm^3 .

Se ha determinado que el gradiente nominal de perforación en corriente alterna para probetas de cable de 10 m es de 37 KV/mm.

5 Las bobinas con el ánima enrollada son sometidas al tratamiento térmico según la invención, con el mismo modo operativo descrito en el ejemplo precedente.

Las condiciones operativas (a régimen estacionario) son las siguientes: 135⁰C para la temperatura media del conductor recorrido por la corriente, 130⁰C para la temperatura media del ambiente, 1 mm/Hg de presión, 48 horas de tiempo.

10 Al término del indicado tratamiento, el aislante extruído presenta raros microhuecos (menos de 10² por mm³), mientras que el gradiente nominal de perforación en corriente alterna para probetas de cable de 10 m, es de 50 KV/mm.

15 La tabla que sigue relaciona sintéticamente las condiciones operativas del proceso de reticulación con vapor saturado y del sucesivo tratamiento según la presente invención.

También se indica las características dieléctricas del aislante extruído, al término de la reticulación y después del tratamiento para la reducción de los microhuecos según la presente invención.

20 Aunque en los dos ejemplos indicados el tratamiento para la reducción de los microhuecos es efectuado curso abajo de un proceso de reticulación con vapor saturado a alta presión, es obvio que el mismo tratamiento puede ser aplicado ventajosamente, asimismo, curso abajo de otros procesos de reticulación, particularmente los llamados de reticulación en seco o de "dry-curing".

Por lo tanto, se entiende comprendidas dentro del ámbito de la presente invención, todas las variantes del procedimiento accesibles a un técnico del ramo.

T A B L A

		Ejemplos	
		Nº 1	Nº 2
Conductor	=	Cobre rojo	Cobre estañado
Sección del conductor	mm^2	240	630
Tensión nominal	kV	60	60
Material aislante	=	polietileno extruído	polietileno extruído
Espesor del aislante	mm	14	13
Agente reticulante	=	peróxido de dicumilo	peróxido de dicumilo
Cantidad de agente reticulante	pp por 100 pp de aislante	1,8	1,8
Estratos semiconductores	=	goma etileno/propileno cargada con negro de humo conductor.	goma etileno/propileno cargada con negro de humo conductor
<u>PROCESO DE RETICULACIÓN</u>			
Temperatura del vapor	$^{\circ}\text{C}$	200 aprox.	200 aprox.
Presión del vapor	at rel.	14	14
Microhuecos en el aislante después de la reticulación	Microh./ mm^3	10^4-10^5	10^4-10^5
Gradiente nominal de perforación en corriente alterna después de la reticulación.	KV/mm (probetas de 10 m)	39	37

TRATAMIENTO PARA LA REDUCCIÓN DE LOS MICROHUECOS

Temperatura media del conductor recorrido por la corriente	°C	135	135
Temperatura media del ambiente	°C	130	130
Presión	mm/Hg	1	1
Duración del tratamiento	horas	24	48
Microhuecos en el aislante después del tratamiento de reducción de microh.	microhuecos/mm ²	muy raros (10 ²)	muy raros (10 ²)
Gradiente nominal de perforación en corriente alterna después del tratamiento de reducción de microh.	KV/mm (probetas de 10 m)	52	50

- . -

R E I V I N D I C A C I O N E S

1. Procedimiento para la reducción de los microhuecos en el aislante extruído de cables eléctricos, especialmente alrededor del conductor o los conductores de un cable eléctrico para tensiones medias y altas, caracterizado por el hecho de que consiste en un tratamiento térmico a presión reducida, efectuado curso abajo del proceso de reticulación del referido aislante extruído, siendo la temperatura de este tratamiento comprendida entre 120 y 150^oC, y la presión inferior a 10 mm/Hg.
2. Procedimiento para la reducción de los microhuecos en el aislante extruído de cables eléctricos, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la duración del tratamiento es, en régimen estacionario, comprendida entre 8 y 48 horas.
3. Procedimiento para la reducción de los microhuecos en el aislante extruído de cables eléctricos, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el proceso de reticulación del aislante extruído es efectuado en presencia de agentes reticulantes, con vapor saturado a alta presión.
4. Procedimiento para la reducción de los microhuecos en el aislante extruído de cables eléctricos, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el proceso de reticulación del aislante extruído es efectuado en presencia de agentes reticulantes y por medio de reticulación en seco.

5. Procedimiento para la reducción de los microhuecos en el aislante extruído de cables eléctricos, según las reivindicaciones 3 y 4, caracterizado por el hecho de que el agente de reticulación es peróxido de dicumilo.

5 6. Procedimiento para la reducción de los microhuecos en el aislante extruído de cables eléctricos, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el aislante extruído está constituido por polietileno.

10 7. Procedimiento para la reducción de los microhuecos en el aislante extruído de cables eléctricos.

La presente memoria descriptiva consta de quince hojas foliadas, escritas a máquina por una sola cara.

Barcelona, 19 de abril de 1979

INDUSTRIE PIRELLI SOCIETA PER AZIONI

p.a.

