

19 JUN



403023

P.- 50.940

WE Case No. 42.610 I

MEMORIA DESCRIPTIVA

Int. Cl.: H01B, C08H

para solicitar PATENTE DE INVENCION EN ESPAÑA por 20 años

a nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en Westinghouse Building, Gateway Center,
Pittsburgh, Pensilvania 15222, Estados Unidos de América.

por: "MEJORAS INTRODUCIDAS EN APARATOS ELECTRICOS"

(Clase Internacional H01b, C08h)

=====

9.6.72.

403023



La presente invención se refiere a un aparato eléctrico que comprende un conductor eléctrico al que se aplica un aislamiento eléctrico sólido y, a su vez, aceite aislante de petróleo a por lo menos una parte de este último aislamiento.

Los materiales celulósicos impregnados de aceite mineral, tales como papel, tela de algodón, cinta de algodón, cartón prensado y madera, han sido empleados desde hace mucho en la industria eléctrica como aislamiento de diversos tipos de aparatos, debido a sus excelentes propiedades dieléctricas globales, satisfactoria resistencia dieléctrica inicial y bajo coste. Sin embargo, las propiedades eléctricas y físicas del material celulósico se deterioran a velocidad en aumento cuando las temperaturas de trabajo del aparato eléctrico se elevan por encima de aproximadamente 100°C, ya esté expuesto al aire o en contacto con composiciones dieléctricas fluidas tales como aceite de transformadores. El deterioro de las propiedades físicas está acompañado por la correspondiente disminución de las propiedades de aislamiento eléctrico. Por estas razones, ha existido la necesidad de disponer de materiales de espaciamiento sólidos más satisfactorios, para uso como aislantes para los arrollamientos eléctricos en un transformador sumergido en aceite, particularmente cuando pueden estar presentes los mayores esfuerzos

25
9.6.72.

403023



eléctricos y se requiere buena resistencia a impulsos.

Los requisitos primarios para tal aislamiento sólido son baja constante dieléctrica y bajas características de hinchamiento cuando es sumergido en aceite de transformadores a temperaturas elevadas, durante un período extenso de tiempo. Respecto a la constante dieléctrica, en transformadores sumergidos en aceite se pueden obtener una intensidad reducida de esfuerzo eléctrico si se utilizan dieléctricos sólidos, elegidos de forma apropiada, como sustitutos de la celulosa impregnada en aceite, cuya constante dieléctrica es 3,75. Para obtener los mejores resultados, tal aislante sólido debe tener la constante dieléctrica del aceite de transformadores. La constante dieléctrica del aceite de petróleo refinado usado en transformadores es aproximadamente 2,2. En general, un material aislante sólido de baja constante dieléctrica, emparejada muy de cerca o exactamente con la del aceite, como sustituto del cartón impregnado de aceite en áreas de grandes esfuerzos eléctricos (incluyendo esfuerzos eléctricos particularmente grandes en el caso de corrientes de impulso debidas a caídas de rayos), permite reducir el espesor o separación de aislamiento hasta tanto como aproximadamente $2/3$ del ahora usado.

Uno de los principales problemas asociados con la consecución de esa reducción de la separación de

25
9.6.72.

403023

1957



5 aislamiento es que las resinas disponibles de baja constante dieléctrica, tales como polímeros hidrocarbonados, son hinchadas excesivamente por contacto con aceite caliente de transformadores, de manera que tras un breve período de tiempo deja inservibles a las resinas. Muchas resinas disponibles en el comercio, tales como el poliestireno atáctico, polietileno, y polipropileno isotáctico, se ablandan excesivamente a 125°C y muestran considerable hinchamiento y captación de peso (carga).

10 Según la presente invención, un aparato eléctrico comprende un conductor eléctrico, aislamiento eléctrico sólido aplicado al conductor, y un aceite aislante de petróleo aplicado a por lo menos parte del aislamiento eléctrico, teniendo este último una constante dieléctrica de 2,0 a 2,7, siendo relativamente insoluble en el aceite, presentando bajo hinchamiento en el aceite cuando dicho aceite está caliente, y comprendiendo al menos uno de entre una resina hidrocarbonada de 1,2-polibutadieno reticulada termoendurecible o un copolímero de ella, y un poliestireno isotáctico al menos parcialmente cristalino.

20 Las ventajas originadas por el uso, en aparatos eléctricos impregnados de aceite, de tales materiales aislantes sólidos en vez de cartón celulósico impregnado de aceite son ahorros en coste, debido al menor tamaño y menor peso total, en virtud de la reducida separación

25
9.6.72.

403023

12 J



de aislamiento respecto a la requerida de otra forma, y vida más larga de los transformadores y demás aparatos aislados con aceite.

Así, un cilindro de cartón celulósico de un espesor de 25,4 mm es reemplazado por un cilindro de poliestireno isotáctico de un espesor de aproximadamente 16,5 mm, con aislamiento eléctrico igualmente eficaz.

Para que se pueda entender más fácilmente la invención, se describirán a continuación, a título de ejemplo, realizaciones convenientes de ella, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista esquemática en alzado de un conjunto de núcleo magnético y arrollamiento.

La figura 2 es una vista de detalle en perspectiva, fragmentada y aumentada, parcialmente en sección, de un transformador del tipo de núcleo.

La figura 3 es un gráfico que muestra el tanto por ciento de ganancia de peso (en ordenadas) para diversos tipos de resinas, frente al tiempo (en abscisas).

La figura 4 es un gráfico que muestra el tanto por ciento de hinchamiento de volumen para diversos tipos de resinas (en ordenadas), frente al tiempo (en abscisas).

La figura 5 es un gráfico que muestra la captación en peso de aceite de transformadores en poliestireno isotáctico (en ordenadas), en función del tiempo de recocido (en

403023



abscisas); y

La figura 6 es un gráfico que muestra el tanto por ciento de compresión (en ordenadas) bajo la presión de una carga de 53 kg/cm² en aceite, a 125°C, para diversas resinas, frente al tiempo (en abscisas).

Más adelante se expone y describe específicamente un transformador del tipo de núcleo, pero para la práctica de la presente invención son adecuadas otras formas de transformadores, tales como el tipo de carcasa, reactores, y otros aparatos eléctricos sumergidos en aceite. En los transformadores del tipo de núcleo ilustrados en las figuras 1 y 2, las partes análogas son designadas por numerales de referencia análogos.

En la figura 1 se muestra esquemáticamente un tipo de núcleo trifásico de transformador de potencia, indicado en general como 10, que comprende una envolvente 11 en la que se dispone un núcleo 12 magnético que tiene tres patas 14 espaciadas con un conjunto 16 de arrollamiento que comprende arrollamientos primarios y secundarios, dispuestos alrededor de cada pata. Cada conjunto 16 de arrollamiento comprende unas secciones 18 de arrollamiento independientes, cada una de las cuales comprende una o más bobinas planas o discos de arrollamiento. Unos separadores 20 radiales separan cada sección 18 de arrollamiento, proporcionando trayectorias de flujo para el aceite refrigerante dieléctrico y aislando eléctricamente

6.7.72
MCM

403023

19 JUN



te a los discos adyacentes. Las interconexiones 22 conectan eléctricamente a las espiras de las secciones 18 de arrollamiento. El tipo y la situación de las interconexiones 22 entre los discos dependen del tipo y clase del conjunto 16 de arrollamiento, razón por la que las interconexiones 22, según se muestran, solo son ilustrativas. Los terminales 24 y 26 proporcionan medios para conectar eléctricamente el conjunto 16 de arrollamiento al aparato o circuito asociados; sin embargo, se pueden utilizar otros terminales en otras posiciones terminales.

Una construcción práctica de un transformador del tipo de núcleo es la ilustrada más en particular en la figura 2, en la que la pata 14 del núcleo 12 y el conjunto 16 de arrollamiento se muestran parcialmente en sección, con su aislamiento sólido asociado. El núcleo 12 está provisto, en cada lado, de unos miembros 40 de canal inferiores, fijados a él, para soportar los componentes de trabajo del transformador en la envolvente 11, y de unos miembros 42 de canal superiores entre los cuales miembros de canal se amordazan los arrollamientos 16. Para conseguir esto, un pesado anillo 44 de acero descansa sobre los miembros 40 de canal inferiores, mientras que un anillo 45 superior de acero se aplica a tope contra el fondo de los miembros 42 de canal superiores. Un anillo 46 embridado de aislamiento sólido de material resinoso

25
9.6.72.

403023

19



moldeado reforzado con fibra descansa sobre el anillo 44,
y sobre el anillo 46 embridado está dispuesta una serie
de miembros de aislamiento espaciados, en disposiciones
47 y 49 de anillo. Se proporcionan unas barreras de aisla
5 miento de fase interior, de aislamiento sólido, para aislar
cada una de las fases del transformador entre sí. Las
barreras comprenden una hoja 48 inferior embridada rectan
gular con su centro cortado justamente más allá del anillo
49 sobre el que está dispuesta, unas paredes 50 laterales
10 aislantes atornilladas a la hoja 48 inferior mediante unos
tornillos 52 de material aislante de la electricidad, tal
como resina moldeada reforzada con fibra, y una hoja 53
superior embridada que es una imagen especular de la hoja
48 inferior, también atornillada mediante tornillos 52 a
15 las paredes 50 laterales, formando la totalidad un compar
timiento rectangular. Las paredes de la envolvente del
transformador cierran usualmente los lados frontales y la
terales abiertos del compartimento.

En los transformadores grandes, las patas
20 14 no son rectangulares, sino que están compuestas por la
minaciones cuya anchura disminuye gradualmente desde la
más ancha, que se extiende desde la cara 56 hasta la cara
correspondiente en el lado izquierdo de la figura 2, hasta
la anchura menor en la cara 55. La disposición gradual de
25 las laminaciones produce unos rincones 57 en los que se
9.6.72.

403023



ponen varillas o tiras 58 de relleno. Las tiras 58 de relleno pueden ser redondas o con un cuadrante redondo, o tener otra forma adecuada, y son de un material aislante sólido. La finalidad de las tiras 58 de relleno es soportar una carcasa 60 cilíndrica de aislamiento sólido, la cual carcasa, a su vez, soporta y aísla eléctricamente los arrollamientos 62 de baja tensión del arrollamiento eléctrico, que comprenden una serie de bobinas 18 planas. Las bobinas 18 planas están separadas por dos tipos de espaciadores 20 radiales aislantes, que pueden comprender unos espaciadores 63 relativamente gruesos y unos espaciadores 65 más delgados, para permitir un flujo de aceite aislante entre los arrollamientos. Los espaciadores 63 gruesos permiten el paso de un flujo mayor de aceite de enfriamiento, y también proporcionan espacio para aplicar tomas eléctricas, y para otros fines.

Tras haber sido constituida la totalidad del arrollamiento de baja tensión, apilando arrollamientos 18 sobre el anillo 47 con unos espaciadores 63 y 65 radiales aislantes interpuestos entre ellos, se desliza sobre aquél una carcasa 64 aislante cilíndrica, que se ajusta con exactitud a la otra periferia del arrollamiento 62, y luego se pone alrededor de la carcasa 64 una carcasa 66 aislante tubular exterior, más grande, y se introducen unas tiras 68 espaciadoras verticales, según una

25
9.6.72.

403023



5 pauta previamente determinada, en el espacio entre las
carcasas 64 y 68. Las tiras espaciadoras verticales se
ajustan estrechamente en el espacio, de manera que permi
ten que las carcasas 64 y 66 se refuercen entre sí, al
tiempo que permiten que el aceite fluya libremente en
sentido ascendente entre las carcasas, cuando el trans-
formador está en funcionamiento.

10 Luego se aplica el arrollamiento 70 de al-
ta tensión, deslizando bobinas planas individuales sobre
la carcasa 66, ajustándose estrechamente al menos alguno
de los arrollamientos, y descansando el arrollamiento in
ferior sobre la hoja 48 aislante, concéntricamente con la
disposición 49 de anillo. Entre cada bobina plana del
arrollamiento 70 se disponen unos espaciadores 72 radiales
15 gruesos y unos espaciadores 74 radiales delgados.

20 En la práctica, se aplica un tubo aislante
delgado al exterior del arrollamiento 70, para dirigir el
flujo de aceite. La patente 3.548.354, de Schwab, muestra
diversas disposiciones de tales tubos aislantes y deflec-
tores o barreras alrededor de los arrollamientos, para di
rigir el flujo de aceite sobre los arrollamientos.

25 Tras haber puesto alrededor de la pata 14
del núcleo tanto los arrollamientos 70 de alta tensión co
mo los arrollamientos 62 de baja tensión, así como las va
rias carcasas 60, 64 y 68 aislantes, haber situado sobre
9.6.72.

19 JUN



403023

la bobina plana superior del arrollamiento 62 de baja
tensión una serie espaciada superior de miembros aislantes,
en disposición 76 de anillo, haber puesto la hoja
53 aislante rectangular superior sobre la bobina plana superior
del arrollamiento 70 de alta tensión, y haber dispuesto una
segunda serie espaciada de miembros aislantes en disposición
77 de anillo, sobre la hoja 53, en línea con el arrollamiento
70, se disponen entonces sobre la parte superior de los
arrollamientos un anillo 80 aislante sólido embridado, y el
anillo 45 de acero. Luego se monta sobre las patas 14
verticales el resto del núcleo magnético, que comprende el
yugo 82 horizontal. Se ponen en su sitio los miembros 42
de canal superiores, y se aplican unos tornillos adecuados
para atornillar los canales al núcleo magnético y aplicar
presión a las placas 45-44, de manera que se compriman entre
ellas los arrollamientos 62-70. Durante el procedimiento de
montaje se han hecho también las conexiones eléctricas a los
varios arrollamientos, en los terminales 24 y 26, y cualquier
terminación de arrollamiento requerida. El depósito 11 del
transformador es llenado con aceite de manera que se cubran
el núcleo 12 y los arrollamientos 62 y 70.

Cuando se pone en funcionamiento el transformador, el
aceite caliente fluye sobre los tubos 60, 64 y 66 aislantes,
las tiras 58 y 68, y también los diversos

25
9.6.72.

403023

19



miembros 46, 47, 48, 53, 63, 65, 72, 74, 76, 77 y 80 ais-
lantes. Todos estos tubos, tiras y miembros aislantes es-
tán sometidos también a grandes presiones, tanto estáti-
cas, tal como cuando el conjunto del arrollamiento del
5 transformador es atornillado firmemente para formar una
unidad, como dinámicas, cuando pasan por los arrollamien-
tos sobretensiones y cortocircuitos, y afectan al trans-
formador. El repentino aumento de flujo de corriente du-
rante las sobretensiones y cortocircuitos en los arrolla-
10 mientos crea fuerzas de choque que someten a importantes
esfuerzos a los espaciadores y tubos. Es necesario que el
aceite caliente no reaccione con ni afecte adversamente
al aislamiento resinoso que constituye estos tubos, tiras
y espaciadores.

15 Además, los miembros aislantes sumergidos
en el aceite aislante han de ser capaces de soportar los
esfuerzos de voltaje y eléctricos aplicados a los arrolla-
mientos. Cuando los materiales aislantes sólidos tienen
una constante dieléctrica casi igual que la del aceite,
20 concretamente de 2,0 a 2,7, y de preferencia aproximada-
mente 2,2, el esfuerzo por voltaje eléctrico está gradua-
do más uniformemente, y ni el aceite ni el aislamiento
eléctrico sólido están sometidos a un gradiente de volta-
je desproporcionado. En consecuencia, los materiales ais-
lantes sólidos, concretamente miembros tubulares, tiras,

25
9.6.72.

403023

19 JUN



espaciadores, y materiales aislantes resinosos similares, según se muestran en la figura 2, pueden ser mucho más delgados que los materiales aislantes sólidos más usuales, con constantes dieléctricas de 3,7 y más.

5 Los líquidos dieléctricos a base de petróleo, tales como el conocido comúnmente como aceite de transformadores, son aceites de petróleo muy refinados con un índice de ácido muy pequeño. Puede haber estabilizadores y antioxidantes, tal como p-terc-butilfenol, presentes en ellos.

10 Según la presente invención, las varias partes aislantes eléctricas resinosas sólidas sometidas a grandes voltajes eléctricos y esfuerzos, comprendiendo particularmente los miembros 46, 47, 48, 76, 77 y 80, los
15 espaciadores 63, 65, 72 y 74 radiales, los espaciadores o tiras 58 y 68 verticales, y los cilindros 60, 64 y 66 tubulares aislantes, están compuestos de ciertos polímeros hidrocarbonados que tienen constantes dieléctricas sustancialmente parejas a las del aceite de transformado
20 res, y que son resistentes a reacción con o a una acción adversa de hinchamiento por el aceite, a temperaturas de hasta aproximadamente 125°C, durante extensos períodos de tiempo.

25 Más específicamente, los polímeros hidrocarbonados de los que se halla que cumplen con los requi-
9.6.72.

403023



sitos de baja constante dieléctrica y mínimas características de hinchamiento en aceite de petróleo consisten en un material elegido del grupo que consta de resinas hidrocarbonadas de 1,2-polibutadieno reticuladas termoendurecibles, y sus copolímeros con monómeros vinílicos, y poliestireno isotáctico al menos parcialmente cristalino.

Las resinas hidrocarbonadas de 1,2-polibutadieno reticuladas termoendurecibles, y algunos de sus copolímeros vinílicos, que se derivan del butadieno, presentan bajas constantes dieléctricas y bajas características de hinchamiento en aceite de transformadores caliente.

El poliestireno isotáctico al menos parcialmente cristalino es particularmente adecuado para su uso en la práctica de la invención. La estructura cristalina comprende al menos 10% en peso de la resina total, y preferiblemente es mayor, por ejemplo hasta aproximadamente de 30 a 35%. Que se sepa, hasta ahora el poliestireno isotáctico ha cristalizado en cantidades de hasta aproximadamente el 35% del total.

El poliestireno isotáctico puede ser producido por polimerización de estireno con catalizadores estereoespecíficos del tipo Ziegler-Natta, como se expone más en particular en: (1) G. Natta y F. Danusso, "Stereo-regular Polymers and Stereo-specific Polymerization"

25
9.6.72.

403023

19 JUN



(Polímeros estéoregulares y polimerización estereoespe-
cífica), Pergamon Press, Inc., N.Y. 1967; (2) N.E. Gaylord
y H.F. Mark, "Linear and Stereo-specific Addition Polymers"
(Polímeros de adición lineales y estereoespecíficos),
5 Interscience Publishers, Inc. N.Y., 1959; y (3) Wayne
Sorenson y Tod W. Campbell, "Preparative Methods of Polymer
Chemistry" (Métodos preparativos en la química de políme-
ros), 1961, págs. 201 y 202, Interscience Publishers, Inc.
Como resultado de la estructura isotéctica regular, puede
10 ser cristalizado y tiene una conformación de cadena heli-
coidal triple. El polímero isotáctico puede existir en es-
tado amorfo o cristalino. Las muestras del fundido sometidas
a enfriamiento rápido son amorfas, pero se hacen cris-
talinas si son recocidas durante algún tiempo a una tempe-
15 ratura por debajo del punto de fusión cristalino. La velo-
cidad de cristalización es relativamente lenta en compa-
ración con otros polímeros cristalizables, tales como el
polietileno o polipropileno. El poliestireno isotáctico
amorfo tiene propiedades algo similares a las del polies-
20 tireno atáctico usual.

Sin embargo, el poliestireno isotáctico
cristalino tiene una temperatura de fusión alta, que mues-
tra una temperatura de transición de primer orden de apro-
ximadamente 240°C. Es insoluble en la mayoría de los di-
solventes comunes del poliestireno, y es opaco, como re-

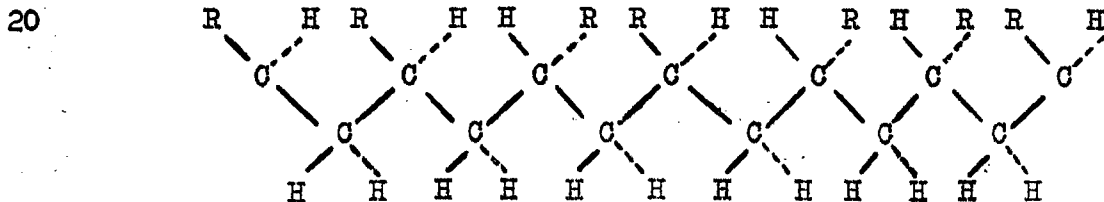
25
9.6.72.

403023



sultado de la estructura esferulítica de la fase cristalina. Por datos de rayos X, se calcula que la densidad del polímero cristalino al 100% es 1,12. El poliestireno de alto grado de isotacticidad se prepara fácilmente. Por recocido se ha obtenido poliestireno isotáctico parcialmente cristalino, generalmente con una cristalinidad relativa menor del 35%.

Como indican Sorenson y Campbell en "Preparative Methods of Polymer Chemistry" (Métodos preparativos en la química de polímeros), las diversas configuraciones polímeras del poliestireno pueden ser representadas imaginando la cadena polímera carbono-carbono dispuesta sobre un plano en la conformación de zigzag extendido. Si los sustituyentes (en este caso el grupo fenilo) del monómero vinílico monosustituído están dispuestos al azar por encima y por debajo del plano de la cadena de carbono, el polímero no tiene regularidad estereoquímica, y se llama atáctico. La configuración de cadena es como sigue:



25 donde R representa el grupo fenilo.

9.6.72.

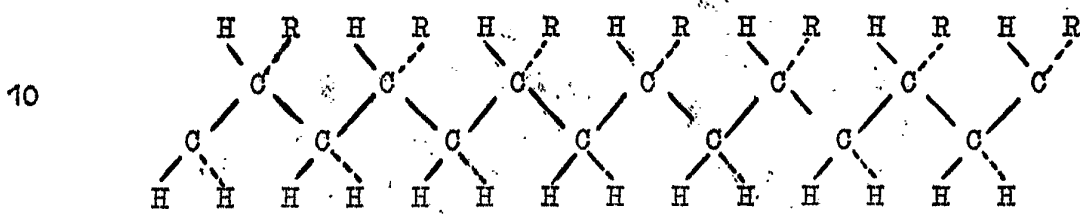
403023

19 J

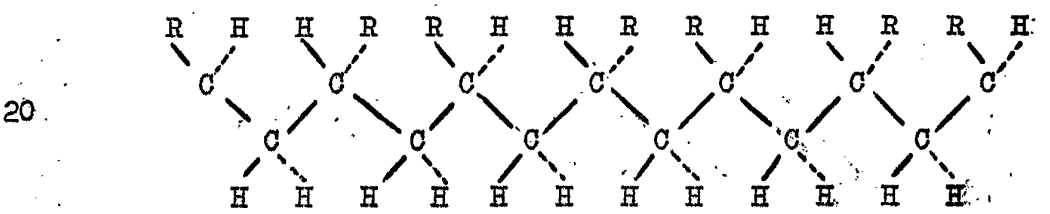


Generalmente, los catalizadores a base de titanio dan, por un mecanismo que aún no está claro, una cadena estéoregular en la que cada carbono asimétrico sucesivo tiene la misma configuración que el precedente.

5 Si todos los sustituyentes caen en un lado del plano, se dice que el polímero es isotáctico, y tiene la siguiente estructura de cadena:



15 Finalmente, si los sustituyentes caen alternativamente por encima y por debajo del plano de la cadena, el polímero se denomina sindiotáctico, cuya configuración de cadena es como sigue:



25 9.6.72. La estéoregularidad permite que las cadenas cristalicen, por lo que las propiedades de los polímeros isotácticos y sindiotácticos difieren marcadamente

403023

19



de su equivalente al azar. Así, el poliestireno atáctico es transparente, no cristalino, y tiene baja temperatura de fusión, mientras que el poliestireno estéreo-regular es nebuloso como el nylon, cristalino, orientable, y tiene alta temperatura de fusión. La naturaleza del grupo R afecta también marcadamente al punto de fusión; en general, cuando más voluminoso sea, más alto funde el polímero.

Teóricamente, el polímero sindiotáctico debe cristalizar en cantidad suficiente, que sea de interés potencial en la presente invención.

A diferencia del poliestireno atáctico ordinario, el poliestireno isotáctico cristalino es relativamente insoluble en disolventes tales como benceno, cloroforno, acetona, y, más en particular, presenta poco aumento de peso cuando es puesto en contacto con aceite mineral caliente durante un cierto período de tiempo. El poliestireno isotáctico tiene baja constante dieléctrica, alto punto de fusión, y bajo factor de potencia. Es un material aislante sólido que, en forma muy cristalina, presenta bajo hinchamiento en aceite de transformadores. Además, el material tiene un coste relativamente bajo, debido a que se prepara fácilmente a partir de estireno por polimerización con un catalizador especial. Debido a tal coste bajo, el poliestireno isotáctico puede ser usado en

25
9.6.72.

403023

19 JUN 1972



transformadores como sustituto muy perfeccionado para papel, cartón, madera, y aislamiento celulósico similar.

Las resinas hidrocarbonadas de 1,2-polibutadieno parcialmente reticuladas, y sus copolímeros con monómeros vinílicos, y el poliestireno isotáctico parcialmente cristalino, pueden ser empleados solos o con diversas cargas fibrosas, para producir miembros moldeados resistentes. Es importante que las cargas fibrosas tengan una constante dieléctrica próxima a la de la resina. Un material fibroso particularmente adecuado es el poliestireno isotáctico cristalino preparado en fibras, como se expone en la patente EE.UU. 3.078.139. Las fibras pueden ser tejidas como tela, aglomeradas como fieltro, cortadas, o empleadas como hebras e impregnadas con poliestireno isotáctico parcialmente cristalino, o con la resina hidrocarbonada de 1,2-polibutadieno, o con esta última resina parcialmente disuelta en monómeros vinílicos tales como monoestireno. El compuesto fibroso de resina puede ser estratificado o moldeado bajo calor y presión, en forma de placas, tubos, hojas, varillas, arandelas y otras formas, para uso en transformadores y otros aparatos eléctricos. Las fibras de polipropileno tienen una resistencia excelente y una constante dieléctrica satisfactoria, pero se hinchan excesivamente en aceite caliente. Pueden emplearse fibras de polipropileno cortadas en longitudes peque-

25
9.6.72.

23-276



19 JUN 1972

403023

5 ñas, completamente envueltas por o incrustadas en la resina, tal como poliestireno isotáctico parcialmente cristalino, siempre que ningún extremo de fibra se extienda o se proyecte desde la superficie de cualquier miembro.

10 El poliestireno isotáctico parcialmente cristalino puede ser mezclado con pequeñas cantidades, de hasta varios tantos por ciento en peso, de otros polímeros, antes de cristalizar el poliestireno isotáctico. El polímero añadido puede ser también cristaliza-
15 ble. Tras la cristalización, se puede dar al producto polímero mixto la forma del miembro aislante deseado, y puede ser usado en la práctica de la presente invención. En algunos casos se pueden añadir al monoestireno peque-
20 ñas cantidades de otros monómeros copolimerizables, tales como, por ejemplo, metilestireno, y luego se polimeriza la mezcla formando un copolímero que comprende primordialmente grupos de poliestireno isotáctico, y luego se cristaliza. Además, tras haber producido el poliesti-
25 reno isotáctico, pero antes de la cristalización, se pueden añadir monómeros que sean reactivos con él, haciéndolos reaccionar in situ para que actúen como grupos de bloqueo finales, o bien el monómero añadido puede ser polimerizado primordialmente en grupos polímeros mezclados de forma relativamente homogénea en la masa

9.6.72.

403023

19 JUN



principal de poliestireno, y después el copolímero, o la mezcla, es cristalizado en una masa adecuada para la práctica de la invención. Los polímeros añadidos deben ser de preferencia relativamente insolubles en aceite, y tener
5 una constante dieléctrica baja, comparable a la del poliestireno isotáctico.

De manera similar, las resinas hidrocarbonadas de 1,2-polibutadieno termoendurecibles, y sus copolímeros vinílicos, pueden ser mezclados con pequeñas cantidades de una o más resinas distintas relativamente insolubles en aceite. Se puede preparar una masa resinosa mezclada homogéneamente, que sea adecuada para la práctica de la presente invención.
10

Se debe entender que los miembros de aislamiento resinosos, tales como tubos o cilindros, separadores, varillas y espaciadores, comprenderán esencialmente el poliestireno isotáctico cristalino o las resinas hidrocarbonadas de 1,2-polibutadieno termoendurecibles y sus copolímeros vinílicos, y cualquier resina y/o cargas añadidas o mezcladas con ellos no perjudicarán apreciablemente a su insolubilidad en aceite y a sus propiedades de no hinchamiento, ni hará aumentar la constante dieléctrica de la totalidad del miembro aislante por encima de aproximadamente 2,7, de manera que cuando se incorpore en aparatos llenos de aceite los esfuerzos dieléctricos no sean
15
20
25

9.6.72.

403023

19 JUN 1972



distribuidos desproporcionadamente entre el aceite y este aislamiento sólido.

La invención será ilustrada ahora con referencia al siguiente ejemplo.

5

Ejemplo

Unos discos de muestra de poliestireno isotáctico, poliestireno atáctico, y un polímero de 1,2-butadieno con 20% en peso de monoestireno fueron moldeados a temperaturas de 225 a 250°C en un molde de compresión.

10

Los discos de poliestireno isotáctico fueron recocidos luego a 175°C durante aproximadamente 1 hora, de manera que tuviese lugar la cristalización, y las muestras cambiaron de transparentes a opacas.

15

Los discos fueron sumergidos luego en aceite de transformadores caliente, y fueron mantenidos a 125°C durante 60 días, y se hallaron el aumento de peso y el hinchamiento en volumen, tanto para el poliestireno isotáctico como para los otros polímeros, que se muestran en las figuras 3 y 4 respectivamente. En la figura 3, las comparaciones del aumento de peso indican que el poliestireno atáctico (curva A) aumenta rápidamente. El poliestireno isotáctico (curva B sin recocer) tiene una disminución del aumento de peso con el paso del tiempo; sin embargo, cuando es recocido a 175°C durante 1 hora, para conseguir un alto grado de cristalinidad (curva C), tiene

20

25

9.6.72.

403023

19 JUN



un aumento de peso muy reducido.

En la figura 4 se obtuvieron resultados algo similares para la propiedad del tanto por ciento de hinchamiento en volumen. El poliestireno atáctico (curva D) tiene un aumento muy rápido del hinchamiento, en comparación con los poliestirenos isotácticos. Además, el hinchamiento del poliestireno isotáctico muy cristalino (curva E con recocido) es considerablemente menor que el del poliestireno isotáctico no cristalino en estado sin recocer (curva F). Más en particular, el poliestireno isotáctico según es moldeado (curva F sin recocer) en estado relativamente no cristalino, se hincha (figura 4) hasta más del 16% en volumen en 58 días. Sin embargo, el hinchamiento se redujo mucho por recocido del poliestireno isotáctico al estado cristalino, hasta justamente por encima del 4% en 8 días (curva E).

El efecto del tiempo de recocido del poliestireno isotáctico sobre la captación de peso se muestra en la figura 5. Las muestras de poliestireno isotáctico fueron recocidas a 175°C durante períodos de 2, 4 y 6 horas, y luego fueron sumergidas en aceite de transformadores a 125°C durante un cierto período de tiempo. Los resultados, que se muestran en la figura 5, indican como tiempo de recocido del poliestireno isotáctico algún período entre 2 y 6 horas, dado que se consigue un valor

25
9.6.72.

403023



5
10
15
20
25

óptimo en 4 horas, para una captación mínima de peso en aceite de transformadores.

Como se muestra también en las figuras 3 y 4, la resina de copolímero de 1,2-polibutadieno-estireno reticulada tiene una propiedad satisfactoria de bajo hinchamiento y tanto por ciento de aumento de peso, en comparación con las otras resinas incluídas en este ejemplo. Las muestras de ensayo que proporcionaron los datos para las curvas representadas en las figuras 3 y 4 fueron reticuladas incorporando de 1% a 2% de peróxido de dicumilo como catalizador en la resina viscosa, y curando en un horno durante 1 hora a 110°C, seguido por un curado durante la noche a 130°C. Se pueden emplear otras pautas de curado, dependiendo de la proporción entre 1,2-polibutadieno y monoestireno, y los catalizadores de resina usados. Luego se sometieron las muestras a ensayo para determinar el aumento de peso en aceite de transformadores caliente a 125°C, y presentaron un hinchamiento en volumen extremadamente bajo, y poco aumento de peso. Las resinas de 1,2-polibutadieno reticuladas presentaron solo de 0,7 a 0,8% de aumento de peso en 60 días, sin evidencia visible de cambio de aspecto de las muestras envejecidas. (Curva G, figura 3, y curva H, figura 4). Este tipo de resina de 1,2-polibutadieno reticulada es un material satisfactorio para aislantes en transformadores llenos de aceite.

9.6.72.

403023

19 JUN



También se hicieron medidas eléctricas en las muestras de resinas de 1,2-polibutadieno reticuladas, y los datos así obtenidos se relacionan en la tabla siguiente:

5

TABLA

<u>Temp.</u>	<u>Frecuencia, Hz</u>	<u>100 tan</u>	<u>Constante dieléctrica</u>	<u>Resistividad (ohmios-cm)</u>
25°C	60	0,15%	2,3	
	10^3	0,14	2,3	
	10^4	0,20	2,3	
	10^5	0,32	2,3	

10

Ensayo de resistividad con corriente continua

 $1,8 \times 10^{17}$

100°C	60	3,2%	2,3	
	10^3	2,6	2,1	
	10^4	0,47	2,1	
	10^5	0,13	2,1	

15

Ensayo de resistividad con corriente continua

 $1,1 \times 10^{17}$

20

La constante dieléctrica de 2,3 para la resina de 1,2-polibutadieno reticulada es sustancialmente idéntica a la comprendida entre 2,1 y 2,2 para el aceite de transformadores. Las pérdidas de energía a 25°C son excelentes, pero las pérdidas (3,2%) a 60 ciclos a 100°C fueron mayores que las esperadas o deseadas, y fueron

25
9.6.72.

403023

19 JUN 1960



atribuídas a la presencia de catalizador residual que permaneciese en el polímero. Para probarlo, una muestra de resina de 1,2-polibutadieno no reticulada, en forma líquida, fue sometida a extracción en agua desionizada durante varios días, mientras se controlaba la conducti-
5 vidad de la solución acuosa. Se continuó lavando hasta que la conductividad de agua desionizada recientemente añadida permaneciese baja. Luego fue reticulada de la ma-
nera antes mencionada, y las pérdidas eléctricas se redu-
10 jeron sustancialmente.

Se prepararon otras muestras que consistían en copolímeros de 1,2-polibutadieno con cantidades variables de terc-butilestireno y monoestireno. El efecto de hinchamiento del aceite de transformadores caliente sobre tales muestras se presenta en la figura 3, donde el
15 contenido de 1,2-polibutadieno es 80%, siendo el resto es-
tireno (curva I), y terc-butilestireno (curva J, figura 3). El uso de estireno o terc-butilestireno como comónome-
ro con el 1,2-polibutadieno tiene la ventaja de reducir
20 la viscosidad de este último, de manera que la mezcla es
más fácil de moldear y de dar forma.

Aunque la resina de 1,2-polibutadieno reti-
culada posee excelentes propiedades de tanto por ciento
de hinchamiento en volumen y tanto por ciento de aumento
de peso, fue relativamente frágil. Incorporando en la re-
25
9.6.72.

403023



5 sina una fibra de refuerzo de baja constante dieléctrica,
tal como estructuras de fibra y fieltro de polipropileno
isotáctico, antes de curar en el horno, se obtuvo un pro
ducto polímero termoendurecible mejor. Para reforzar el
10 producto, las fibras de polipropileno fueron tratadas
químicamente para acondicionar y oxidar la superficie de
las fibras, por inmersión en baños de sensibilización,
seguido por subsiguiente oxidación en soluciones de baño
de ácido crómico-ácido sulfúrico, con lo que se obtuvie-
ron superficies polares y más fácilmente humedecidas. Las
15 fibras de polipropileno fueron fibras de refuerzo particu-
larmente adecuadas, debido a su baja constante dieléctri-
ca, de manera que no aumentó significativamente la cons-
tante dieléctrica global del sistema de resina impregna-
da. Así, se incorporaron 50 g de fibra de polipropileno
en 100 g de resina de 1,2-polibutadieno que contenían 2
g del catalizador peróxido de dicumilo, y se curó en una
20 prensa según se ha esquematizado antes. Tales composicio-
nes fueron útiles para aplicaciones en transformadores
llenos de aceite, debido a su baja constante dieléctrica,
pocas pérdidas eléctricas, y propiedades físicas por lo
demás mejoradas. Los datos de hinchamiento en aceite se
muestran en la figura 3 (curva K).

25 Se preparó una muestra reforzada con fi-
bra de poliéster de un sistema de resina de 1,2-polibuta
9.6.72.

403023

19 JUN. 1972



5 dieno reticulada, impregnando 10 g de fibras de poliéster cortadas [derivadas de poli(tereftalato de etileno)] en una resina líquida que comprendía 80 g de resina de 1,2-polibutadieno, 30 g de divinilbenceno, con 3 g de peróxido de dicumilo, y moldeando para curar de la manera antes descrita. Los datos de hinchamiento obtenidos en aceite de transformadores caliente se muestran también en la figura 3 (curva L).

10 Además de los ensayos anteriores, unas muestras de resinas de 1,2-polibutadieno reticuladas elegidas, algunas de las cuales tenían alto peso molecular, y otras bajo peso molecular, fueron sometidas a ensayos de compresión bajo cargas de 53 kg/cm^2 , en aceite a 125°C , y los resultados fueron comparados con ensayos con otros materiales, incluyendo poliestireno isotáctico, resina epoxídica de bisfenol endurecida con anhídrido hexahidroftálico, y la misma resina epoxídica cargada con 30% de polvo de 1,2-polibutadieno reticulado. Los resultados, según se muestran en la figura 6, indican que bajo los ensayos de carga de compresión la resina de 1,2-polibutadieno reticulada de alto peso molecular tenía la menor deformación física (compresión bajo carga). La siguiente en valor fue la versión de bajo peso molecular. Se halla que el poliestireno isotáctico presenta unos valores de compresión casi idénticos a los de la resina epoxídica de

15
20
25

9.6.72.

403023^{19 JUN.}



bisfenol cargada. La desventaja primordial de las resinas de 1,2-polibutadieno reticuladas en estado no reforzado es que el material es frágil y requiere cuidado durante la manipulación e instalación en un transformador.

5 Otros polímeros de poliestireno isotácticos sustituidos con hidrocarburo que se pueden emplear son los polímeros isotácticos derivados de viniltolueno (es decir, los metilestirenos isómeros) y de terc-butiles tireno, en forma al menos parcialmente cristalina, por
10 ejemplo de 10 a 35% de estructura cristalina.

 En resumen, se muestra que ciertas resinas hidrocarbonadas polímeras elegidas tienen bajas constantes dieléctricas que se asemejan mucho a la del aceite de transformadores. Análogamente, estos polímeros elegidos
15 tienen propiedades de hinchamiento relativamente bajo cuando son sumergidos en aceite de transformadores caliente, durante períodos extensos de tiempo. Estas propiedades de baja constante dieléctrica y poco hinchamiento contrastan con las de ciertos otros polímeros hidrocarbonados, por ejemplo polietileno, polipropileno isotáctico, poliestireno atáctico y similares, que tienen un hinchamiento muy grande, sustancialmente mayor que 15% en
20 peso, en unos pocos días en el mismo medio de aceite caliente. Como resultado, el poliestireno isotáctico y las resinas de 1,2-polibutadieno reticuladas elegidas son ma

25
9.6.72.

403023

19 JUN 1972



5

teriales extraordinarios para uso como aislamiento eléctrico sólido en transformadores llenos de aceite, para reemplazar a cartón celulósico, y así producen una reducción de coste por reducción de las separaciones de aislamiento. La constante dieléctrica de los materiales aislantes resinosos sólidos es óptimamente de 2,0 a 2,2, y preferiblemente de aproximadamente 2,0 a 2,5; sin embargo, el material aislante sólido puede tenerla tan alta como 2,7.

10

La presente solicitud que corresponde a las presentadas en los Estados Unidos de América, el 24 de Mayo de 1971, bajo el Nº 146.238 y 14 de Abril de 1972, bajo el Nº 244.183, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

19
9.6.72.



403023

5 1ª.- Mejoras introducidas en aparatos eléctricos que comprenden un conductor eléctrico, aislamiento eléctrico sólido aplicado al conductor, y un aceite aislante de petróleo aplicado a por lo menos parte del aislamiento eléctrico, teniendo este último una constante dieléctrica de 2,0 a 2,7, siendo relativamente insoluble en el aceite, presentando poco hinchamiento en el aceite cuando dicho aceite está caliente, y comprendiendo al menos uno de una resina hidrocarbonada de 1,2-polibutadieno, reticulada y termoendurecible, o un copolímero de ella, y poliestireno isotáctico al menos parcialmente cristalino.

10 2ª.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 1ª, según las cuales el aislamiento eléctrico sólido comprende esencialmente un copolímero termoendurecible de resina hidrocarbonada de 1,2-polibutadieno y un monómero vinílico.

20 3ª.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 1ª, según las cuales el poliestireno tiene una estructura cristalina de al menos 10% de la resina total.

25 4ª.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 1ª, 2ª ó 3ª, según las cuales el aislamiento eléctrico sólido tiene una constante dieléctrica de 2,0 a 2,5.

403023

25



5 5ª.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 4ª, según las cuales el aislamiento eléctrico sólido presenta un hinchamiento menor que el 15% en peso, en un período prolongado de tiempo, cuando es sumergido en aceite de petróleo a una temperatura de aproximadamente 125°C:

10 6ª.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 5ª, según las cuales el aislamiento eléctrico sólido tiene una constante dieléctrica que es sustancialmente la del aceite de petróleo para transformadores.

15 7ª.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 6ª, según las cuales el aislamiento eléctrico sólido comprende un material fibroso que tiene una constante dieléctrica próxima a la de la resina y el aceite.

20 8ª.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 7ª, según las cuales se incrustan fibras de poliestireno isotáctico en la resina de 1,2-polibutadieno no reticulada.

25 9ª.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 7ª, según las cuales se incrustan fibras de resina de poliéster en la resina de 1,2-polibutadieno reticulada.

10ª.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de

21-9-74

ME

403023

25 SET



5 las reivindicaciones 1ª a 9ª, según las cuales el apa-
rato eléctrico es un transformador que comprende un
núcleo magnético y arrollamientos eléctricos dispues-
tos en las patas del núcleo, con un aceite aislante,
que tiene una constante dieléctrica de aproximadamen-
te 2,2, aplicado a los arrollamientos eléctricos, y
con el aislamiento eléctrico sólido dispuesto entre
los arrollamientos eléctricos y el núcleo magnético,
así como entre porciones de los arrollamientos eléc-
tricos.

10 11ª.- Mejoras introducidas en aparatos eléc-
tricos.

15 Tal y como se ha descrito en la Memoria que
antecede, representado en los dibujos que se acompa-
ñan y para los fines que se han especificado.

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

20 Madrid, 25 SET. 1974

P.A.

Alberto de Elzaburu

Por Federa

21-9-74
jui

ME

403023



HOJA DE LEYENDAS PARA LAS
FIGURAS 5 y 6

FIG. 5

- = 2 horas, recocido a 175°C
- = 6 horas, " " "
- = 4 horas, " " "

FIG. 6

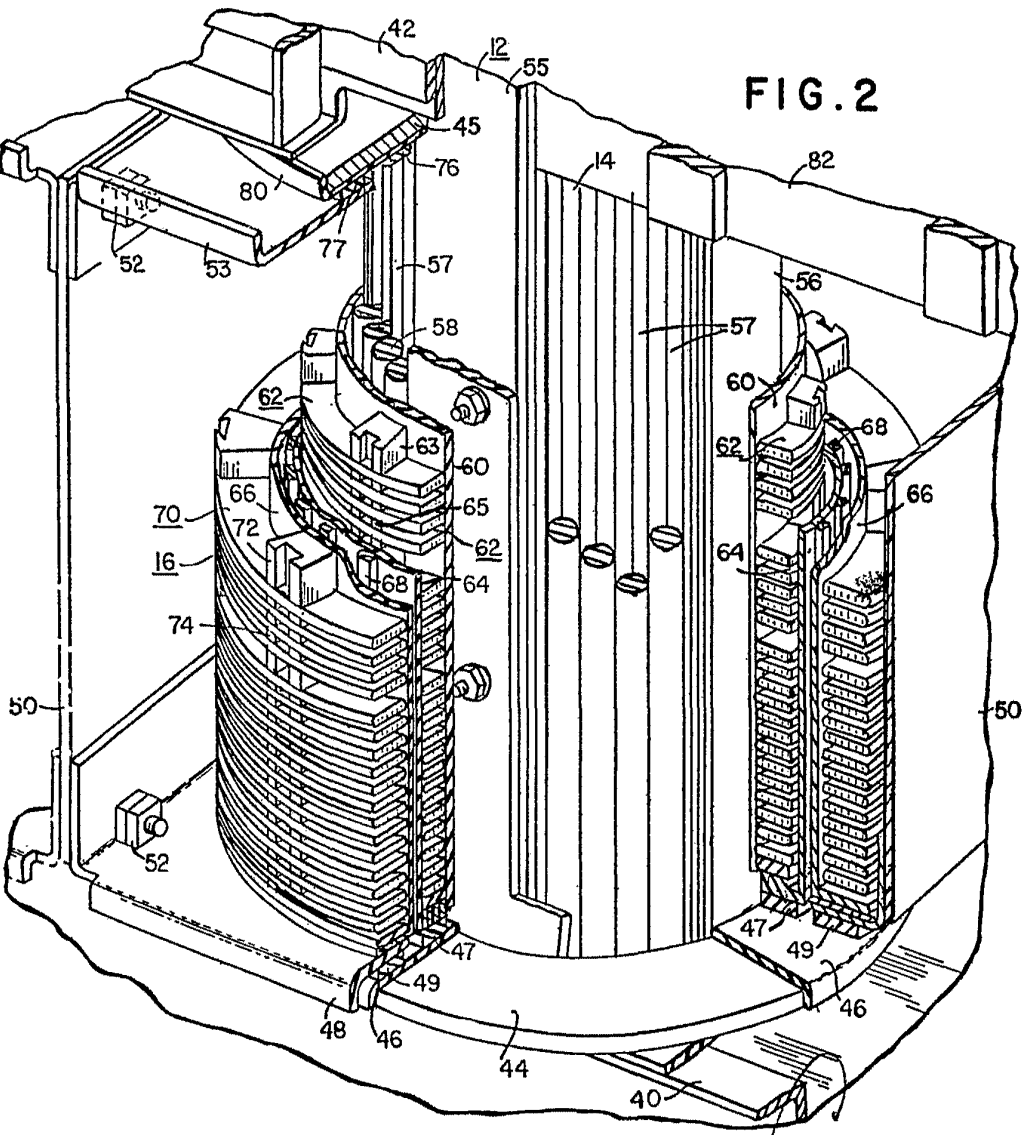
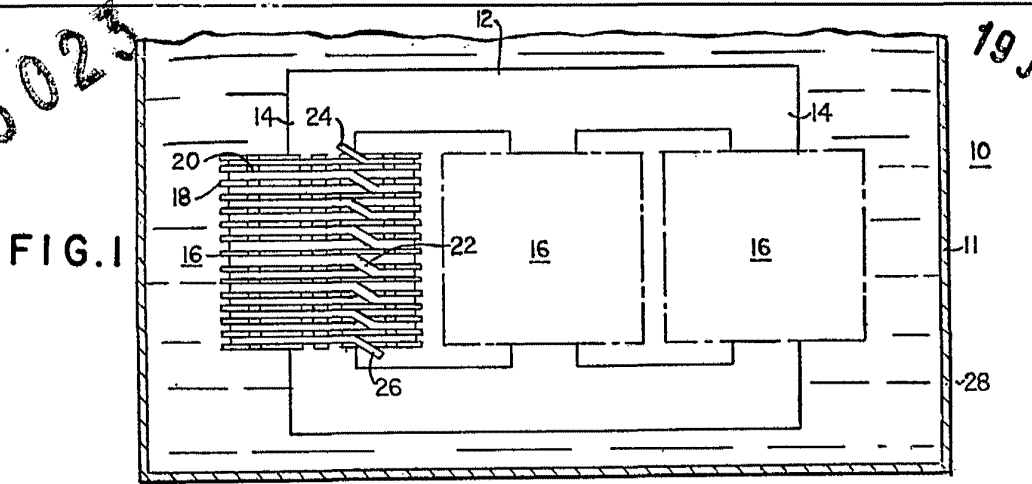
- = Resina epoxídica de bisfenol
- = Resina epoxídica de bisfenol cargada con 30%
de polvo de 1,2-polibutadieno reticulado
- = Polistireno isotáctico
- ⊙ = 1,2-polibutadieno (bajo peso molecular)
- = 1,2-polibutadieno (elevado peso molecular)

6.7.72
MCM

U.S. PAT. OFF.

403023

19 JUN 1910



Albert de Manne
Per Fed. Pat.

403023

19 JUN 1953

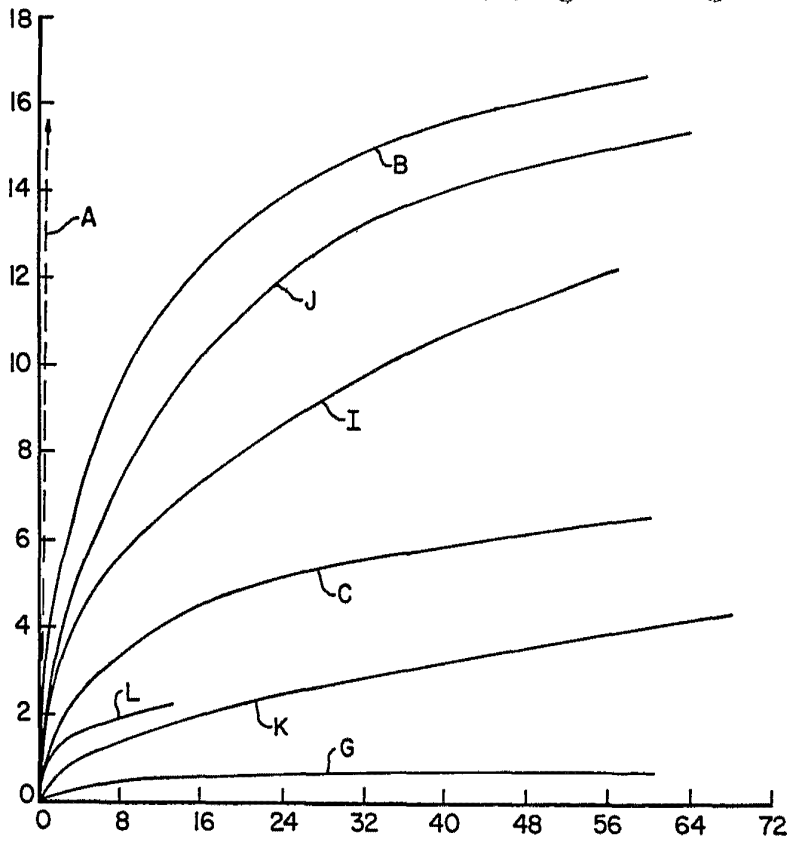


FIG. 3.

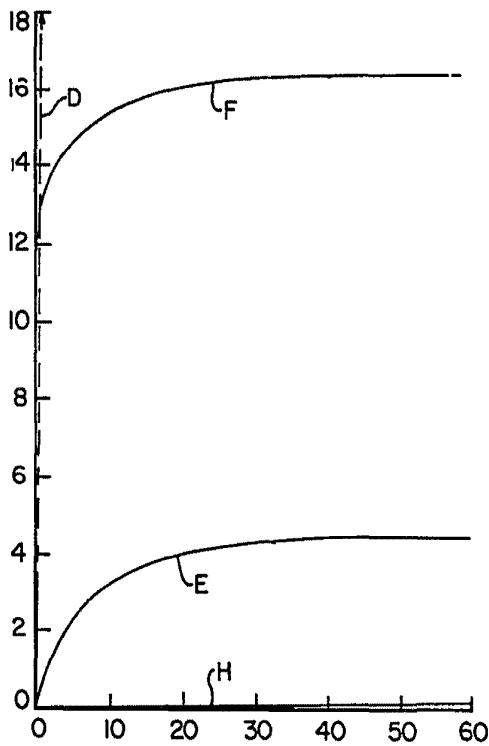
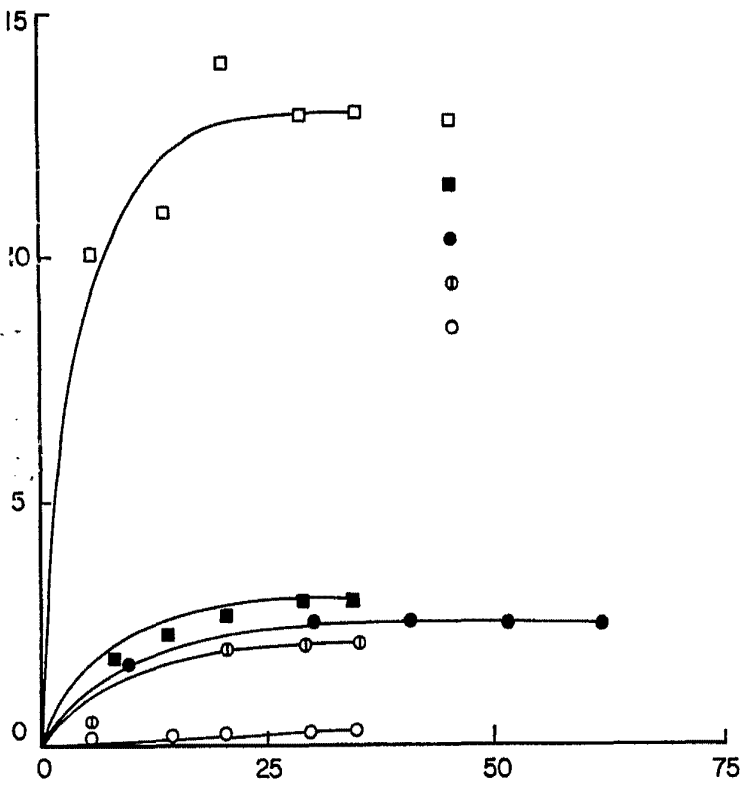
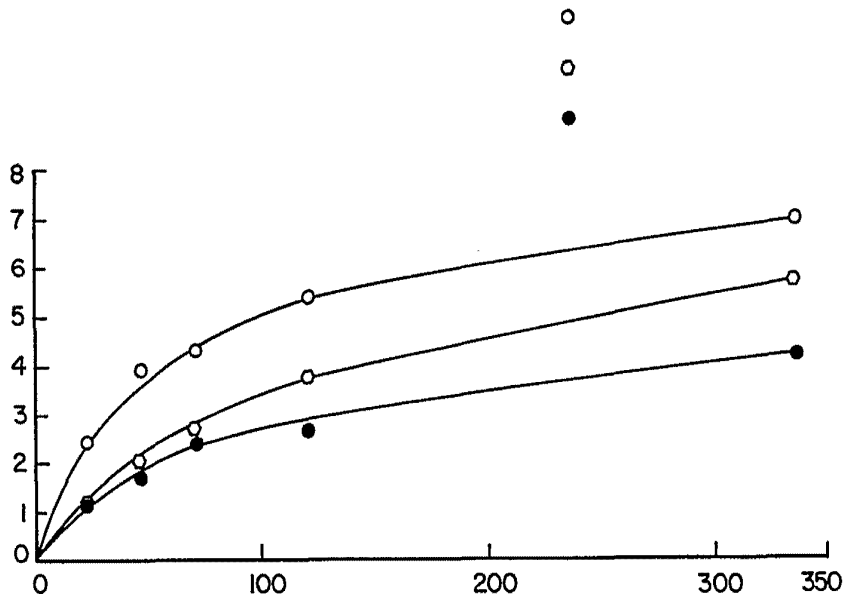


FIG. 4.

Alberto de Eizaburu
Enr. Ender.

403023

19 JUN.



Approved for Release
Per Policy