



ESPAÑA

10	ES	11	NUMERO	10	A3
		21	<b>469972</b>		
		22	FECHA DE PRESENTACION		

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

**16 FEB. 1979**

**PATENTE DE INTRODUCCION**

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL
			<b>H01B</b>

64	TITULO DE LA INVENCIÓN
	<p>"PROCEDIMIENTO PARA LA RETICULACIÓN CONTINUA DEL REVESTIMIENTO AISLANTE POLIOLEFÍNICO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA TENSIONES MEDIAS Y ALTAS".</p>

56	PATENTE EXTRANJERA U OTRA FUENTE DE INFORMACION
	Patente italiana nº 25658 A/77 de fecha 13 de julio de 1977

71	SOLICITANTE (S)
	INDUSTRIE PIRELLI SOCIETÀ PER AZIONI

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	Milano (Italia) Piazza Duca d'Aosta, 3

72	INVENTOR (ES)

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	D. Ignacio PONTI GRAU

La presente invención se refiere a un procedimiento para la reticulación continua del aislamiento de cables eléctricos para tensiones medias y altas.

Es conocido para todos los fabricantes de cables eléctricos para tensiones medias y altas (por ejemplo de 6 a 350 KV), que un grave inconveniente que se ha de soportar en la reticulación del dieléctrico del cable, constituido por un estrato extruido de polietileno u otro material poliolefínico reticulable, incluidos los copolímeros poliolefínicos elastómeros y reticulables, reside en la formación, a veces importante, de cavidades, huecos y celdillas de varias formas en la masa del dieléctrico, a las cuales se puede relacionar el conocido fenómeno del "treeing o water-treeing".

No es necesario insistir más sobre la gravedad de este fenómeno, que no solo daña seriamente las propiedades aislantes del dieléctrico, sino que también reduce este poder aislante de modo que no precalculable o previsible.

Se ha asegurado que la causa principal de la formación de estas discontinuidades irregulares e irregularmente distribuidas en la masa del dieléctrico, es el propio vapor de agua utilizado en la reticulación del dieléctrico de materia plástica, y, por lo demás, este inconveniente también se presentaba, en cierta medida, cuando el vapor era utilizado como fluido transportador de calor para la vulcanización de dieléctricos de goma. Tanto si el dieléctrico es goma, como una materia plástica como el polietileno, es cierto sin más, que el fenómeno de la formación de las discontinuidades se agrava tanto más, cuanto mayores son los diámetros y los espesores aislantes y cuanto más redu-

cida es la velocidad de traslación del ánima del cable dentro del tubo de vulcanización o de reticulación.

De hecho, para cables de pequeña sección, con espesores aislantes exiguos (cablecillos para bajas tensiones y/o para corrientes débiles) prácticamente no existe el problema, asimismo porque las prestaciones que se requiere en general de estos pequeños conductores aislados, son de entidad modesta. Por el contrario, es intuitivo que cuando se trata de formar espesores aislantes elevados, que luego serán requeridos evidentemente cuando las sollicitaciones a que es sometido el dieléctrico en el funcionamiento, son de entidad respetable, el problema se agrava simplemente por la razón física de que en un dieléctrico de elevado espesor, las probabilidades de formación de huecos y discontinuidades, son ciertamente mayores que las que podría tenerse para un espesor modesto. El fenómeno de la formación de los huecos se debe, como es sabido, principalmente a la condensación del vapor y a su ulterior re-evaporación.

Las tentativas de reducir o eliminar este fenómeno (a cuya generación concurren, no obstante, otras causas, que no son mencionadas por brevedad), han sido numerosas. Se remontan a casi cincuenta años o son a propósito de la vulcanización del estrato aislante de los cables, que entonces era, casi exclusivamente, goma para cables, apta para tensiones bajas y medias. La vulcanización con azufre en primer lugar, y la reticulación en general, después sin vapor, o incluso en ambiente anhidro, ha sido un objetivo principal de los tecnólogos, y para resolver este problema han sido

propuestos los medios fluidos más variados, desde los gases inertes al mercurio, a los líquidos diatérmicos del tipo del glicol de alto peso molecular, a los baños de sales fundidas, a las aleaciones de bajo punto de fusión, del tipo de la aleación Wood, para llegar finalmente a la proposición del empleo de los aceites de silicona.

Una tal propuesta se encuentra, por ejemplo, en la patente norteamericana nº 3 909 177 del 30.9.75. Es de notar que esta patente contiene un análisis suficientemente detallado de la formación de los espacios huecos en dieléctrico poliolefínicos, y que su objetivo principal consiste en proveer un determinado tipo de instalación, antes bien que un procedimiento o método de reticulación.

Más particularmente, la instalación, tal como se define mejor, luego, en las reivindicaciones, se caracteriza por el hecho de tener dos zonas o cámaras, una de calentamiento, precisamente para efectuar la reticulación (que en la patente en cuestión es llamada a veces "vulcanización"), y una de enfriamiento, cuyas zonas están separadas entre sí, son bien distintas y están provistas de circuitos de circulación diferentes de lo que, en su acepción general, es definido como un "heat transfer medium" o bien un "cooling medium", según la función que ejerce y la parte de la instalación donde se encuentra.

En el cuerpo de la descripción de la patente mencionada se indica también que este "heat transfer medium" o "cooling medium" es un aceite de silicona de alta viscosidad; el intervalo de viscosidades recomendado va de 5000 a

100 000 centistokes, lo cual es muy comprensible porque este aceite, en la instalación descrita en la patente en cuestión, ha de ser sobreenfriado posteriormente, para resolver un problema particular de hermeticidad. De hecho, el aceite de silicona es sobre-enfriado para aumentar su viscosidad y proporcionar una buena hermeticidad en el punto donde ello interese. Es de notar el respecto que la patente mencionada antes, aunque aporta una contribución en modo alguno despreciable, a la solución del problema que se acaba de discutir, que no es principalmente un problema de hermeticidad, nada dice sobre una eventual correlación entre la viscosidad del aceite de silicona y la mayor o menor probabilidad de formación de los espacios huecos.

Tomando al pie de la letra las enseñanzas de la patente mencionada antes, cualquier técnico del ramo sería inducido a pensar que una elevada viscosidad del aceite de silicona es una especie de "conditio sine qua non", y que, por el contrario, una viscosidad demasiado baja constituye un serio handicap a los fines de la prevención del fenómeno de la formación de espacios huecos o discontinuidades de distribución casual en el dieléctrico.

Como se verá más adelante, esto es cierto en principio, pero hay límites bien precisos. En otros términos, se verá que la viscosidad del aceite de silicona tiene una importancia crítica a los efectos de la prevención de la formación de los huecos, pero no es efectivamente cierto, por otra parte, que sean necesarias viscosidades tan elevadas como las indicadas en dicha patente.

La solicitante ha podido determinar, en el curso de largas experimentaciones, que el umbral de aptitud de empleo de los aceites de silicona relativamente fluidos (son definibles, sin más, como "fluidos" respecto a los re-

5 comendados por la citada patente), se encuentra en el entorno de los 150 centistokes a 25°C.

A este respecto se debe añadir que la patente de referencia suministra valores numéricos pero no precisa la temperatura a la cual van referidos, y se supondrá, para

10 poder realizar una confrontación, que las viscosidades de la patente norteamericana están referidas a un intervalo de temperaturas que comprende la temperatura ambiente usual, tanto más cuanto que, a las temperaturas utilizadas para la reticulación, la viscosidad se reduce, como es sabido, de

15 modo característico para cada líquido empleado.

Por tanto, no se puede sostener en un sentido absoluto, que las altas viscosidades de los aceites de silicona sean una condición imprescindible.

De hecho, los ejemplos que siguen demuestran, sobre la base de precisos ensayos experimentales, que el um-

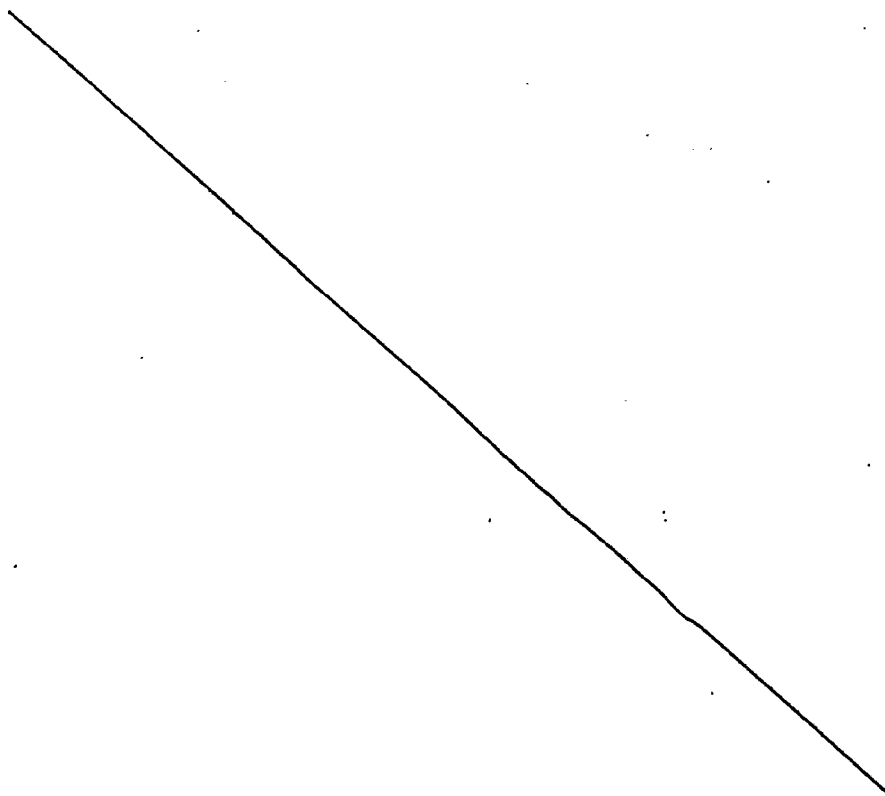
20 bral señalado antes existe realmente.

Los ensayos han sido realizados de modo estático sobre probetas de cables aislados con polietileno reticula-

25 ble, utilizando el producto comercial HFDB 4201 de Union Carbide y, como fluido transportador de calor, aceite de silicona de distintas viscosidades a 25°C. Los aceites de silicona eran los aceites RHodorsil de la serie P47 de Rhône Poulenc, que son metil-polisiloxanos puros y metil-fenilpo-

lisiloxano puro 641V200. Las probetas de cable fueron mante-  
nidas estáticamente en el baño de aceite de silicona duran-  
te un tiempo correspondiente al promedio de residencia en  
la cámara de reticulación, que era utilizado en la práctica  
5 con el cable en movimiento y también durante un tiempo mucho  
más largo, la temperatura era la utilizada usualmente para  
la reticulación del polietileno, y de tanto en tanto se a-  
plicaba la presión indicada, mediante un gas inerte, de la  
especie del nitrógeno. Al término del ensayo, el cable era  
10 examinado para determinar la presencia, o no, de agujeros,  
discontinuidades u otros.

Los resultados están relacionados en la tabla que  
sigue:



PRUEBAS DE RETICULACIÓN DE REVESTIMIENTOS AISLANTES DE C. B.'s ELÉCTRICOS EN BAÑO DE ACEITES DE SILICONA DE BAJA VISCOSIDAD.  
REVESTIMIENTOS AISLANTES DE POLIETILENO RETICULABLE.

Ejemplo Nº	Aceite de silicona tipo	Viscosidad centistokes a 25°C	Tiempo y temperatura de reticulación Horas °C	Presión de nitrógeno Kg/cm <sup>2</sup>	Formación de agujeros en el dieléctrico.
1	47 V 20	20	1 200	5	si
2	47 V 20	20	4 200	14	si
3	47 V 100	100	4 200	5	si (raros)
4	47 V 100	100	4 200	14	si (raros)
5	47 V 200	200	4 200	14	no
6	47 V 300	300	4 200	14	no
7	47 V 300	300	4 220	14	no
8	47 V 1000	1000	4 200	5	no
9	47 V 1000	1000	4 200	14	no
10	47 V 12500	12500	4 200	14	no
11	641 V 200	200	4 200	14	no

---

PRUEBAS DE RETICULACIÓN DE REVESTIMIENTOS AISLANTES DE CABLES ELÉCTRICOS  
REVESTIMIENTOS AISLANTES DE POLIETILENO RETICULABLE.

Ejemplo Nº	Aceite de silicona tipo	Viscosidad centistokes a 25°C	Tiempo y t de reticul Horas
1	47 V 20	20	1
2	47 V 20	20	4
3	47 V 100	100	4
4	47 V 100	100	4
5	47 V 200	200	4
6	47 V 300	300	4
7	47 V 300	300	4
8	47 V 1000	1000	4
9	47 V 1000	1000	4
10	47 V 12500	12500	4
11	641 V 200	200	4

---

## DIELECTRICOS EN BAÑO DE ACEITES DE SILICONA DE BAJA VISCOSIDAD.

Tiempo y temperatura de reticulación Hbras °C		Presión de nitrógeno Kg/cm <sup>2</sup>	Formación de agujeros en el dieléctri- co.
1	200	5	si
4	200	14	si
4	200	5	si (raros)
4	200	14	si (raros)
4	200	14	no
4	200	14	no
4	220	14	no
4	200	5	no
4	200	14	no
4	200	14	no
4	200	14	no

Los resultados expuestos en la tabla demuestran una sola cosa irmediatamente. Que la formación, o no, de huecos y discontinuidades en el dieléctrico no es una función de la temperatura, ni del tiempo de reticulación, ni siquiera de la presión del gas inerte. Se reconoce que esta noción era, no obstante, un patrimonio técnico adquirido a partir de las primordiales tentativas realizadas cuando se trataba de resolver el problema de la formación de huecos en los cables aislados con goma; de hecho, de no ser así, el problema ya habría sido resuelto desde hace mucho tiempo porque el jugar con las variables relacionadas antes habría sido bastante fácil, asimismo, en el caso de la vulcanización con vapor, las propiedades intrínsecas del vapor saturado ponían el conocido vínculo entre la temperatura y la presión.

Por el contrario, ahora se concluye claramente que, para los aceites de silicona, la variable dominante es, propiamente, la viscosidad. La tabla hace ver de modo evidente que, no sólo hay un umbral viscosidades, sino que tampoco es, de hecho, necesario recurrir a los aceites de silicona de alta viscosidad, como se ha prescrito hasta ahora por la técnica precedente y actual.

Es similamente obvio, en relación con este punto, que las ventajas que se puede alcanzar gracias a este descubrimiento, son notables. Ante todo, en tiempos en los que cualquier ahorro energético es un deber concreto, los gastos de energía para el bombeo y el calentamiento del aceite de silicona son reducidos drásticamente respecto a los im-

puestos por las enseñanzas anteriores. De hecho es inútil gastar energía para fluidificar un aceite viscoso y para hacerlo circular, así como para poderlo desgasear, porque basta utilizar un aceite que pertenezca sin lugar a dudas a la categoría de los aceites fluidos; por tanto se ofrece la posibilidad de hacer circular el aceite con bombas menos potentes, junto con la posibilidad de crear un movimiento virtualmente turbulento dentro de la cámara de reticulación y la de enfriamiento, mejorando de esta manera los necesarios intercambios térmicos. Por lo demás, no hay ninguna necesidad de sobre-enfriamientos, porque el problema de la hermeticidad puede ser resuelto tranquilamente por los medios de siempre.

Esto aún no es suficiente, porque los resultados experimentales expuestos y comentados ahora, además de demostrar la existencia del umbral de viscosidad de 150 centistokes a  $25^{\circ}\text{C}$ , plantean un problema de interpretación con referencia al significado de este umbral. No es ciertamente sencillo explicar este fenómeno; tal vez pueda encontrarse una explicación en base de varias consideraciones sobre el mecanismo de la difusión y sobre la diferencia de poder de disolución de los aceites de silicona en caliente y en frío.

Independientemente de la interpretación que se pueda dar a este umbral, señalado ahora, se comprende inmediatamente el importantísimo significado del mismo. Este descubrimiento, aparte de las ventajas ya discutidas, comporta una notable simplificación de la parte de instalación

propiamente dicha. Resulta fácil para un proyectista de instalaciones experto el adaptar las instalaciones que ya eran utilizadas para la reticulación con vapor, a fin de poder realizar la reticulación del aceite de silicona de baja viscosidad. De hecho se trata de hacer circular un líquido donde antes se hacía circular un vapor o un gas. Por el resto, no hay necesidad de particulares esfuerzos inventivos para proyectar cámaras de reticulación o de enfriamiento distintas entre sí, y por lo demás, el ambiente de reticulación separado y distinto del de enfriamiento, en los que se realizan la reticulación y el enfriamiento, no constituye ciertamente una novedad ni en sentido extrínseco ni en sentido intrínseco, bastando realizar en ello la habilidad técnica corriente, como se demuestra por el gran número de instalaciones de intercambio térmico de varios géneros y para las mas diversas aplicaciones.

La presente invención suministra, por tanto, un procedimiento para la reticulación del revestimiento aislante de poliolefina reticulable, o de copolímero poliolefínico elastómero y reticulable, aplicado sobre un conductor eléctrico filiforme o cableado, mediante la administración en ambiente cerrado, de calor a dicho revestimiento, que se desplaza con movimiento uniforme con el conductor que lo soporta, dentro de este ambiente cerrado y que es calentado mediante un líquido silicónico circulante con continuidad dentro del mismo, caracterizado por el hecho de que este líquido silicónico tiene una viscosidad no inferior a 150 centistokes a 25°C y no superior a 500 centistokes a esta

misma temperatura.

El intervalo de viscosidades preferido sobre la base de las experimentaciones realizadas, va de 200 a 300 centistokes, siempre a 25°C, como parámetro termométrico de referencia. En rigor, como se ha visto, no habría un límite superior para la viscosidad, pero similamente se ha visto que no hay ninguna necesidad de llegar a valores de la misma tan elevados como los recomendados por la técnica anterior, antes examinada. Se trata de consideraciones prácticas, ya desarrolladas, que no es necesario rebatir. Por el contrario, se subrayará finalmente el hecho de que existe un umbral inferior de viscosidad y que es éste lo que constituye la esencia del procedimiento según la presente invención. El líquido silicónico preferido es un alquilpolisiloxano, y, aún más preferiblemente, un metilpolisiloxano, que ha dado óptimos resultados.

En relación con el problema del enfriamiento, resulta claro que el líquido silicónico también podrá ser utilizado con éxito para este caso importante de la fabricación de cables aislados con poliolefinas reticulables, o de copolímeros poliolefínicos elastómeros y reticulables pero esto no es efectivamente obligatorio; en realidad, el problema de los huecos ya se ha resuelto en el acto de la reticulación, o al menos queda resuelto en gran parte, de modo que el enfriamiento puede ser efectuado con el aceite de silicona descrito antes o con otros medios idóneos, preferiblemente un gas inerte.

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

1. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas, en forma filiforme o cableada, o bien de copolímeros, poliolefínicos elastómeros y reticulables, caracterizado esencialmente por el hecho de suministrar, en ambiente cerrado, calor a dicho revestimiento, que se desplaza con movimiento uniforme, con el conductor que lo soporta dentro de dicho ambiente cerrado, por intermedio de un líquido silicónico circulante con continuidad dentro del mismo y que presenta una viscosidad no inferior a 150 centistokes a 25°C y no superior a 500 centistokes a 25°C.

2. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas, según la reivindicación 1, caracterizado esencialmente por el hecho de que la viscosidad a 25°C del líquido silicónico está comprendida dentro del intervalo de 200 a 300 centistokes.

3. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de utilizar como líquido silicónico un alquilpolisiloxano.

4. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el líquido sili-

cónico es un metilpolisiloxano.

5. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el líquido silicónico es un alquilarilpolisiloxano.

6. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas, según la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que el líquido silicónico es un metilfenilpolisiloxano.

7. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas, según una o varias de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por el hecho de comprender, además, una operación de enfriamiento en un líquido silicónico que tiene una viscosidad no inferior a 150 centistokes a 25°C y no superior a 500 centistokes a 25°C.

8. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas, según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por el hecho de comprender, además, una operación de enfriamiento en ambiente de gas inerte, preferiblemente nitrógeno.

9. Procedimiento para la reticulación continua del revestimiento aislante poliolefínico de conductores eléctricos para tensiones medias y altas.

Todo ello según queda descrito y reivindicado en

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

Barcelona, 18 de mayo de 1978

INDUSTRIE PIRELLI SOCIETÀ PER  
AZIONI

P.a.

A large, stylized handwritten signature in black ink, written over the text 'P.a.' and extending to the right.