

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 965**

51 Int. Cl.:

H01B 3/30

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.08.2009** **PCT/US2009/054030**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.02.2010** **WO10019947**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2009** **E 09807415 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016** **EP 2319052**

54 Título: **Aislamiento eléctrico de poliamida para su uso en transformadores llenos de líquido**

30 Prioridad:

15.08.2008 US 189198 P
15.08.2008 US 189199 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.02.2017

73 Titular/es:

WEINBERG, MARTIN (100.0%)
871 Mill Road
New Canaan, CT 06890, US

72 Inventor/es:

WEINBERG, MARTIN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 599 965 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

Aislamiento eléctrico de poliamida para su uso en transformadores llenos de líquido

5 1. Campo técnico

La presente invención se refiere a una película de poliamida alifática o material fibroso para el aislamiento eléctrico en transformadores eléctricos llenos de líquido, material que produce resistencia a la humedad mejorada, estabilidad a la humedad, estabilidad térmica, conductividad térmica, espesor de aislamiento reducido, encogimiento reducido, y elasticidad del aislamiento mejorada.

2. Información sobre antecedentes

Los actuales materiales de aislamiento estándar en transformadores llenos de líquido son materiales celulósicos de diversos espesores y densidad. Los materiales aislantes basados en celulosa, comúnmente los llamados papeles Kraft, se han usado ampliamente en equipo de distribución eléctrica lleno de aceite desde principios del s. XX. A pesar de algunas de las limitaciones de la celulosa, el papel Kraft continúa siendo el aislamiento de elección en prácticamente todos los transformadores llenos de aceite debido a su bajo coste y rendimiento razonablemente bueno. Desafortunadamente, el polímero de celulosa está sujeto a degradación térmica y es vulnerable al ataque oxidativo e hidrolítico.

En general, los materiales aislantes basados en celulosa se usan para aislar cinco partes diferentes de la estructura interna del transformador. Consisten principalmente en: (1) aislamiento espira a espira de hilos magnéticos; (2) aislamiento capa a capa; (3) aislamiento bobina de baja tensión a tierra; (4) aislamiento bobina de alta tensión a bobina de baja tensión; y (5) aislamiento bobina de alta tensión a tierra.

Los aislamientos de bobina de baja tensión a tierra y de bobina de alta a baja tensión normalmente consisten en tubos sólidos combinados con espacios llenos de líquido. El extremo de estos espacios es para eliminar el calor de la estructura de núcleo y bobina mediante la convección del medio, y también ayuda a mejorar las resistencias al aislamiento. El aislamiento interno de las espiras está generalmente colocado directamente sobre los hilos magnéticos rectangulares y envueltos como cinta de papel. El material que se elige para aislar el aislamiento capa a capa, bobina a bobina y bobina a tierra es según los requisitos del aislamiento. Estos materiales pueden variar de papel Kraft, que se usa en transformadores más pequeños, mientras que espaciadores relativamente gruesos hechos de cartón prensado de celulosa pesado, papel de celulosa o porcelana se usan para transformadores de potencia más alta.

Lo siguiente son áreas de importancia que describen la técnica actual.

Humedad

La presencia de humedad en un transformador deteriora el aislamiento celulósico del transformador, disminuyendo tanto la resistencia eléctrica como mecánica. En general, la vida mecánica del aislamiento se reduce a la mitad para cada duplicación en el contenido de agua y la tasa de deterioro térmico del papel es proporcional a su contenido de agua. La importancia de la presencia de humedad en el papel y los sistemas de aceite ya se reconoce desde los años 20.

La calidad eléctrica del material celulósico es altamente dependiente de su contenido de humedad. Para la mayoría de las aplicaciones, un contenido de humedad inicial máximo del 0,5 % se considera aceptable. Con el fin de lograr este nivel de humedad, el material celulósico tiene que procesarse bajo calor y vacío para eliminar la humedad antes de la impregnación con aceite. La completa eliminación de la humedad del aislamiento celulósico sin causar degradación química es una imposibilidad práctica. La determinación del límite definitivo al que la celulosa puede calentarse con seguridad para los fines de deshidratar sin afectar sus propiedades mecánicas y eléctricas continúa siendo un problema importante para los diseñadores y fabricantes de transformadores.

Cuando se expone al aire, la celulosa absorbe humedad del aire bastante rápidamente. Si no se impregna inmediatamente con aceite, el equilibrio con el contenido de humedad del aire se alcanza en un tiempo relativamente corto. El proceso de absorción de humedad se ralentiza considerablemente después de que la celulosa se haya impregnado con aceite.

Después de saturarse con aceite en el transformador, el aislamiento celulósico se expone adicionalmente a la humedad en el aceite y continuará absorbiendo la humedad disponible. Esto también es parcialmente debido a la absorción de agua del aire de alrededor en el aceite. Esta absorción de humedad adicional resultante produce problemas en el aislamiento celulósico, aumentando la velocidad de envejecimiento y degradando las cualidades eléctricas. La celulosa tiene una fuerte afinidad por el agua (higroscópica) y así no compartirá la humedad igualmente con el líquido aislante. Esta naturaleza higroscópica del aislamiento de celulosa constituye una dificultad siempre presente tanto en la fabricación como el mantenimiento de transformadores que están así aislados.

La presencia de humedad aumenta la velocidad de envejecimiento. El papel aislante con un uno por ciento de contenido de humedad envejece aproximadamente seis veces más rápido que uno con solo el 0,3 por ciento. Por tanto, los intentos por reducir sustancialmente estos cambios inaceptables debido a la presencia de humedad en el aislamiento sólido han sido la motivación de un esfuerzo de ingeniería sustancial durante muchas décadas.

Además, a medida que envejece la celulosa, las cadenas de los anillos de glucosa en las moléculas se rompen y liberan monóxido de carbono, dióxido de carbono y agua. El agua se une a impurezas en el aceite y reduce la calidad del aceite, especialmente la resistencia dieléctrica. Pequeñas cantidades de humedad, incluso cantidades microscópicas, aceleran el deterioro del aislamiento de celulosa. Estudios muestran degradación más rápida en la resistencia de la celulosa con cantidades crecientes de humedad incluso en ausencia de oxidación.

Encogimiento

El material celulósico del transformador tiene que procesarse bajo calor y vacío para eliminar la humedad antes de la impregnación con el aceite. El material celulósico se encoge cuando se elimina la humedad. También se comprime cuando se somete a presión. Por tanto, es necesario secar y comprimir previamente el aislamiento celulósico para estabilizar dimensionalmente los arrollamientos antes de ajustarlos al tamaño deseado durante el proceso de conjunto del transformador.

Conductividad térmica

La existencia de regiones calientes localizadas (HST o temperatura de puntos calientes) en el transformador debido a las propiedades de aislamiento térmico del aislamiento eléctrico producirían inestabilidad térmica alrededor de estas regiones si no fuera por la conductividad del sistema global que extrae el exceso de calor. Debe disiparse adecuadamente para prevenir la excesiva acumulación de calor, conduciendo a la destrucción del transformador. El aumento desorbitado de temperatura localizada produce una rápida degradación térmica del aislamiento y posterior descarga eléctrica.

Estabilidad química

La oxidación puede controlarse, pero no eliminarse. El oxígeno procede de la atmósfera o se libera de la celulosa como resultado del calor. La oxidación de la celulosa se acelera por la presencia de ciertos productos de descomposición del aceite llamados compuestos polares, tales como ácidos, peróxidos y agua. Los primeros productos de descomposición, los peróxidos y ácidos solubles en agua y altamente volátiles, son inmediatamente adsorbidos por el aislamiento de celulosa hasta su nivel de saturación. En presencia de oxígeno y agua, estas "semillas de destrucción" dan un potente efecto destructor sobre la estructura celulósica. Los ácidos de bajo peso molecular son los más intensamente adsorbidos por el aislamiento celulósico en el periodo inicial, y después, la tasa de este proceso disminuye. La reacción de oxidación puede atacar la molécula de celulosa en uno o más de sus enlaces moleculares. El resultado final de tal cambio químico es el desarrollo de grupos más polares y la formación de todavía más agua. La forma más común de la contaminación por oxidación introduce grupos ácidos en el aislamiento sólido o líquido. Los ácidos provocados por la oxidación rompen las cadenas de polímero (moléculas pequeñas unidas juntas) en el aislamiento celulósico, produciendo una disminución de la resistencia a la tracción. También fragiliza el aislamiento celulósico.

Degradación térmica

Un porcentaje significativo del deterioro celulósico es de origen térmico. La temperatura elevada acelera el envejecimiento, causando la reducción en la resistencia mecánica y dieléctrica. Efectos secundarios incluyen descomposición del papel (DP o despolimerización), y producción de agua, materiales ácidos y gases. Si queda cualquier agua donde se genera, acelera adicionalmente el proceso de envejecimiento. El calentamiento produce la rotura de los enlaces de unión dentro de las moléculas de celulosa (glucosa), produciendo la rotura de las moléculas, causando la formación de agua. Esta agua resultante produce nueva fisión molecular continua, y debilita los enlaces de hidrógeno de las cadenas moleculares de las fibras de la pulpa.

Compacidad reducida de los arrollamientos

El calor del transformador crea adicionalmente dos problemas: fragilización del material celulósico; y encogimiento de la celulosa. Esto produce una estructura de transformador suelta que está libre para moverse bajo impulso, o por avería, produciendo daño al aislamiento.

Resistencia de las fuerzas de flexión del aislamiento del conductor

Un uso actual de los papeles celulósicos, con un alargamiento del 15-20 % en la dirección de la máquina, produce aislamiento del conductor que se daña menos por flexión o retorcimiento en la fabricación de bobinas. Los actuales papeles, sin embargo, tienen un alargamiento en la dirección transversal de menos del 5 %. Esto presenta

limitaciones para el fabricante de transformadores en la optimización de las curvas de los hilos aislados y puede no permitir el uso de este material como un aislamiento aplicado de forma lineal.

- 5 Se desearía tener un material aislante eléctrico mejorado que venciera las limitaciones anteriores del aislamiento celulósico eléctrico presentemente usado. Se desearía tener un material de aislamiento que no fuera adversamente afectado por la humedad y que no requiriera secado como etapa de fabricación inicial.

Sumario de la divulgación

- 10 Un conjunto de transformador lleno de aceite que comprende bobinas conductoras eléctricas que comprenden un hilo magnético que está aislado con una cinta de aislamiento de poliamida alifática en una envoltura lineal o en espiral, cinta que incluye compuestos estabilizantes que funcionan como medios para proporcionar estabilidad térmica y química elevadas. El estabilizador térmico/químico incluye aquellos tales como aquellos ampliamente descritos en las patentes de Estados Unidos n.º 2.705.227; 3.519.595; y 4.172.069. El término "poliamida" describe una familia de polímeros que se caracteriza por la presencia de grupos amida.

- 15 Muchas poliamidas sintéticas técnicamente usadas se derivan de monómeros que contienen 6-12 átomos de carbono; las más predominantes son PA6 y PA66. Los grupos amida en las poliamidas principalmente semicristalinas son capaces de formar fuertes fuerzas electrostáticas entre las unidades -NH y -CO- (enlaces de hidrógeno), produciendo altos puntos de fusión, resistencia y rigidez excepcionales, altas propiedades de barrera y excelente resistencia a productos químicos. Además, las unidades de amida también forman fuertes interacciones con el agua, causando que las poliamidas absorban agua. Estas moléculas de agua se insertan en los enlaces de hidrógeno, aflojando las fuerzas de atracción intermoleculares y actuando como plastificante, produciendo dureza y elasticidad excepcionales.

25 Humedad

- El aislamiento eléctrico objeto de la presente invención, tras la exposición a la humedad, muestra un aumento en la dureza y el alargamiento. La exposición a largo plazo a la humedad no produce efectos de envejecimiento negativos.
- 30 El material objeto absorberá humedad, eliminándola del aceite de alrededor, que puede ser un efecto positivo.

Encogimiento y compacidad reducida de los arrollamientos

- 35 Como el material objeto no necesita secarse antes de uso, no tiene los problemas de encogimiento iniciales de la técnica anterior. Además, la exposición a las elevadas temperaturas y humedad del transformador no producirán fragilización. El transformador no se someterá a problemas de compacidad reducida de los arrollamientos. Adicionalmente, debido a la alta resistencia a la tracción y memoria de alargamiento del material objeto, el aislamiento de las espiras seguirá firmemente envolviendo el hilo conductor. Además, la cristalinidad inducida por el estrés de la realización de la película de la invención proporcionará estabilidad dimensional a largo plazo mejorada.

40 Conductividad térmica

- La realización de película del material objeto de la invención tiene un factor K (valor de conductancia térmica = $W/(m \cdot K)$) de 0,25. El material celulósico impregnado con aceite tiene un factor K de aproximadamente 0,10 (basado en el 50 % de saturación de aceite). Además, el material objeto tiene una resistencia dieléctrica de aproximadamente dos veces la del aislamiento celulósico impregnado con aceite de igual espesor, requiriéndose aproximadamente la mitad del espesor en el aislamiento de las espiras para las mismas características de aislamiento eléctrico. Esto daría un mínimo de cuatro veces de mejora en la conductividad térmica espira a espira, una mejora significativa en la conductividad del sistema global. El uso de la realización de la película de la presente invención producirá requisitos reducidos para el diseño del estrés térmico en el "peor de los casos" de papel aislante en el punto caliente del arrollamiento durante la condición de sobrecarga.

Degradación térmica y estabilidad oxidativa

- 55 El material aislante de poliamida alifática objeto contendrá uno o más estabilizadores térmicos/químicos, tales como, pero no se limitan a, haluro de cobre, bromuro de cobre, yoduro de cobre, acetato de cobre, bromuro de calcio, bromuro de litio, bromuro de cinc, bromuro de magnesio, bromuro de potasio y yoduro de potasio, por nombrar algunos. Estos compuestos proporcionan estabilidad térmica y química significativa más allá de los requisitos a largo plazo de los actuales diseños de transformador, como se señalará en mayor detalle en lo sucesivo. Puede permitir a los diseñadores ejecutar transformadores a mayores temperaturas y proporcionar vida de operación más larga que los aislamientos de celulosa actualmente usados. Mezclas seleccionadas de estos aditivos están presentes en la mezcla de polímeros en un intervalo de aproximadamente el 0,1 a aproximadamente el 10 % en peso, y preferentemente aproximadamente el 2 % en peso.

65

Resistencia de las fuerzas de flexión del aislamiento del conductor

El material de aislamiento de película de poliamida alifática objeto, si se fabrica con cristalinidad inducida por el estrés en la dirección de la máquina, tendrá propiedades mecánicas que son ideales para el aislamiento de las espiras (conductor), es decir, resistencia a la tracción en la dirección de la máquina muy alta; un alargamiento en la dirección de la máquina muy alta con memoria elástica; y con un nivel muy alto de alargamiento en la dirección transversal (superior al 100 %) que proporciona más versatilidad a los tipos de aislamiento de envoltura lineal y en espiral. Estas características permiten envoltura del conductor de velocidad muy alta con una cobertura ceñida sobre el hilo magnético que seguirá ajustada independientemente de la posterior flexión o retorcido. La versión de película del material de aislamiento puede someterse a cristalinidad inducida por el estrés en la dirección de la máquina estirando y alargando las hojas del complejo de película de polímero alifático.

Se compararon las características objeto de resistencia a la tracción, alargamiento, conductividad térmica y coeficiente de transferencia de calor del material de aislamiento de poliamida alifática de la presente invención y el aislamiento de material de celulosa con los siguientes resultados observados:

Propiedades	Método	Unidad	Poli-aislamiento (Espesor = 0,038 mm (0,0015 pulgadas))	Aislamiento de papel (espesor = 0,076 mm (0,003 pulgadas))
Resistencia a la tracción (multi-direccional) Original (como se recibió)	TAPPI T494	kg/m (lbs/in)	807,2 (45,2)	42
En aceite de transformador (sin envejecimiento)	TAPPI T494	kg/m (lbs/in)	862,5 (48,3)	20,1
En aceite (después del envejecimiento en aceite 29 días a 160 °C)	TAPPI T494	kg/m (lbs/in)	955,4 (53,5)	12,5
Alargamiento (multi-direccional) Original (como se recibió)	TAPPI T494	%	21,0	20,0
En aceite de transformador (sin envejecimiento)	TAPPI T494	%	28,3	8,0
En aceite (después del envejecimiento en aceite 29 días a 160 °C)	TAPPI T494	%	19,9	1,1
Conductividad térmica En aceite (después del envejecimiento en aceite 29 días a 160 °C) Aislamiento de papel = 80 % de papel + 20 % de aceite	ASTM D5470	W/(m·K)	0,250	0,070
Coeficiente de transferencia de calor En aceite (después del envejecimiento en aceite 29 días a 160 °C) Aislamiento de papel = 80 % de papel + 20 % de aceite	ASTM D5470	W·K ⁻¹ ·m ⁻²	0,167	0,023

Se observará que las diversas propiedades del material de aislamiento de poliamida alifática superan con creces al actual material aislante de celulosa. Sorprendentemente, la resistencia a la tracción del aislamiento de poliamida aumenta en realidad en el entorno lleno de aceite de alta temperatura.

También se compararon las propiedades de resistencia a la tracción y de alargamiento del material de aislamiento de poliamida alifática de la presente invención y un material de aislamiento de poliamida alifática convencional después del envejecimiento en horno en aire observándose los siguientes resultados.

	Retención del alargamiento como un % del valor original		Resistencia a la tracción como un % del valor original	
Exposición (h)	PA 66 no estabilizado	PA 66 estabilizado	PA 66 no estabilizado	PA 66 estabilizado
0	100	100	100	100
240	4	112	35	101
500	3	114	26	103
1.000	3	114	23	102
2.000	2	90	17	106

Se observará que las propiedades de retención del alargamiento y de la resistencia a la tracción del material de aislamiento de poliamida alifática estabilizado en la presente invención superan con creces al material aislante de poliamida alifática no estabilizado cuando se somete a altas temperaturas en aire en un horno. Sorprendentemente, la resistencia a la tracción del aislamiento de poliamida aumenta en realidad en el entorno del horno a alta temperatura.

Objetivos, características y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones a modo de ejemplo de la misma, como se ilustra en los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá más fácilmente a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas de la misma cuando se toman conjuntamente con los dibujos adjuntos en los que:

La FIG. 1 es una vista en perspectiva fragmentada de un hilo magnético eléctrico envuelto en espiral que se forma según la presente invención y que se usa en los arrollamientos de un transformador lleno de aceite; la FIG. 2 es una vista en perspectiva similar a la FIG. 1, pero que muestran un hilo magnético eléctrico envuelto de forma lineal que se forma según la presente invención y que se usa en los arrollamientos de un transformador lleno de aceite; la FIG. 3 es una vista en perspectiva fragmentada de un transformador que se forma según la presente invención; y la FIG. 4 es una vista esquemática de un conjunto que se usa para estirar o alargar longitudinalmente la realización de película del aislamiento de poliamida alifática para inducir la cristalización de la película.

Descripción detallada de la invención

Con referencia ahora a los dibujos, las FIGS. 1 y 2 muestran dos formas diferentes de hilo magnético aislado 2 que pueden usarse para las bobinas de transformadores llenos de aceite. Estos hilos magnéticos están aislados con cintas de aislamiento de poliamida alifática 4 y 6 que se forman según la presente invención. La FIG. 1 muestra un hilo magnético envuelto en espiral 2 en el que las cintas de aislamiento 4 y 6 están envueltas en espiral alrededor del hilo magnético 2 de una forma conocida. La FIG. 2 muestra un hilo magnético envuelto de forma lineal 2 que puede usarse para bobinas de transformadores llenos de aceite. Estos hilos magnéticos también están aislados con cinta de aislamiento de poliamida alifática 4 que se forma según la presente invención.

La FIG. 3 es una vista en perspectiva fragmentada de un conjunto de transformador que es adecuado para su uso en un sistema de potencia lleno de aceite. El conjunto de transformador incluye un componente de núcleo 22, una bobina de arrollamiento de baja tensión 26 y una bobina de arrollamiento de alta tensión 24. Las bobinas se forman a partir del hilo magnético aislado 2 mostrado en las FIGS. 1 y 2. Los tubos de aislamiento 25 están intercalados entre el núcleo 22 y la bobina de arrollamiento de baja tensión 26, y entre la bobina de arrollamiento de baja tensión 26 y la bobina de arrollamiento de alta tensión 24. Estos tubos de aislamiento 25 se forman a partir del material de aislamiento de poliamida alifática estabilizado de la presente invención.

La FIG. 4 es una vista esquemática de un conjunto que puede usarse para alargar y estirar axialmente el material de aislamiento cuando está en forma de película. El conjunto incluye un par de rodillos calentados 10 y 12 a través de los cuales se alimenta la hoja de película de poliamida alifática 8. Los rodillos 10 y 12 giran en la dirección A a una primera velocidad predeterminada y están operativos para calentar la hoja de película 8 y comprimirla. La hoja calentada y adelgazada 8 se alimenta entonces a través de un segundo conjunto de rodillos 14 y 16 que giran en la dirección B a una segunda velocidad predeterminada que es mayor que la primera velocidad predeterminada, de manera que estiran la película en la dirección C para producir una hoja de película cristalizada adelgazada 8' que entonces se alimenta en la dirección C sobre un rodillo de transferencia 8 donde se enrolla en un rollo de hoja de película de poliamida alifática cristalizada que pueden entonces ser cortada en tiras de aislamiento si así se desea.

La forma fibrosa del material aislante se forma del siguiente modo. La resina de polímero fundida estabilizada mejorada se extruye a través de hileras en una pluralidad de hilos sobre una hoja de soporte en movimiento tras lo cual los hilos llegan a enmarañarse sobre la hoja de soporte para formar hojas unidas hiladas del material extruido. Estas hojas unidas hiladas de material de aislamiento se comprimen entonces en hojas de aislamiento. Preferentemente, las hojas se procesan entonces adicionalmente poniendo una pluralidad de ellas una encima de la otra y entonces se pasan una vez más a través de rodillos que las comprimen y enlazan adicionalmente para formar las hojas finales del material aislante de poliamida alifática en una forma fibrosa. Esta forma fibrosa del material aislante contiene uno de los compuestos estabilizantes térmicos/químicos anteriormente descritos.

Con el fin de potenciar el factor de aislamiento del aislamiento de la presente invención, la realización fibrosa del aislamiento de la presente invención puede unirse a la realización de película del aislamiento de la presente invención para formar una realización de compuesto de un material aislante formado según la presente invención.

Será fácilmente apreciado que el material aislante eléctrico de poliamida alifática de la presente invención mejorará y estabilizará marcadamente los transformadores llenos de aceite. El material de aislamiento de la presente invención supera claramente al actual material aislante del transformador de celulosa en toda propiedad importante.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un conjunto de transformador lleno de aceite que comprende bobinas conductoras eléctricas que comprenden un hilo magnético que está aislado con una cinta de aislamiento de poliamida alifática en una envoltura lineal o en espiral, cinta que incluye compuestos estabilizantes que funcionan como medio para proporcionar elevada estabilidad térmica y química.
- 10 2. El conjunto de transformador lleno de aceite de la reivindicación 1, en el que dichos compuestos estabilizantes se seleccionan del grupo que consiste en haluro de cobre, bromuro de cobre, yoduro de cobre, acetato de cobre, bromuro de calcio, bromuro de litio, bromuro de cinc, bromuro de magnesio, bromuro de potasio y yoduro de potasio, y mezclas de los mismos.
- 15 3. El conjunto de transformador lleno de aceite de la reivindicación 2, en el que mezclas seleccionadas de dichos compuestos estabilizantes constituyen una cantidad del material de aislamiento que está en el intervalo del 0,1 % al 10,0 % en peso del material de aislamiento.
- 20 4. El conjunto de transformador lleno de aceite de la reivindicación 1, en el que dicha cinta de aislamiento está en una forma fibrosa.
5. El conjunto de transformador lleno de aceite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el hilo está aislado con cinta de aislamiento de poliamida alifática en una envoltura lineal.
- 25 6. El conjunto de transformador lleno de aceite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el transformador es un transformador de líquido de alta temperatura.

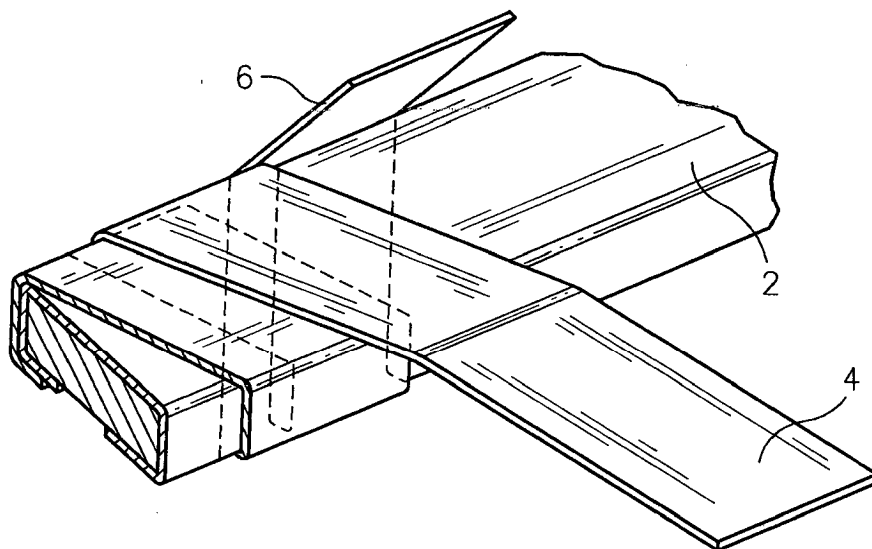


FIG. 1

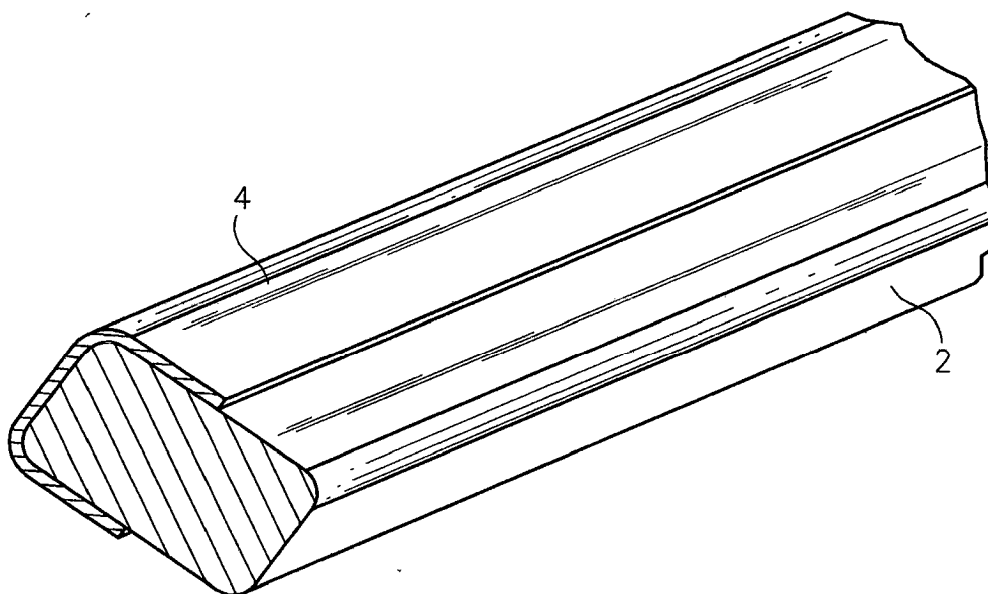


FIG. 2

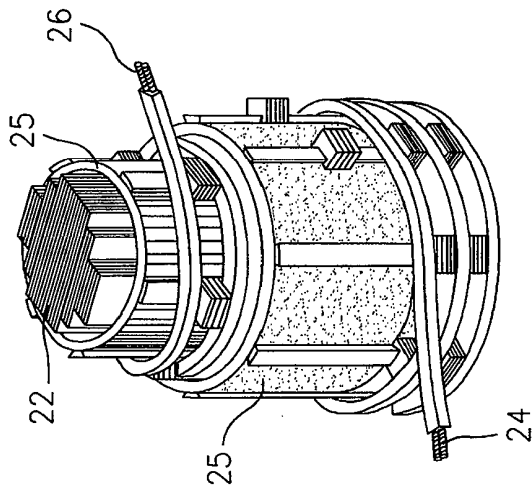


FIG. 3

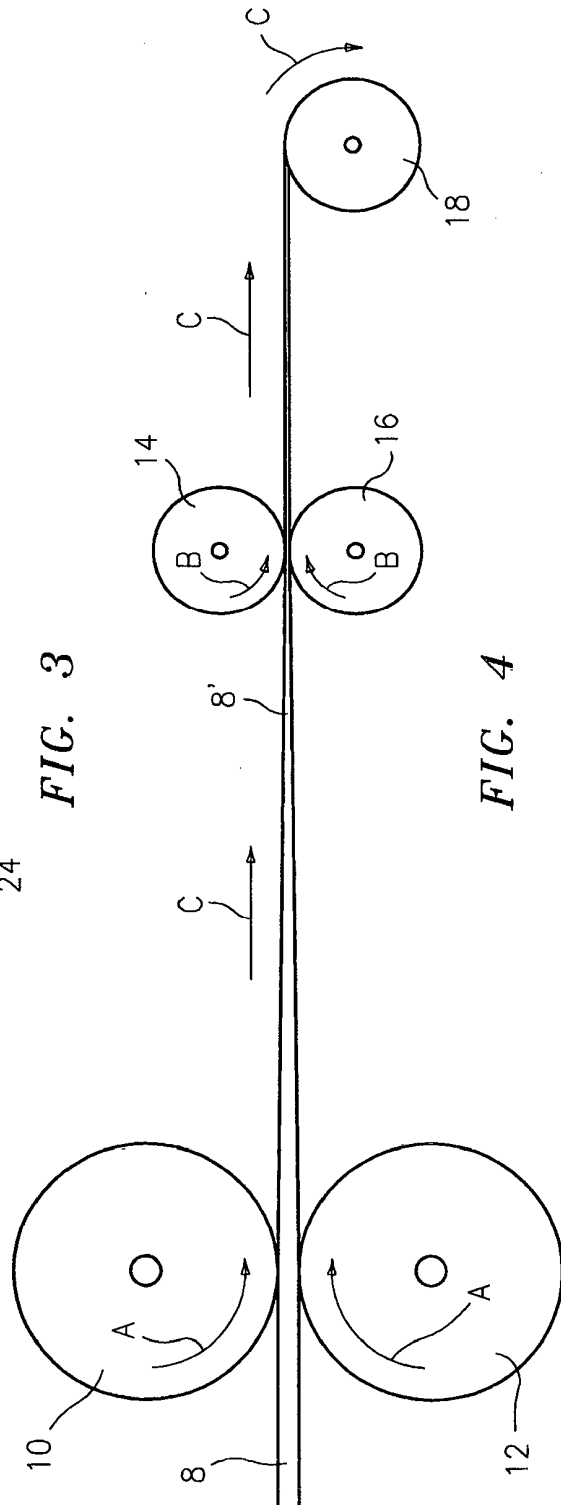


FIG. 4