



421993

Inl. Cl.: Heib

P A T E N T E
D E
I N V E N C I O N

por "METODO CON SU APARATO CORRESPONDIENTE PARA CONTROLAR LA APLICACION DE UN MATERIAL DIELECTRICO", a favor de la firma estadounidense WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED residente en 195 Broadway, Nueva York, N.Y. 10007 (EE.UU.)

= . =

MEMORIA DESCRIPTIVA

Este invento se refiere al control de la aplicación de aislante plástico celular a material filiforme y, más concretamente, a métodos y aparatos para determinar aquellos ajustes que son necesarios en las variables del

5. procedimiento para mantener, sustancialmente, a valores preseleccionados la capacidad y diámetro de un conductor aislado que comprende una cubrición extruida de plástico celular.

En la industria de las comunicaciones telefónicas

10. se tiende, desde hace poco tiempo, a sustituir, en aplica-



421993

- ciones particulares el cable con núcleo de aire por el cable llamado relleno. En el cable relleno se llenan los intersticios del núcleo con un compuesto impermeable para impedir que penetre agua en el núcleo, lo cual afecta las características eléctricas del cable. La sustitución del aire de los intersticios por el compuesto impermeable ocasiona propiedades dieléctricas más pobres. Para compensar esto se debe aumentar la cantidad de aislante de cada conductor. Si bien este método de construcción es ventajoso para prevenir el deterioro por agua, el área de la sección transversal de cada conductor, así como la del núcleo, se ve aumentada. Es obvio que esto requiere materiales de revestimiento adicionales tales como un compuesto de envolvente para cubrir adecuadamente el núcleo.
- 5.
- 10.
15. Para obtener las ventajas del cable relleno y al propio tiempo mantener el coste comparable al de los cables con núcleo de aire deben realizarse esfuerzos encaminados a reducir el tamaño del núcleo. Esto puede llevarse a cabo, ventajosamente mediante el empleo de aislante doble en calidad de aislante primario para los conductores individuales. Por lo general, en los conductores de doble aislamiento se extruye un aislante de plástico celular sobre y en empeño con el elemento conductor. Luego se extruye un material plástico sólido resistente a la abrasión en torno del aislante de plástico celular para formar una capa superficial.
- 20.
- 25.

Utilizando esta construcción para los conductores individuales es posible reducir el diámetro de cada uno de los conductores de cable relleno al de cable de núcleo

- 3 -
421993



- de aire. Esto es posible debido a que el aislante de plástico celular tiene una constante dieléctrica inferior que la del aislante de plástico sólido. El grosor de la pared del aislante de plástico celular puede reducirse sobre el
5. del aislante de plástico sólido para una propiedad dieléctrica particular. Así pues, el resultado neto del aislante de plástico celular más la capa superficial de plástico sólido constituye un diámetro total del cable relleno equivalente al del aislante de plástico sólido de un cable de
10. núcleo de aire.

- Además, se obtienen ahorros de coste adicionales debido a que la presencia de cantidades relativamente grandes de gas incluido en el plástico celular, por ejemplo del 50%, minimiza la cantidad de plástico requerido. El
15. plástico sólido se sustituye en parte con vacíos que reducen el coste del material. La reducción del diámetro del conductor lleva a un tamaño del núcleo para cable relleno que se aproxima al tamaño del núcleo del cable vacío con núcleo de aire. Además, evidentemente, se ahorran costes
20. del material envolvente al poderse mantener el diámetro del núcleo con el mismo tamaño, aproximadamente, que para el cable de núcleo de aire.

- El arte anterior incluye patentes y publicaciones relativas a aislante de plástico celular. Por ejemplo,
25. véase la patente británica 524.063, las patentes estadounidenses nº 2.848.739 y 3.020.248 y un artículo "Cellular Polyethylene by Extrusión" del que es autor W.T. Higgins y que aparece en la página 99 de marzo de 1954 de la publicación de Plastics Engineering.



421993

- Si bien es deseable utilizar aislante de plástico celular en conexión con el cable relleno, existen ciertos problemas que deben ser superados. Aunque se conoce desde hace tiempo en el arte el aislante de plástico celular, los problemas del control de elaboración pueden ser, en parte, responsables de la ausencia de su amplia adopción hasta la fecha. La elaboración de un material plástico extruible que contiene un medio expansor para formar un aislante de plástico celular constituye un delicado procedimiento de elaboración. Un parámetro que no se encuentra en el área del aislante plástico sólido, el de la expansión porcentual, se suma a la complejidad del procedimiento.
- 5.
- 10.

- El problema de mantener una capacidad uniforme predeterminada frente a masa de un conductor aislado con plástico celular se complica por variaciones casuales en la constante dieléctrica compuesta del aislante. Estas variaciones pueden resultar de cambios en el grado de expansión del aislante de plástico celular que se ve afectado por modificaciones de la temperatura, presión y otros factores del procedimiento de extrusión.
- 15.
- 20.

- En la patente estadounidense nº 2.765,441, expedida el 2 de octubre de 1956 a nombre de R.D. Gambrill, se expone un aparato para controlar y extruir materias plásticas. Se proporcionan medios para regular la velocidad lineal con el fin de mantener un trazado de la capacidad comprendido dentro de límites aceptables. Por ejemplo, si disminuye la capacidad, se aumenta la velocidad lineal para que disminuya el diámetro sobre el dieléctrico y aumente, por tanto, la capacidad.
- 25.



421993

- En dicha patente se sugiere, asimismo, que estos medios controlan también la velocidad del tornillo de extrusión, las temperaturas y el aparato para controlar el grado de expansión. En la patente estadounidense número
5. 513.501 depositada el 6 de junio de 1955 a nombre de G.E. Henning y actualmente abandonada, se describen también métodos y aparatos relativos al control de la expansión porcentual del aislante de plástico celular. Las dificultades surgen en determinar la variable del procedimiento que ha
10. de ajustarse para variar la expansión porcentual al tiempo que se mantenga el diámetro y la capacidad dentro de límites aceptables.

- El arte anterior describe métodos y aparatos para alterar las variables del procedimiento para el control
15. de dimensiones de capas múltiples de aislante sólido. Véase, por ejemplo, las patentes estadounidenses 3.502.752 y 3.655.620.

- En estas patentes se construye una gráfica del diámetro total frente a la capacidad con líneas de diámetro interno constante y líneas de diámetro externo constante superpuestas. Se expone, asimismo, un punto de referencia o cero que corresponde a la capacidad y diámetro nominales. Un indicador se desplaza hasta un punto que tiene coordenadas de capacidad y de diámetro externo. El diámetro interno también puede determinarse debido a que en
20. la gráfica se trazan líneas de diámetro interno constante. La dirección del indicador señala la fuente de desviación del punto de referencia. Luego se efectúan ajustes de la presión de la extrusora hasta que se establece el punto
- 25.



421993

afectado en la vecindad del punto de referencia.

Resultaría deseable poder disponer de una gráfica como la utilizada en las patentes arriba identificadas que fueran útiles para el aislante de plástico celular.

5. Los métodos y aparatos de este invento, apartándose del arte anterior, están dirigidos a controlar la expansión porcentual para determinar si se obtiene el grado requerido de expansión y para controlar la estructura celular. Esto es crítico cuando se utiliza aislante de plástico celular. Es esencial que el aislante de plástico celular posea una multitud de pequeñas celdas separadas distribuidas uniformemente por todos los cuerpos de material plástico formando la cobertura aislante. En caso de que la expansión porcentual sea excesivamente grande se producirá una estructura celular con los vacíos comunicados. Ello podría permitir el paso de humedad. En el caso presente la expansión porcentual se determina mediante una prueba de fuera de línea.
- 10.
- 15.

20. El invento proporciona métodos y aparatos para controlar la aplicación de aislante celular expandido a un elemento conductor con el fin de proporcionar líneas de guía para la regulación de las variables del procedimiento destinadas a mantener los parámetros del producto dentro de límites aceptables.

25. Un método que incorpora los principios del invento para controlar la aplicación de un aislante que incluye una capa de aislante celular a un material conductor alargado, incluye las etapas de hacer avanzar secciones sucesivas del material alargado, extruir una capa, por lo menos,



421993

- del material aislante celular sobre las secciones sucesivas del material alargado, medir la capacidad y el diámetro respectivo de las secciones sucesivas del material alargado aislado y generar una indicación continua de la capacidad medida y del diámetro asociado de las secciones sucesivas del material alargado con respecto al peso del aislante por longitud de material alargado y el porcentaje de vacíos en el material aislante celular.
- 5.
- La expansión porcentual o el peso del material aislante por longitud de material alargado o bien ambos, la expansión porcentual y el peso pueden regularse de conformidad con la indicación para mantener el diámetro y la capacidad asociada dentro de valores sustancialmente pre-seleccionados.
- 10.
- Un aparato que incorpora los principios del invento para controlar la aplicación de un aislante que incluye una capa de aislante celular para un material conductor alargado, incluye medios para hacer avanzar las secciones sucesivas del material alargado, medios para extraer una capa, por lo menos, del aislante celular sobre las secciones sucesivas del material alargado, medios para medir la capacidad y el diámetro asociado de las sucesivas secciones del material alargado y aislado y medios para generar una indicación continua de la capacidad medida y del diámetro asociado de las sucesivas secciones del material alargado con respecto al peso del aislante por longitud de material alargado y el porcentaje de vacíos en el material aislante celular.
- 15.
- 20.
- 25.

Otros objetos y características del presente in-



421993

vento se comprenderán con mayor facilidad a partir de la descripción detallada que sigue de sus realizaciones con - cretas cuando se lean en conexión con los dibujos que se acompañan.

5. En los dibujos :

La figura 1 es una vista de un elemento conductor que tiene extruida a su alrededor una capa única de aislante plástico celular.

10. La figura 2 es una vista de un elemento conductor aislado con una capa interna de aislante plástico celular y una capa superficial externa de aislante plástico sólido.

15. La figura 3 es una vista de un aparato parcialmente seccionado y en alzado y parcialmente esquemático que incorpora los principios de este invento para aplicar una capa única de aislante plástico celular a secciones sucesivas del elemento conductor junto con medios para controlar la aplicación.

20. La figura 4-A es una gráfica compuesta que muestra un trazado típico de capacidad frente a diámetro sobre dieléctrico (DOD) bajo condiciones de elaboración cuando se aplica una capa única de aislante plástico celular a secciones sucesivas del elemento conductor.

25. La figura 4-B muestra trazados individuales de capacidad DOD para las condiciones de elaboración de la figura 4-A.

La figura 5 es una gráfica que muestra el efecto de un cambio en el conductor precalentado sobre cuatro características de producto seleccionado - capacidad, diámetro sobre dieléctrico, rendimiento de la extrusora y expan-

421993



sión porcentual, para una capa única de aislante plástico celular.

5. La figura 6 es una gráfica que muestra el efecto de un cambio en la temperatura del agua de refrigeración sobre las cuatro características del producto seleccionado del conductor aislado con plástico celular.

La figura 7-A es una gráfica que muestra el efecto de la adición de un pigmento de color al aislante de plástico celular.

10. La figura 7-B muestra las trazas de capacidad individual y del diámetro frente al dieléctrico, asociadas con la figura 7-A.

15. La figura 8 es una gráfica que muestra los efectos de un cambio en la distancia entre una matriz extrusora y una cubeta de enfriamiento durante la aplicación de una capa única de aislante plástico celular.

20. La figura 9 es una gráfica que muestra el efecto de cambios en la velocidad lineal sobre las cuatro características del producto seleccionado para el aislante de plástico celular en capa única.

La figura 10 es una gráfica que muestra el efecto de cambios en la velocidad del tornillo extrusor sobre las cuatro características del producto seleccionado para el aislante de plástico celular en capa única.

25. Las figuras 11 a 13 son una serie de gráficas que muestran los efectos de un cambio en la temperatura de la extrusora cerca de una tolva de suministro, la temperatura de la extrusora entre la tolva de suministro y la matriz de la extrusora y la temperatura de la matriz de la extru-

421993



sora, sobre las cuatro características del producto seleccionado con respecto a la aplicación de una capa única de aislante de plástico celular.

5. La figura 14 es una vista de un dispositivo de diagnóstico que puede ser proporcionado a un operario de una instalación de fabricación para el control de un procedimiento de aislante plástico celular.

10. La figura 15 es una vista esquemática de un sistema en el que puede utilizarse los principios de este invento en un sistema de control de realimentación para ajustar de forma automática las variables del procedimiento.

15. La figura 16 es una gráfica que muestra la forma en que pueden aplicarse los principios de este invento para conducir de nuevo a una condición nominal las trazas de capacidad y diámetro frente al dieléctrico para un aislante de plástico celular en capa única.

La figura 17 es una gráfica que muestra los efectos de las variables del procedimiento sobre las características del producto.

20. La figura 18-A es una vista de una traza de capacidad y de diámetro frente al dieléctrico y de estos parámetros medidos en una combinación con líneas de rendimiento constante y expansión porcentual y mostrando el efecto de una variación en las revoluciones por minuto de la velocidad del tornillo extrusor para un doble aislamiento.

25. La figura 18-B muestra las trazas de capacidad individual y de diámetro frente al dieléctrico asociadas con la figura 17-A.

La figura 19-A es una vista de las trazas de ca-



5. capacidad y de diámetro frente al dieléctrico y de estos parámetros medidos en una combinación con líneas de rendimiento constante y expansión porcentual para un conductor de aislamiento doble y mostrando el efecto de una alteración en la distancia entre la matriz de la extrusora y la cubeta de refrigeración, y

10. la figura 19-B muestra las trazas de capacidad individual y de diámetro frente al dieléctrico asociadas con la figura 19-A.

En estas figuras las referencias que se indican con cifras romanas tienen el significado siguiente:

En la figura 1, I significa DOD- d_0 .

15. En la figura 2, I significa DOD- d_0 y II significa d_1 .

20. En la figura 3, I significa Expansión porcentual, II significa Capacidad C_0 (picofaradios/m), III significa Condición nominal, IV significa DOD (mm), V significa Peso del aislante por metro de conductor (g/m).

25. En la figura 4A, I significa Expansión porcentual, II significa Expansión al 42%, III significa Capacidad (picofaradios/m), IV significa Expansión al 58%, V significa DOD (mm), VI significa Peso de aislante (g/m).

En la figura 4B, I significa Capacidad y II significa DOD.

En la figura 5, I significa Precalentamiento nu-

421993



lo, II significa precalentamiento a 63°C, III significa precalentamiento a 104°C, IV significa DOD y V significa Peso del aislante (g/m).

5. En la figura 6, I significa Temperatura del agua de refrigeración a 20°C, II significa Temperatura del agua de refrigeración a 77°C y III significa DOD.

En la figura 7, I significa Capacidad y II significa DOD.

10. En la figura 7A, I significa Co y II significa DOD.

En la figura 8, I significa 25 mm de espacio de aire, II significa 38 mm de espacio de aire, III significa 63 mm de espacio de aire, IV significa Co y V significa DOD.

15. En la figura 9, I significa Precalentamiento a 60°C, 314 m/min., II significa Precalentamiento a 66°C, 290 m/min., III significa Co y IV significa DOD.

20. En la figura 10, I significa 50,5 RPM, II significa 52,5 RPM, III significa Co y IV significa DOD.

En la figura 11, I significa Temperatura de la zona 1, 201°C, 59 RPM, II significa Co, III significa Temperatura de la zona 1, 193°C, 58 RPM y IV significa DOD.

25. En la figura 12, I significa Temperatura de la zona 2, 191°C, II significa Co, III significa Temperatura de la zona 2, 199°C, IV significa Temperatura de la zona 2



204°C y V significa DOD.

5. En la figura 13, I significa Temperatura de la cabeza a 202°C, II significa Co, III significa Temperatura de la cabeza a 216°C y IV significa DOD.

10. En la figura 14, I significa; Problema: elevado rendimiento, baja expansión; Corrección: reducción de las RPM, aumento de la temperatura, II significa; Problema: bajo rendimiento, elevada expansión; Corrección: aumento de las RPM, reducción de la temperatura; III significa Co y IV significa DOD.

15. En la figura 15, I significa Co, II significa DOD, III significa Registrador X-Y, IV significa Computador del control del procedimiento, V significa Expansión porcentual, Peso total, capa gruesa, VI significa: Al tornillo extrusor (RPM), VII significa: Al mecanismo 34 (espacio de aire) y VIII significa: A la zona del tambor de la extrusora (temperatura).

20. En la figura 16, I significa Co, II significa DOD.

25. En la figura 17, I significa 44 mm de espacio de aire, 55 RPM, II significa 70 mm de espacio de aire, 50 RPM, III significa Co, IV significa 70 mm de espacio de aire, 55 RPM y V significa DOD.

En la figura 18A, I significa 63 mm de espacio de aire, II significa 82 mm de espacio de aire, III significa 152 mm de espacio de aire, IV significa Co y V signi-



42 1993

fica DOD.

En la figura 18B, I significa Capacidad y II significa DOD.

5. En la figura 19A, I significa 37 RPM, II significa 29 RPM, III significa 41 RPM, IV significa Co y V significa DOD.

En la figura 19B, I significa Capacidad y II significa DOD.

10. Aislante plástico celular.-

Las secciones sucesivas de un elemento conductor 21 (véase la figura 1) pueden aislarse, ventajosamente, con el aislante plástico celular 22. El material aislante 22 tiene excelentes propiedades dieléctricas y es más económico que un aislante de plástico sólido.

15. El aislante plástico celular se forma a partir de un material plástico sólido que contiene, normalmente, un medio expansor mezclado. La mezcla resultante se extruye en torno del elemento conductor 21 para formar la cubierta aislante 22 que tiene una estructura celular. La estructura celular incluye, deseablemente, vacíos relativamente reducidos distribuidos de forma uniforme por todo el aislante 22.

20. Los vacíos, al formarse, pueden contener monóxido de carbono, pero éste se descompone, por lo general, con el tiempo dejando los vacíos llenos de aire.

25. El empleo de material aislante plástico celular 22 es ideal para el cable relleno utilizado para compensar la pérdida de las propiedades dieléctricas del núcleo de



aire, mientras que, al propio tiempo, se reduce el coste del aislante.

Haciendo ahora referencia a la figura 2 se aprecia un conductor con doble aislamiento 23 que incluye el elemento conductor 21 rodeado por la capa 22 y la capa concéntrica 24 de aislante plástico. La capa interna 22 se forma, de preferencia, con plástico celular, por ejemplo, polietileno conteniendo una pluralidad de diminutas celdas sopladas distribuidas uniformemente por toda su materia. La capa externa 24, o superficial tal como se lo denomina comúnmente, es preferentemente un plástico sólido, por ejemplo, cloruro de polivinilo (CPV) o polietileno, que forma una camisa protectora en torno de la capa de plástico celular 22 expandido.

La delgada capa superficial 24 imparte al aislante propiedades mecánicas de tenacidad, posee mejores características de resistencia aislante y proporciona un material apropiado para la codificación del color. Además, al proporcionar una capa de plástico sólido sobre la capa celular se reduce la permeabilidad del compuesto de relleno del cable.

En forma alternativa, ambas capas 22 y 24 pueden estar constituidas por plástico sólido; o bien la capa externa 24 puede ser de plástico celular dispuesta sobre una capa interna 22 de plástico sólido. Asimismo, ambas capas pueden ser del mismo material, por ejemplo, polietileno o polipropileno de elevada densidad sobre polietileno o polipropileno expandido, respectivamente.

Si bien los principios de este invento son apli-

421993



- cables a un aislante de plástico celular de capa única o de capa doble, estando la capa de plástico celular extruida sobre una capa de plástico sólido interna, es indeseable para los fines de codificación del color que el plástico celular forme la capa externa. Un pigmento en el aislante expandido afecta de forma adversa sus propiedades dieléctricas y afecta adversamente el grado de expansión. Por lo general, la adición de un pigmento coloreante reduce el grado de expansión. Otro problema estriba en que pigmentos de color diferente producen diferentes efectos sobre el grado de expansión.
- 5.
- 10.

El conductor 21 puede formarse a base de, por ejemplo, cobre o aluminio, y puede tener un diámetro que oscile entre 16 y 45 mils. El diámetro externo del conductor aislado 23 varía entre 0,75 y 2 mm. El espesor de la pared de la capa externa 24 puede oscilar entre 0,05 y 0,13 mm.

15.

El aislante del conductor aislado 23 puede extruirse sobre el elemento conductor 21 mediante un aparato designado, de forma general, con el número 30, tal como se representa en la figura 3. La siguiente descripción de los métodos y aparatos de este invento en conexión con los aparatos 30 considerará que el elemento conductor 21 está cubierto con material plástico celular 22 o con capas aislantes dobles que comprenden un plástico sólido sobre polietileno expandido. Debe entenderse que los métodos y aparatos pueden utilizarse para extruir tanto plástico sólido como expandido y que el término "plástico" está destinado a incluir materiales termoplásticos y termoendurecibles incluyendo caucho y materias sucedáneas.

20.

25.

421993



Asímismo, deberá entenderse la forma en que se interpreta el término "expansión" en esta descripción. La expansión porcentual significa el porcentaje del área de la sección transversal que comprende vacíos. Por ejemplo, por expansión del 50% se entiende que el 50% del área en sección transversal del aislante está cubierta de vacíos.

Si bien es deseable utilizar un aislante celular en conexión con cable relleno, existen ciertos problemas que deben superarse. El procedimiento de aislante plástico celular es un procedimiento de fabricación muy delicado. Por ejemplo, la expansión porcentual debe controlarse dentro de límites predeterminados. Además, la formación de celdas o vacíos dentro del aislante debe presentar una distribución uniforme. Por último, debe conservarse un cierto número de centros de nucleación para obtener una expansión óptima. En caso de que la temperatura de la extrusora resulte excesiva, el sobrecalentamiento producirá una pérdida sustancial de los centros de nucleación y conducirá a una pauta de expansión indeseable.

Con el empleo de aislante de plástico sólido, debe controlarse el procedimiento de fabricación para asegurar que las dos variables, diámetro frente a un dieléctrico (antes referido como DOD) y capacidad, se encuentren dentro de límites aceptables. Si se determina la capacidad se desprende el diámetro frente al dieléctrico. Esto no se verifica cuando se trata de aislante de plástico celular expandido, en donde el grado de expansión debe ser tenido en consideración. Cuando se utiliza aislante de plástico sólido lo único que precisa un operario es observar una

421993



traza del diámetro frente al dieléctrico o la capacidad. Para obtener la capacidad deseada y el diámetro frente al dieléctrico únicamente debe ser ajustado un parámetro, la velocidad del tornillo extrusor o la velocidad lineal.

5. Cuando se trata de aislante de plástico celular deben tomarse en consideración variables adicionales. El operario se encuentra con situaciones confusas en un medio de fabricación entre las que se hallan las variables del procedimiento con respecto al ajuste y al grado para reunir las exigencias específicas de las características del producto seleccionado. Por ejemplo, la velocidad del tornillo extrusor, las temperaturas del tambor, la velocidad lineal, temperaturas del hilo y por último, el tiempo durante el cual se produce la expansión para que produzca todo el efecto sobre el producto resultante. Resultaría muy deseable el proporcionar al operario medios para determinar los parámetros para llevar a cabo el ajuste y su medida.
- 10.
- 15.

20. La descripción que precede no está destinada a desalentar la deseabilidad de utilizar aislante de plástico celular. El objetivo que persigue es el de ilustrar cuan complejo es el procedimiento cuando se utiliza este tipo de material.

Descripción general del aparato.-

25. Con referencia a la figura 3 se representa el aparato 30 para aislar las secciones sucesivas del elemento conductor 21 con capa única 22 de material aislante celular o con la capa interna 22 de aislante celular ubicada en la capa superficial 24 de material plástico sólido.

El aparato 30 incluye una extrusora 31 que tiene

421993



una matriz (no representada). Las secciones sucesivas del elemento conductor 21 se alimentan mediante un cabrestante 32 a través de la extrusora 31 donde se aplica el aislante 22 o las capas de aislante doble 22 y 24.

5. Se mezcla un medio expansor, tal como azo-di-carbonamida, con un material plástico sólido. Durante su extrusión sobre las secciones sucesivas del elemento conductor 21 se descompone el medio expansor por calor para liberar gas que entra en solución. Es deseable que cierta cantidad del medio expansor permanezca sin descomponerse hasta que alcance la matriz (no representada). Luego se descompone el medio expansor restante por la acción del calor de cizalladura de la matriz, creando puntos de nucleación con la liberación de gas y calor. Para producir la nucleación también puede utilizarse arcilla o sílice. Cuando se suprime la presión el gas del material tiende a emigrar hacia el sílice o la arcilla.
- 10.
- 15.

20. Luego se hacen salir las sucesivas secciones del conductor 23 de la extrusora 31 y, después de un determinado recorrido por el aire, indicado con x, penetran en una cubeta de refrigeración 33. La distancia "x" se le denomina normalmente en el arte como el "espacio de aire".

25. La capa extruida 22 de aislante plástico celular aumenta de tamaño inmediatamente después de abandonar la extrusora 31 debido a la expansión de los gases formados como resultado de la descomposición del agente soplante. En toda la capa 22 de aislante se forman celdas de reducido tamaño rellenas de gas e independientes. Algunos de los vacíos o burbujas de aire pueden producirse dentro de la



matriz extrusora (no representada), pero es deseable que toda la expansión tenga lugar fuera de ésta. Luego, cuando las secciones sucesivas del conductor con doble aislamiento 23 avanzan en la cubeta de agua 33, el agua refrigerante "congela" la capa superficial 24 a la que sigue el enfriamiento de la capa interna 22.

5.

Según puede apreciarse en la figura 3, la cubeta de refrigeración 33 está montada para desplazarse de forma alternativa en sentido longitudinal a la trayectoria que recorre el conductor 23 mediante un mecanismo de piñón y cremallera. De este modo puede regularse el espacio de aire x.

10.

La cantidad de gas en solución y el número de puntos de nucleación constituyen parámetros importantes y son una función del diseño del tornillo de la extrusora y el perfil de la temperatura de la extrusora 31. La temperatura de cada zona en la extrusora 31 es importante.

15.

Otra variable importante es la distancia x comprendida entre la matriz de la extrusora (no representada) y la cubeta de agua 33. Este parámetro determina la medida en que se permitirá el desarrollo del plástico celular expandido - contra mayor sea el espacio de aire mayor será la expansión porcentual. Es evidente que la cubeta de agua 33 podrá desplazarse recíprocamente en sentido longitudinal a la línea mediante un servosistema (no representado) conectado, de forma apropiada, al mecanismo de piñón y cremallera 34 y ser controlada por los medios reguladores que se detallarán más adelante. Deberá tomarse la precaución de que el espacio de aire no sea excesivo puesto que crearía

20.

25.



una estructura celular demasiado grande.

- Otra variable de importancia en la fabricación del aislante celular es la temperatura del hilo desnudo. El precalentamiento del hilo permite la expansión junto al elemento conductor. El precalentado del hilo constituye un factor en la distribución de los vacíos de expansión y en la expansión porcentual.
- 5.

- Las dos mediciones en línea de las secciones sucesivas del conductor 26 se establecen cerca del extremo de salida de la cubeta de refrigeración 33 (véase la figura 3). Un verificador de capacidad 36 mide la capacidad total del aislante 22 o de las capas aislantes 22 y 24 que cubren el elemento conductor 21. El verificador de capacidad 36 puede ser del tipo expuesto en las patentes estadounidenses nº 2.765.441 o 2.908.861 expedidas el 2 de octubre de 1956 y el 13 de octubre de 1959, respectivamente, a nombre de R.D. Gambrill o del tipo expuesto en la patente estadounidense nº 2.804.592.
- 10.
- 15.

- El diámetro general d_0 (véase las figuras 1 y 2) del conductor aislado 23 se verifica de forma continua por medio de un calibrador 37. Este incluye, típicamente, un rodillo (no representado) montado de forma giratoria sobre el extremo de un brazo (no representado). El rodillo empuja la superficie enfrentada hacia fuera del aislante y se mueve para desplazar al brazo angularmente como respuesta a cualquier alteración del diámetro general del conductor revestido 23. Un calibrador de diámetro subacuático típico que se encuentra en el comercio es el fabricado por la firma estadounidense Beta Instrument Company y de-
- 20.
- 25.



nominado modelo nº TGI000 o TI500.

5. Debe apreciarse, asimismo, que las mediciones de la capacidad C , y del diámetro frente al dieléctrico, deben tener lugar con respecto a la misma dirección del conductor. Por ejemplo, primero se mide la capacidad en la cubeta de agua, mientras que el diámetro frente al dieléctrico se mide a continuación. Para medir la capacidad puede preverse circuitería (no representada), guardando luego dicha medición hasta que la sección asociada del conductor 23 pasa a través de los medios de medición del diámetro frente al dieléctrico. En este momento se efectúa la medición del diámetro frente al dieléctrico y se libera la señal de capacidad correspondiente para establecer una representación simultánea.
- 10.

15. Las trazas de la capacidad general C_0 y del diámetro general d_0 se recogen en la forma que es habitual para estos parámetros con respecto al aislante sólido de capa única. La medición de estos dos parámetros se utiliza también para llevar a cabo el control sobre la aplicación del aislante de plástico celular al elemento conductor 21.
20. Medios de control.-

25. El invento se refiere al control de la aplicación de una cubrición aislante que comprende una capa 22 de material plástico celular a secciones sucesivas del elemento conductor 21. La cubrición aislante también puede incluir la capa superficial o externa 24 de aislante plástico sólido.

El invento proporciona los medios para generar una indicación continua de cuatro características del pro

421993



- ducto seleccionado, a saber, la capacidad, el diámetro frente al dieléctrico, la expansión porcentual y el rendimiento de la extrusora o peso de aislante por longitud del conductor 23. Estas cuatro variables pueden utilizarse como entradas para el equipo auxiliar (véase la figura 15) o, de preferencia, pueden exponerse para ser utilizadas por un operario. Esto proporciona, ya sea para el equipo auxiliar o para un operario, la ventajosa correlación de las características del producto de las que se desprenden los ajustes de las variables del procedimiento. La indicación dinámica de la expansión porcentual no se revela en el arte anterior y constituye un medio útil para controlar la expansión de los plásticos celulares.
- 5.
- 10.

- Se llevan a cabo controles sobre la expansión porcentual y el peso del aislante por unidad de longitud del conductor 23 para proporcionar una traza de la capacidad en función del diámetro frente al dieléctrico hasta un punto nominal. Con el control del peso del material extruido, o del rendimiento, y de la expansión porcentual, se controlan de forma indirecta la capacidad y el diámetro frente al dieléctrico.
- 15.
- 20.

- Los métodos y aparatos de este invento pueden utilizarse para aislante sólido único, para aislante de plástico celular de capa única, para aislante expandido doble (una capa celular y una capa sólida) o para aislante sólido doble. Evidentemente, la mayor utilidad se obtiene cuando se utiliza un aislante plástico celular.
- 25.

Para proporcionar una representación significativa de las variables del procedimiento se utiliza un ins



trumento de registro de un sistema de coordenadas 50 (véase la figura 3). Estos instrumentos de registro de sistema de coordenadas son bien conocidos y su descripción detallada no es necesaria para la completa comprensión de este invento.

5.

El verificador de capacidad 36 y el calibrador de diámetro frente al dieléctrico 37 produce una tensión de salida de corriente continua. La magnitud y la polaridad de estas tensiones dependen de la magnitud y signo de las desviaciones de la capacidad y del diámetro del conductor 23 de los valores deseados o del valor de punto cero. Estos valores de salida se alimentan a la entrada del instrumento de registro de gráfica 50 a través de conductores 51-51 procedentes del verificador de capacidad 36 y, a través de los conductores 52-52 procedentes del calibrador de diámetro frente al dieléctrico 37.

10.

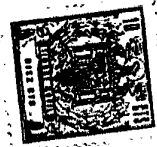
15.

El instrumento de registro de la gráfica de coordenadas 50 tiene un trazador de registro (no representado) que se desplaza hacia arriba y hacia abajo por medio de la corriente procedente del verificador de capacidad 36 y en sentido lateral por medio de la corriente procedente del calibrador de diámetro frente al dieléctrico 37. En el instrumento se inserta una gráfica 53 para cada carrete (no representado) del conductor 23. La gráfica 53 tiene una escala tal que las variaciones en aumento de la capacidad y del diámetro indicadas por la posición del trazador de registro (no representado) están en correspondencia directa con las variaciones en aumento de la capacidad y diámetro indicadas por los respectivos instrumentos de verificación 36 y 37.

20.

25.

421993



Sobre la gráfica 53 se encuentra superpuesta un área de referencia o ventana 54 que indica los límites dentro de los cuales la capacidad y el diámetro frente al dieléctrico trazado por el indicador de registro (no representado) son aceptables.

5.

La ventana 54, mostrada en la figura 3, representa un trazado de coordenadas rectangular o x-y de valores aceptables de capacidad y diámetro frente al dieléctrico para el conductor aislado 23. Los valores de la capacidad, C_0 , se trazan a lo largo del lateral o eje y de la ventana 54, mientras que los valores del diámetro frente al dieléctrico se trazan a lo largo de la base. Los valores de capacidad y de diámetro frente al dieléctrico que se encuentran dentro de la ventana 54 representan valores aceptables.

10.

Es obvio que los valores nominales deben encontrarse, deseablemente, en el centro de la ventana 54.

15.

Para mantener una traza de capacidad y diámetro frente al dieléctrico para el aislante plástico celular dentro de la ventana 54, la traza debe llevarse a cabo con respecto a parámetros del producto que pueden modificarse por medio de variables conocidas del procedimiento. Se ha determinado que dos parámetros del producto, relativos a la capacidad y diámetro frente al dieléctrico, que pueden utilizarse para esta finalidad son el peso del aislante por unidad de longitud del conductor 23 y la expansión porcentual.

20.

25.

El peso del aislante de plástico expandido doble es como sigue:

$$W = \frac{\pi}{4} [(DOD-2w)^2 - d^2] \rho L (100\% - \text{expansión porcentual de la capa interna})$$

421993



$$+ \frac{\pi}{4} [DOD^2 - (DOD - 2w)^2] \rho_2 L$$

en donde

W = peso de la cubrición aislante

L = longitud del conductor

5. DOD = diámetro frente al dieléctrico

w = espesor de la pared de la capa superficial

d = diámetro del elemento conductor 21

ρ_1 = densidad del material base de capa interna 22 y

ρ_2 = densidad de la capa externa 24.

10. Para llegar a la expansión porcentual es necesario primero considerar la constante dieléctrica ϵ . La constante dieléctrica para el aislante celular expandido de capa única viene dado por:

$$15. \quad \epsilon_{exp} = \frac{C_{coaxil}^{*}) \log_{10} \left(\frac{DOD}{d} \right)}{7,36}$$

*) significa capacidad coaxil

La constante dieléctrica para el aislante de plástico sólido es conocida. Sin embargo, para el aislante celular no se conoce la constante dieléctrica. Las fluctuaciones en el grado de expansión del aislante producen alteraciones correspondientes en la constante dieléctrica compuesta del aislante. Otro factor que produce variaciones casuales en la constante dieléctrica del aislante es la desuniformidad de la distribución de las celdas de gas a través de la sección transversal del conductor aislado 23.

25. Esta ecuación pone también de manifiesto la complejidad que existe cuando se trata de aislante celular. La ecuación incluye tres variables - capacidad coaxil, constante dieléctrica y diámetro frente al dieléctrico. La expansión porcentual puede expresarse como una función de la

30.



constante dieléctrica; y el peso del material extruído, W, es una función del diámetro frente al dieléctrico y de la expansión porcentual.

5. La constante dieléctrica del núcleo expandido de un aislante expandido de capa doble viene dada por:

$$\epsilon_{exp} = \frac{C_{coaxil} \epsilon_{sólido} \log_{10} \left(\frac{DOD-2w}{d} \right)}{7,36 \epsilon_{sólido} - C_{coaxil} \log_{10} \left(\frac{DOD}{DOD-2w} \right)}$$

10. A partir de los valores de la constante dieléctrica dada por las anteriores ecuaciones puede calcularse la expansión porcentual mediante la ecuación siguiente:

$$\text{expansión \%} = \frac{K_1 \sqrt{K_2 - K_3 (\epsilon_{sólido} - \epsilon_{exp})}}{K_4}$$

15. Esta última ecuación es empírica presentando las constantes K_1 a K_4 distintos valores para distintos materiales aislantes.

20. Sabido es que la constante dieléctrica del plástico está comprendida entre 2,2 y 2,4, mientras que la del aire es de 1,0. En un trazado de la expansión porcentual, como la abscisa, oscilando entre 0 y 100 y el dieléctrico, ϵ , como la ordenada, oscilando entre 1,0 y 2,4, la curva no es lineal entre el valor de 2,4 del eje "y" y de 100 en el eje "x".

25. Con estas ecuaciones pueden calcularse los valores de capacidad y diámetro frente al dieléctrico para el peso del aislante y para la expansión porcentual. Para los valores constantes de peso y expansión porcentual pueden calcularse combinaciones variables de capacidad y de diá-



metro frente al dieléctrico. Luego se superponen en la ventana de referencia 54 las líneas paralelas 55-56 del peso constante del aislante, expresado en gramos por metro del conductor 23, y las líneas paralelas 57-57 de la expansión porcentual constante.

5.

Debe entenderse que la figura 3 representa líneas de rendimiento constante y de expansión porcentual constante superpuestas sobre un trazado de capacidad frente al diámetro interno sobre el dieléctrico para aislante plástico celular de capa única. Las inclinaciones de estas líneas, así como sus valores, variarán para el aislamiento doble comprendiendo, por ejemplo, una capa superficial sólida sobre una capa interior expandida.

10.

Según puede apreciarse en la gráfica 53 representada en la figura 3, la línea 57 de mayor expansión porcentual y la de menor rendimiento de material extruído, mientras que son trazadas, intersectan con el punto de menor capacidad y de menor diámetro frente al dieléctrico. Por otra parte, las líneas 57 y 56 de menor expansión porcentual y mayor rendimiento, respectivamente, se cruzan con el punto de mayor capacidad y mayor diámetro frente al dieléctrico. Asimismo, puede apreciarse que contra mayor es el diámetro frente al dieléctrico, mayor es el peso del aislante por unidad de longitud del conductor 23.

15.

20.

25.

El presente invento tiene una amplia gama de aplicaciones. En primer lugar, el invento se aplica al aislamiento doble, o sea plástico sólido sobre plástico celular. Es obvio que aquí se produciría una situación limitativa si la capa interna de plástico celular fuera sólida.

421993



Sin embargo, pueden existir todavía dos capas de plástico diferente, cada una con una constante dieléctrica distinta. El presente invento es aplicable asimismo, a un aislante de plástico celular de capa única.

5. Por último, el presente invento es aplicable a aislante sólido de capa única en donde el aislante pueda incluir vacíos en su interior. Por ejemplo, cuando se utiliza polietileno de elevada densidad existe la posibilidad de que se originen burbujas de aire. Cuando esto tiene lugar, la presencia de las burbujas de aire puede ser tenida en cuenta para determinar una expansión porcentual equivalente.

10. En la ventana de referencia 54 de valores aceptables puede trazarse una línea (no representada) de expansión porcentual nula para dicho aislante sólido, por ejemplo, polietileno de elevada densidad. Esta línea se extiende, en sentido lineal, desde un gran valor de ordenada de capacidad a través del centro del rectángulo y hacia la base de la escala de diámetro frente al dieléctrico. En caso de que una traza del diámetro frente al dieléctrico contra la capacidad quede por debajo de esta línea, existe el indicio de que existe, por lo menos, una burbuja en el aislante.

15. Resultará obvio que el invento se proyecta hacia un material aislante susceptible de presentar, por lo menos, una expansión porcentual equivalente.

20. El invento implicará, típicamente, el control de la capacidad total C_0 y del diámetro general d_0 o DOD (véase las figuras 1 y 2) de un conductor aislado, representán



dose, de forma conveniente, una indicación continua respectiva. La representación se lleva a cabo de modo que exista una indicación continua de cuatro variables, figurando no sólo la capacidad y el diámetro frente al dieléctrico, sino también la expansión porcentual y el peso del aislante por pie del conductor 23.

Problema típico

Haciendo ahora referencia a la figura 4A, en la ventana de referencia 54 se muestra una traza de capacidad - DOD 61 para el conductor 23 cubierto con el aislante de plástico celular expandido 22 de capa única. En la ventana de referencia 54 se encuentran superpuestas las líneas 57-57 de expansión porcentual constante y las líneas 56-56 de rendimiento constante. La traza 61 se ha obtenido partiendo de las actuales condiciones operativas con una velocidad lineal de 300 metros por minuto y un espacio de aire, x , de 38 mm y una temperatura de precalentamiento de 63°C.

A partir de las trazas de capacidad individual y de diámetro frente al dieléctrico a que se hace referencia en este ejemplo y representado en la figura 4B, se aprecia que mientras la traza del diámetro frente al dieléctrico está comprendida dentro de límites aceptables, la traza de la capacidad tiende hacia el límite superior de la gama aceptable y probablemente se saldrá del rectángulo 54. Por otra parte puede observarse, en la figura 4, que la traza 61 es sustancialmente paralela a las líneas 56-56 del rendimiento constante. Esto implica que las variaciones en la expansión porcentual son en mayor parte responsables de la



dispersión de la traza 61 y que estas ligeras variaciones pueden ser producidas por un mecanismo inestable de fusión dentro de la extrusora 31.

5. En caso de que el operario sólo tuviera las trazas convencionales de capacidad y de diámetro frente al dieléctrico, representadas en la figura 4B, le resultaría una tarea casi imposible el determinar las variables del procedimiento que debería ajustar para llevar de nuevo la capacidad a una condición nominal. Sin embargo, utilizando los principios del invento, se proporcionan guías para el operario de modo que observando la traza en el instrumento de registro compuesto 50, éste puede realizar los ajustes necesarios para la corrección.

15. Con el fin de comprender el razonamiento de establecer ajustes particulares y la dirección que éstos deben tomar bajo condiciones operativas concretas, se expondrá el efecto de una pluralidad de variables de procedimiento tomadas por separado sobre los parámetros del producto, incluyendo la expansión porcentual y el peso del aislante.

20. Efecto de las variables del procedimiento

- A continuación se expondrá el efecto de los cambios de cada una de diversas variables del procedimiento sobre los cuatro parámetros bajo consideración, o sea, capacidad, diámetro frente al dieléctrico, expansión porcentual y peso del aislante por unidad de longitud del conductor 23. Si bien los ejemplos concretos que se presentan se refieren a aislante de plástico celular de capa única, el efecto de cambios en las variables del procedimiento podrá aplicarse, asimismo, al aislante de capa doble.



A través de la matriz de la extrusora existen dos tipos de flujo, el flujo de presión y el flujo de arrastre. Contra más frío se encuentra el hilo mayor es la tendencia a que se solidifique el material extruído sobre el hilo sin expandirse. Un elevado grado de precalentamiento sobre el aislante expandido de capa única conduce a la creación de grandes vacíos. Esto se debe a la tendencia del aislante a encogerse con el enfriamiento separándose del hilo. De aquí que debe controlarse el precalentamiento para obtener una estructura celular uniforme.

La gráfica 54 de la figura 5 muestra las trazas de capacidad-DOD 66, 67 y 68 para el precalentamiento nulo, 63°C y 104°C, respectivamente. Según puede apreciarse en la combinación de la figura 5, cuando aumenta el precalentamiento del elemento conductor 51, aumenta la expansión porcentual mientras que disminuye el rendimiento del material extruído o peso del aislante. La disminución del rendimiento se debe a que el precalentamiento reduce la viscosidad del material polimérico en contacto con el elemento conductor 21 y, por tanto, se elimina el efecto de flujo de arrastre procedente del elemento conductor. Resulta obvio a partir de la figura 5, que los cambios en el precalentamiento hacen que la traza de capacidad-DOD se mueva casi verticalmente.

Sin embargo, la cantidad de precalentamiento no puede variarse indiscriminadamente debido a su efecto sobre la distribución de las burbujas y el alargamiento del aislante. Con frecuencia, el valor del precalentamiento debe mantenerse a un elevado nivel para reunir las exigencias



421993

- del alargamiento del aislante. Sin embargo, tal como se expuso anteriormente, un elevado precalentamiento puede hacer que se formen grandes burbujas junto al cable, especialmente en los aislamientos de pared más gruesas. Debido a estas limitaciones el precalentamiento no es una de las variables de control más deseables.
- 5.

- Asimismo, la temperatura del agua en la cubeta de refrigeración 33 constituye un factor crítico para el aislante sólido y celular. En efecto, la temperatura del agua puede mantenerse siempre sobre aquel valor crítico en el que no se produzcan burbujas.
- 10.

- Según puede apreciarse en la figura 6, un aumento de la temperatura del agua en la cubeta de refrigeración 33 produce una alteración de una traza 71 de capacidad-diámetro frente al dieléctrico a una traza 72 de capacidad-diámetro frente al dieléctrico. Ello produce un aumento en la expansión porcentual y una disminución en el peso del aislante. Sin embargo, si se produce una alteración de unos 55°C en el agua de refrigeración resultan ligeras alteraciones en la expansión porcentual y peso del aislante.
- 15.
- 20.

- La adición de pigmentos al aislante plástico de espuma o celular produce un efecto perjudicial. Esto puede apreciarse en la figura 7. Cuando se adiciona concentrado de color al material extruido resulta muy pronunciada la dispersión de la traza 76 de capacidad y diámetro frente al dieléctrico de la figura 7. De forma comparativa, la eliminación del concentrado de color reduce sustancialmente la dispersión. Esto resulta aparente de la comparación de las porciones superiores e inferiores de las trazas de capaci-
- 25.



dad y diámetro frente al dieléctrico de la figura 7B.

El grado de dispersión es importante en el control del procedimiento. Cuando se experimenta la operación dentro de la especificación del producto, a menor dispersión pueden producirse con mayor rapidez cambios en las variables del procedimiento antes de que la traza se salga de la ventana de referencia 54. Asimismo, a mayor dispersión, más difícil será definir la condición operativa nominal.

5.

10.

En la figura 8 se representa el efecto de una variación en el espacio de aire, x , en la capacidad, en el diámetro frente al dieléctrico, en la expansión porcentual y en el rendimiento de la extrusora. Las trazas 81, 82 y 83 de capacidad-diámetro frente al dieléctrico siguen una de las líneas 56-56 de peso de aislante constante y la inclinación es sustancialmente constante. Las posiciones de las trazas 81-83 en la gráfica son una función del material aislante de plástico celular particular que se elabora.

15.

20.

Existen limitaciones en el grado de variación que pueden efectuarse, razonablemente, en el espacio de aire, x . Un espacio de aire excepcionalmente grande puede causar que se formen en el aislante grandes vacíos, así como poros, y producir variaciones importantes en la capacidad y el diámetro frente al dieléctrico.

25.

La alteración del espacio de aire, x , constituye un medio efectivo para controlar la expansión porcentual. Cuando se controla el mecanismo 34 para acercar o separar la cubeta de refrigeración 33 de la extrusora 31, la variación en la expansión porcentual es inmediata. Esto resulta



aparente a partir de la consideración de la figura 3 donde se aprecia que sustancialmente todo el desarrollo de la capa de aislante plástico celular 72 se produce entre la matriz de la extrusora (no representada) y la cubeta de refrigeración 33.

5.

En la figura 9 se representa el efecto de la velocidad lineal sobre la capacidad, el diámetro frente al dieléctrico, la expansión porcentual y el peso del aislante. Según puede apreciarse en dicha figura, las alteraciones en la velocidad lineal hacen que la traza 86 de capacidad-diámetro frente al dieléctrico siga, generalmente, una de las líneas 57-57 de la expansión porcentual constante. Si bien se modifica el peso del aislante con la alteración de la velocidad lineal, permanece sustancialmente constante la expansión porcentual. Esto significa que a pesar de las alteraciones en la velocidad lineal, la proporción de los puntos de nucleización y la proporción de gas en la solución permanece sustancialmente constante.

10.

15.

20.

25.

Si se modifica la velocidad lineal, o sea, si se aumenta, disminuye entonces la presión en la extrusora 31 variando con ello el esfuerzo de cizalladura de la extrusora. Asimismo, un aumento de la velocidad lineal producirá una disminución en la temperatura de precalentamiento siempre que no se efectúen en el precalentador de hilo (no representado) cambios compensadores.

Sin embargo, la velocidad lineal no constituye la variable del procedimiento más deseable para variar el rendimiento de la extrusora o el peso del aislante por pie de conductor 21. Cuando se modifica la velocidad lineal



se modifica el régimen de producción. Para variar el rendimiento de la extrusora sería más deseable modificar otra variable del procedimiento.

5. Para modificar el peso de aislante por metro de conductor 23 puede variarse la velocidad del tornillo extrusor. Un cambio en la velocidad del tornillo modifica el calor de cizalladura en la extrusora 31. El efecto de los cambios en las revoluciones por minuto del tornillo extrusor (no representado) se representa en la figura 10. Según puede apreciarse, la traza 87 de capacidad - diámetro frente al dieléctrico sigue sustancialmente una línea de expansión porcentual constante.
- 10.

15. Debido a, por lo menos, dos razones importantes, se ha encontrado más deseable variar la velocidad del tornillo extrusor (RPM), en vez de la velocidad lineal, para variar el rendimiento en peso del aislante. En primer lugar, se debe a que, como se ha indicado antes, una variación en la velocidad lineal produce modificaciones en el régimen de producción. Asimismo, ventajosamente, pequeños cambios en las RPM producen cambios casi instantáneos en el rendimiento hacia nuevos valores estables con solo reducidos efectos del transiente térmico, relativamente insignificantes, sobre la expansión porcentual.
- 20.

25. Las tres figuras siguientes, figuras 11 a 13, ilustran el efecto de las temperaturas de la zona del tambor de la extrusora individuales sobre la traza de capacidad -diámetro frente al dieléctrico. Una primera zona controla la temperatura del tambor en la proximidad de una tolva de suministro.



tro (no representada), mientras que una segunda zona se encuentra entre la tolva de suministro (no representada) y la cabeza extrusora (no representada).

- Las temperaturas de la primera zona y de la cabeza de la extrusora (no representada) no son efectivas para controlar la capacidad y el diámetro sobre el dieléctrico, tal como lo evidencia la ligera derivación de las trazas 91 y 93 de las figuras 11 y 13 respectivamente, para grandes alteraciones de la temperatura. Las temperaturas en el tambor de la extrusora afectan la expansión porcentual. Sin embargo, el agente de soplado en el material aislante expandible no se vuelve activo hasta que se alcanza una temperatura comprendida entre 190° y 200°C. Cuando se efectúa un cambio en la temperatura de la primera zona, existe un intervalo de tiempo antes de que se produzca algún efecto. Debe hacerse constar que en la extrusión doble que se considera existe una extrusora vertical y una extrusora horizontal y que las temperaturas del tambor son aquellas de la extrusora con las que extruye la capa de plástico celular expandido. Asimismo, tampoco se producen grandes cambios si se modifica la temperatura de la cabeza. Esto se debe al reducido volumen de material que se desplaza por esta zona y a que el material se desplaza a su través con un elevado grado de velocidad.
5. El control de la segunda o última zona de temperatura del tambor ha demostrado ser el medio más efectivo de modificar la capacidad y el diámetro frente al dieléctrico con un cambio de la temperatura. Según puede apreciarse por medio de una traza 92 de la figura 12, cuando aumenta la
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.



temperatura aumenta, generalmente, el rendimiento. Esto puede ser que no se verifique siempre, puesto que temperaturas muy elevadas del tambor producen la pérdida de los puntos de nucleización y, por tanto, una consiguiente pérdida en la expansión y creación de vacíos.

5. Debe insistirse en que el empleo del aislante plástico celular introduce una nueva dimensión en el paquete de variables del procedimiento, por ejemplo, la expansión porcentual. Si bien en el pasado el logro de una meta en la capacidad significaba que también se había logrado el diámetro frente al dieléctrico, o viceversa, esto deja de ser cierto, necesariamente, cuando se utiliza aislante expandido.

10. En el aislante de plástico sólido, el operario únicamente precisa modificar la velocidad del tornillo extrusor para obtener el diámetro frente al dieléctrico deseado, lo que significa que se obtiene también una capacidad adecuada. Cuando se utiliza aislante de plástico celular, el operario todavía aprecia una traza de capacidad y de diámetro frente al dieléctrico, pero no puede determinar de forma simple las variables que tiene que modificar para desplazar la traza dentro de límites aceptables.

15. Los principios de este invento pueden utilizarse para variar aquellas variables del procedimiento más expeditivas para llevar a cabo variaciones deseadas en las propiedades del conductor aislado final 23. Puede generarse una indicación continua de la capacidad y del diámetro con respecto a la expansión porcentual y peso del aislante. Esta información puede mostrarse en forma visual para uso del operador o bien pueden emplearse como entradas a un sistema

20.
25.



para controlar de forma automática las variables del procedimiento, por ejemplo, el espacio de aire.

Esta información, cuando se utiliza como una ayuda para el operador, puede exhibirse sobre un dispositivo de diagnóstico tal como el representado en la figura 14.

5. Se traza una línea 56 del rendimiento constante y una línea 57 de expansión porcentual constante que se intersecan con el punto que representa la capacidad nominal y el diámetro frente al dieléctrico. Luego, según donde aparezca la traza de capacidad-diámetro frente al dieléctrico, el operador puede determinar con rapidez las variables del procedimiento que debe ajustar.

10. Se comprenderá, asimismo, que si bien el instrumento de registro de la gráfica 50 está diseñado para trazar una combinación de la capacidad frente al diámetro sobre el dieléctrico con líneas de expansión porcentual constante y peso del aislante superpuestas, el invento no queda limitado en este sentido. Por ejemplo, queda dentro del ámbito del presente invento el medir la capacidad y el diámetro frente al dieléctrico y el trazar de forma continua valores computados de expansión porcentual y peso del aislante combinado con líneas superpuestas de capacidad constante y líneas de diámetro frente al dieléctrico constante.
15. Sistema de control de realimentación.-

20. Haciendo ahora referencia a la figura 15 se aprecia que los principios de este invento puede extenderse a un sistema de control de realimentación para controlar, de forma automática, las variables del procedimiento. Asimismo, la capacidad y el diámetro frente al dieléctrico se mi



den mediante el monitor de capacidad 36 y el calibrador 37, respectivamente. Estas mediciones se suministran en forma de entradas al registrador x-y 50 y en forma de entradas a un computador de control de procedimiento designado, de forma general, con el número 100.

Las entradas en el computador 100 son proporcionales a la desviación de los valores nominales determinados por las características del procedimiento. Las entradas causan el desarrollo de la lógica del computador 100 para establecer las señales correctivas requeridas. Estas señales correctivas se utilizan para variar, por ejemplo, la velocidad del tornillo extrusor o para controlar el mecanismo 34 para desplazar la cubeta de refrigeración 33 y regular el espacio de aire.

El computador de control de procedimiento 100 incluye un trazador de coordenadas que puede ser un sistema Cartesiano u otro sistema de coordenadas apropiado. De este modo se revisa una traza de capacidad y de diámetro frente al dieléctrico con respecto a líneas de expansión porcentual constante y del peso del aislante que se programan en el computador utilizando las ecuaciones que se han expuesto anteriormente.

El instrumento de registro de gráficas x-y 50 puede utilizarse también en conexión con el computador de control de procedimiento 100. De este modo, el operador puede observar visualmente las condiciones del procedimiento y los desplazamientos correctivos realizados por el computador 100.

EJEMPLO 1



Haciendo ahora referencia a la figura 16, se aprecia una traza 102 de capacidad - diámetro frente al dieléctrico para un precalentamiento de 65°C y una velocidad del tornillo extrusor de 54 RPM. Esta exhibición se utilizará para exponer la forma en que el operario puede llevar a cabo las modificaciones de las variables del procedimiento en forma inteligente en vez de por tanteo. Debe entenderse, en efecto, que las entradas al exhibidor de capacidad - diámetro frente al dieléctrico pueden utilizarse como entradas para un sistema de servo-control que pueden utilizarse para controlar de forma automática las variables del procedimiento.

Según se aprecia en la figura 16, la traza 102 de capacidad - diámetro frente al dieléctrico se encuentra próxima al límite superior de los valores de capacidad aceptables, precisando por tanto un desplazamiento vertical en un sentido descendente. En una primera etapa de un procedimiento correctivo, se aumenta la temperatura de precalentamiento hasta que la traza se encuentra sobre la línea 57 de expansión porcentual constante pasando a través de la condición nominal. Luego se reduce las RPM del tornillo extrusor para desplazar la traza 102 a lo largo de la línea de expansión porcentual constante hasta el punto nominal del paso del aislante.

EJEMPLO 2

Haciendo ahora referencia a la figura 17, se aprecia otra traza 103 de capacidad - diámetro frente al dieléctrico que se separa de la condición nominal en el centro de la ventana de referencia 54. La traza 103 se lleva



a cabo bajo condiciones de funcionamiento que incluyen, inicialmente, una velocidad del tornillo extrusor de 50 RPM y un espacio de aire de 60 mm. La combinación se destina a mostrar el efecto de las variaciones en las RPM y el espacio de aire o de las cuatro características del producto seleccionado.

5. En caso de que el espacio de aire se mantenga constante a 60 mm y las RPM del tornillo extrusor se aumenten en 55 RPM, la traza 103 se desplazará a lo largo de la línea 57 de expansión constante al 50% a la posición designada 103a. Luego, si se mantienen constante las RPM y disminuye el espacio de aire entre 60 a 45 mm., la traza se desplaza a lo largo de la línea 56 de peso del aislante constante hasta una posición designada 103b.

15. Control de aislante doble.-

Debe hacerse constar que el rendimiento de la extrusora 31 para la capa superficial 24 no afecta al rendimiento de la capa celular interna 22. Además, el espesor de la capa externa 24 es esencialmente constante.

20. Cuando se utiliza el presente invento para aislante doble, plástico sólido sobre plástico celular, se considera que es conocido y constante el espesor superficial $(d_0 - d_1)/2$. El espesor superficial puede medirse fuera de línea o mediante un monitor en línea separado. Estas consideraciones no son exageradamente irreales. Por ejemplo, se considera un espesor superficial de 0,07 mm y un aislante expandido de 1,85 mm de diámetro y un rendimiento de extrusora constante. El menor cambio detectable en el espesor de la pared es de 0,01 mm. Con un rendimiento constante del

25.



material extruido para la capa externa, una caída del espesor superficial de 0,07 a 0,06 requerirá que el diámetro del aislante celular se aumente hasta 2,44 mm. Esto es muy improbable que ocurra.

5. Asimismo, puede determinarse la constante dieléctrica del material aislante plástico. Con el instrumental de la línea se mide la capacidad general del conductor 23 con aislante doble y el diámetro general de las secciones sucesivas. Esto deja dos incógnitas, la expansión porcentual de la capa interna y el peso total del aislante por metro de conductor 23. El peso total incluye el peso del aislante celular junto con el peso del aislante sólido.

10. Según puede observarse de una comparación de las figuras 18 a 19 con las figuras 5 a 13, existe menor dispersión en una traza para aislante doble que para aislante celular de capa única. Esto se debe a que la capa superficial o externa 24 tiende a suavizar la expansión. Esto resulta de la idoneidad de compensar con mayor rapidez los cambios antes de que la traza de capacidad - diámetro frente al dieléctrico salga de la ventana de referencia 54 de valores aceptables. De aquí que la reducción de la dispersión proporciona un control mucho mejor sobre el procedimiento.

15. Haciendo ahora referencia a la figura 18, cuando se aumenta el espacio de aire, una traza 106 de capacidad diámetro frente al dieléctrico se desplaza generalmente a lo largo de la línea 56 del rendimiento nominal. La expansión porcentual aumenta y la sección transversal aumenta asimismo. Cuando la sección transversal del conductor 23



para el aislante celular de capa única aumenta progresivamente, parte del gas se fuga y puede deshincharse la sección transversal. Esto solo sucede en el aislante celular de capa única. La capa superficial 24 del aislante doble impide esta fuga .

- 5.
- Haciendo referencia a la figura 19, se aprecia una traza 107 de capacidad y diámetro frente al dieléctrico en combinación con una línea 53 de expansión porcentual y un rendimiento constante nominal de 1,48 g por metro. La capa superficial 24 es de 0,10 mm de espesor. Según puede apreciarse por las trazas señaladas con 107a, 107b y 107c, las alteraciones en la velocidad del tornillo extrusor (no representado) producen una variación en el rendimiento del extrusor, las cuales van de un lateral de la línea 56 del peso de aislante nominal constante, en empeño con la línea y luego hacia el otro lateral.
- 10.
- 15.

- Debe hacerse constar que si bien la descripción detallada se refiere al aislamiento de secciones sucesivas del elemento conductor 21 con, por lo menos, una capa de material aislante plástico celular, el invento no se limita en tal sentido. Por ejemplo, el invento se refiere a la exhibición simultánea de cuatro variables, una de las cuales es la expansión porcentual. Esto permite utilizar los principios del invento para controlar un material celular alargado, en, por ejemplo, forma de tira. A continuación, la tira podría envolverse alrededor de secciones sucesivas de otro miembro alargado, o bien la tira podría laminarse con otro material, envolviéndose luego entorno de un miembro alargado.
- 20.
- 25.

Además, el aislante celular o el material celular



no precisa ser material plástico celular. El material celular podría ser un material de pulpa celular u otro material dieléctrico celular.

5. En estas condiciones se proporcionan medios para medir la capacidad del aislante o material dieléctrico celular. Luego se mide el espesor asociado del aislante o material dieléctrico celular. La capacidad y el espesor asociado se indican con respecto al peso del aislante y expansión porcentual.

10. Debe hacerse constar que las organizaciones antes expuestas son simplemente ilustrativas de los principios del invento. Los expertos en el arte podrán prever otras organizaciones que incorporen los principios del invento quedando por tanto dentro de su espíritu y alcance.

15.

REIVINDICACIONES

Descrito el objeto del presente invento se declaran nuevas y de propia invención las siguientes reivindicaciones con prioridad de la solicitud de patente estadounidense serial n° 321.082 del 4 de enero de 1973.

20.

1.- Método con su aparato correspondiente para controlar la aplicación de un material dieléctrico, que incluye una capa de material dieléctrico celular para un material alargado, caracterizado por las etapas de :

25.

hacer avanzar secciones sucesivas del material alargado,

cubrir las secciones sucesivas del material alargado con, por lo menos, una capa del material dieléctrico celular,

medir la capacidad y el espesor asociado de las



secciones sucesivas del material dieléctrico, y

generar una indicación continua de la capacidad medida y del espesor asociado de las secciones sucesivas del material alargado con respecto al peso del material

5. dieléctrico por unidad de longitud del material alargado y el porcentaje de vacíos en el material dieléctrico celular.

2.- Método, de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado por

10. regular la expansión porcentual del material aislante de conformidad con la indicación para mantener la capacidad y el diámetro asociado dentro de valores sustancialmente preseleccionados.

15. 3.- Método, de conformidad con las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por

regular el peso del material aislante por unidad de longitud del material alargado de conformidad con la indicación para mantener la capacidad y el diámetro asociado dentro de valores preseleccionados.

20. 4.- Método, de conformidad con las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque

la expansión porcentual se regula variando la distancia de las secciones sucesivas del material alargado que se desplaza por el aire inmediatamente después de aplicar el aislante.

25. 5.- Método, de conformidad con las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque

la expansión porcentual se regula variando las temperaturas dentro de medios para aplicar la cubrición.



6.- Método, de conformidad con la reivindicación 3, caracterizado porque

5. el aislante se extruye sobre las secciones sucesivas del material alargado y el peso del material aislante por longitud de material alargado se regula variando la velocidad giratoria del tornillo extrusor.

7.- Método, de conformidad con la reivindicación 3, caracterizado porque

10. el peso del aislante se regula variando la velocidad lineal con que avanzan las secciones sucesivas del material alargado.

8.- Método, de conformidad con una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 7, caracterizado por

15. reproducir líneas del peso constante del aislante por unidad de longitud del material conductor y líneas de expansión porcentual constante sobre un sistema de coordenadas de capacidad frente al diámetro de la superficie externa del aislante,

20. medir la capacidad y el diámetro asociado de las secciones sucesivas del material conductor alargado,

generar señales relativas a la capacidad y al diámetro asociado de las secciones sucesivas del material conductor alargado y

25. poner en movimiento un indicador por medio de las señales para indicar, de forma continua, la traza de capacidad y de diámetro con respecto al peso del aislante y, por lo menos, de la expansión porcentual equivalente para facilitar de este modo el ajuste de las variables del procedimiento y mantener la capacidad y el diámetro dentro

61



de valores nominales preseleccionados.

9.- Método, de conformidad con una o más de las reivindicaciones 1 a 8 precedentes, caracterizado porque el aparato comprende:

5. medios para el avance de las secciones sucesivas del material alargado,

medios para cubrir las secciones sucesivas del material alargado con, por lo menos, una capa del material dieléctrico celular,

10. medios para medir la capacidad y el espesor asociado de las secciones sucesivas del material dieléctrico, y

medios para generar una indicación continua de la capacidad medida y del espesor asociado de las secciones sucesivas del material alargado con respecto al peso del material dieléctrico por unidad de longitud del material alargado y el porcentaje de vacíos en el material dieléctrico celular.

10.- Método, de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado por comprender

20. medios para regular la expansión porcentual del material aislante de conformidad con la indicación para mantener la capacidad y el diámetro asociado dentro de valores substancialmente preseleccionados.

25. 11.- Método, de conformidad con las reivindicaciones 9 o 10, caracterizado porque comprende

medios para regular el peso del material aislante celular por unidad de longitud del material alargado de conformidad con la indicación para mantener la capacidad y



el diámetro asociado dentro de valores preseleccionados.

12.- Método, de conformidad con la reivindicación 9 o 10, caracterizado porque comprende:

5. medios para regular la expansión porcentual del material aislante y el peso del material aislante por unidad de longitud del material alargado de conformidad con la indicación para mantener la capacidad y el diámetro asociado dentro de valores sustancialmente preseleccionados.

10. 13.- Método, de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque

15. los medios para generar una indicación continua de capacidad y diámetro asociado de las secciones sucesivas del material alargado incluyen un dispositivo de registro de gráficas dotado de un indicador que se desplaza en direcciones coordinadas en respuesta a la potencia e intensidad de la energía eléctrica, presentando los medios para medir la capacidad y el diámetro asociado salidas en respuesta de las variaciones en las condiciones que se controlan, conectándose las salidas al dispositivo de registro de gráficas para controlar el movimiento del indicador en una dirección coordinada distinta.

14.- Método, de conformidad con la reivindicación 10, caracterizado porque

25. el aparato incluye, asimismo, medios para refrigerar el material alargado después de aplicársele el aislante y porque la expansión porcentual se regula variando la distancia entre la aplicación del aislante y los medios para refrigerar el material alargado.

15.- Método, de conformidad con la reivindicación

421993



- ción 10, caracterizado porque
la expansión porcentual se regula variando la
temperatura en los medios para aplicar el aislante.
- 16.- Método, de conformidad con la reivindica-
ción 11, caracterizado porque
los medios para aplicar el aislante comprenden
una extrusora que tiene un tornillo montado en forma girato-
ria y porque el peso del material aislante por unidad de
longitud del material alargado se regula variando la velo-
10. cidad de giro del tornillo extrusor.
- 17.- Método, de conformidad con la reivindica-
ción 11, caracterizado porque
el peso del aislante se regula variando la velo-
15. cidad lineal con que avanzan las secciones sucesivas del
material alargado.
- 18.- Método con su aparato correspondiente pa-
ra controlar la aplicación de un material dieléctrico.
Según se describe y reivindica en la presente me-
20. moria descriptiva que consta de 50 hojas foliadas y escri-
tas a máquina por una sola cara, acompañadas de los dibujos
reglamentarios.

Madrid, a 3 Enero 1974

p.a. JAIME ISERN
P. p.

Firmado: FELIPE PRIETO

MLA.

421998

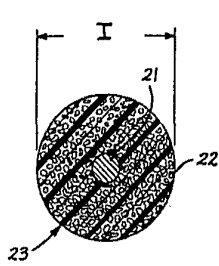


FIG. 1

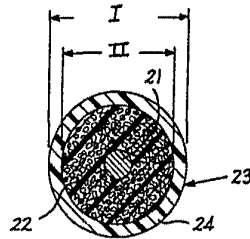


FIG. 2

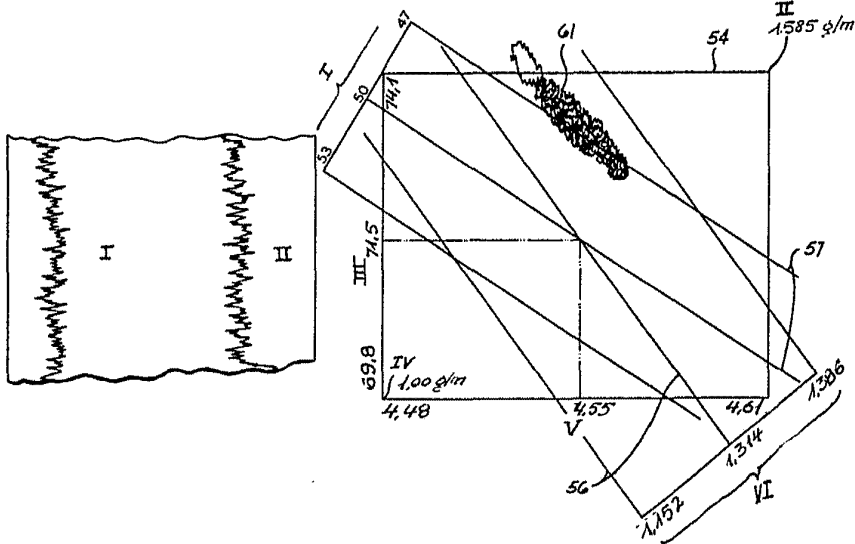


FIG. 4B

FIG. 4A

Madrid, a 3 ENE. 1974
p.a.

424 993

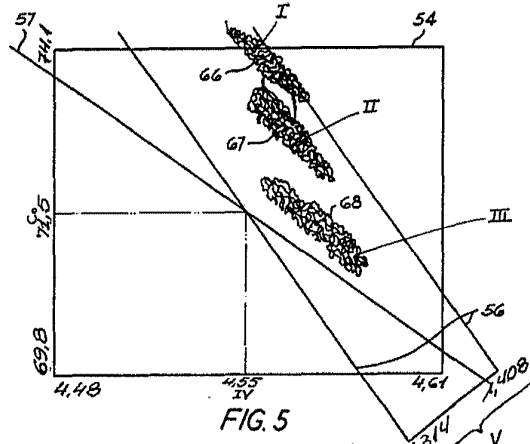


FIG. 5

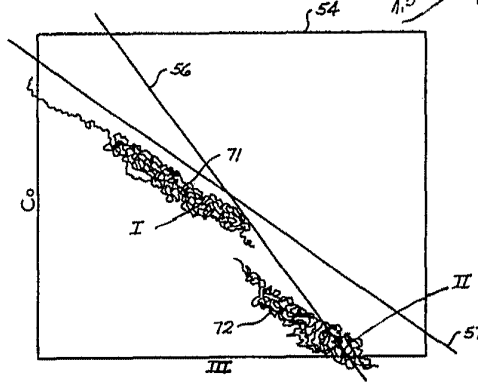


FIG. 6

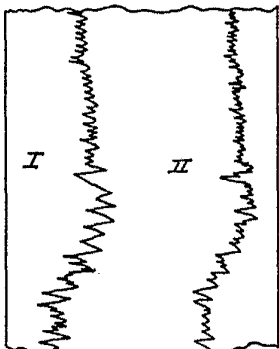


FIG. 7B

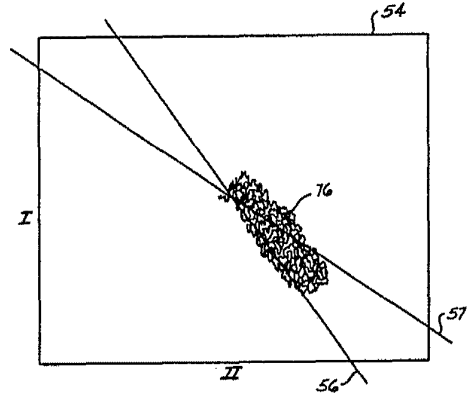


FIG. 7A

Madrid, a 3 ENE. 1944.
p.a.

[Handwritten signature]

421993

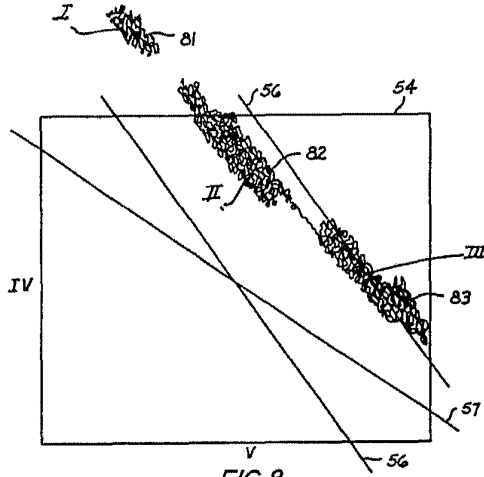


FIG. 8

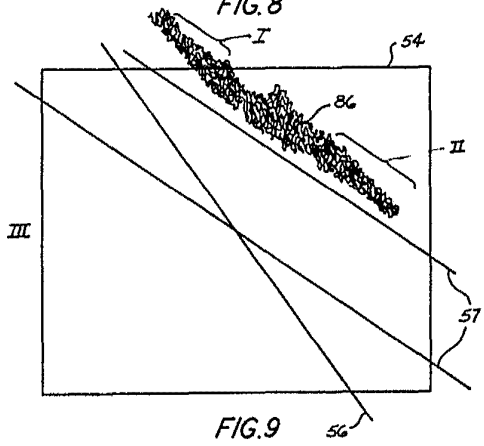


FIG. 9

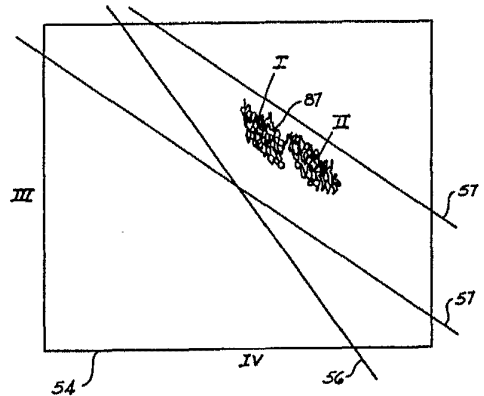


FIG. 10

Madrid, a 3 ENE. 1974
p.a.

CASE-CERENO, M.R. 1.2 (EC9)

421993

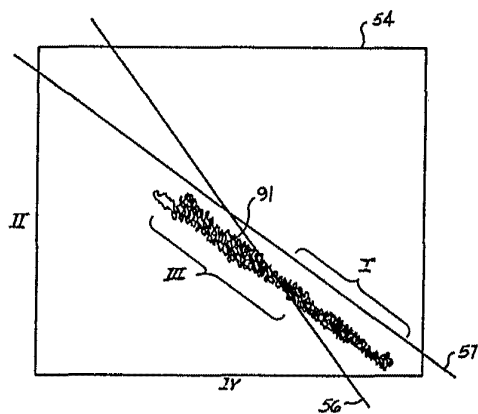


FIG. 11

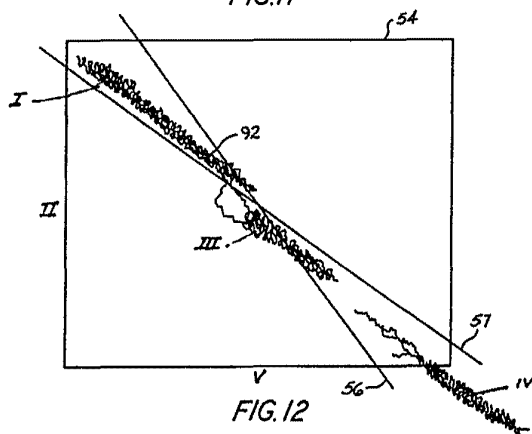


FIG. 12

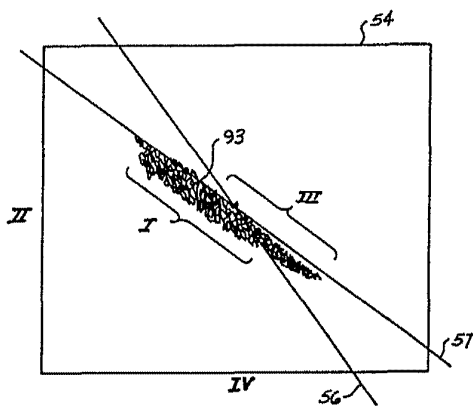
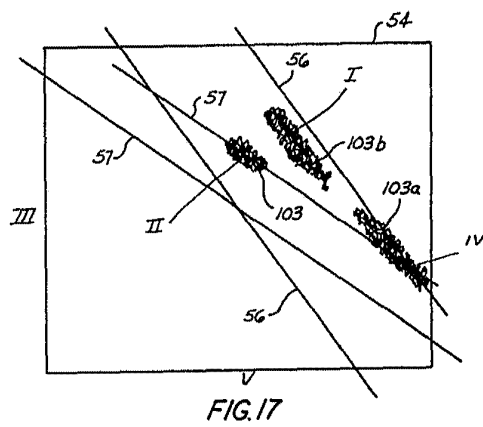
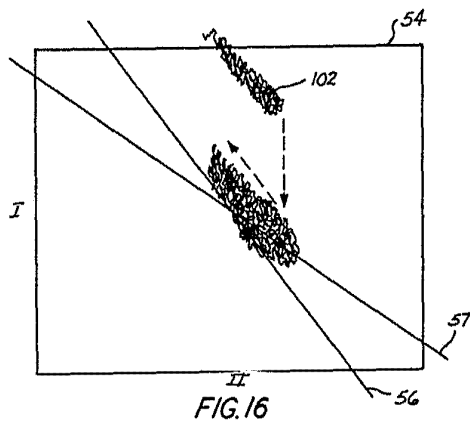
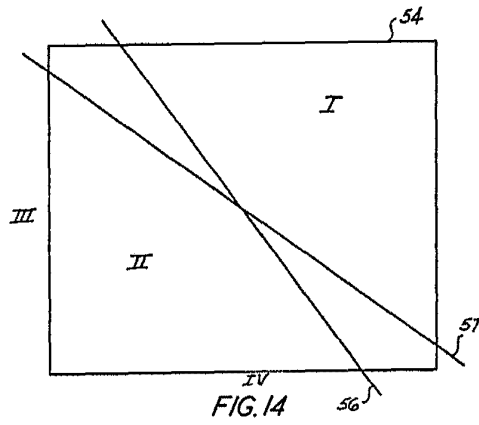


FIG. 13

Madrid, a 3.ENE. 1974
p. a.

421993



Madrid, a 3-ENE. 1974
p.a.

421 993

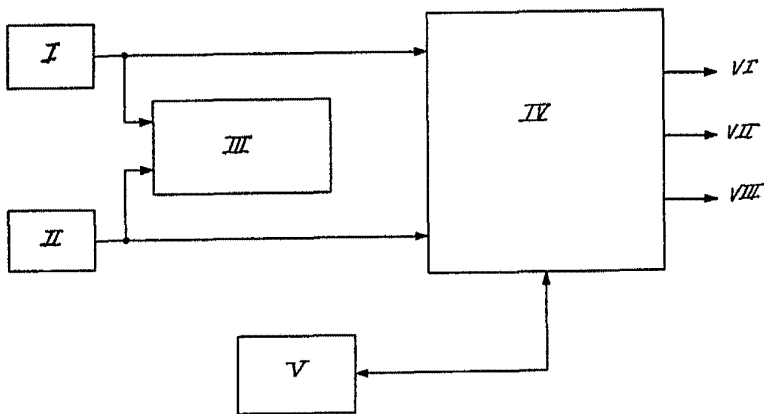


FIG. 15

Madrid, a 3 DE 1951.
p.a.

421 993

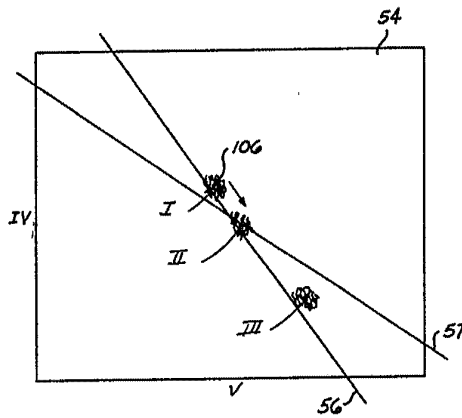


FIG. 18A

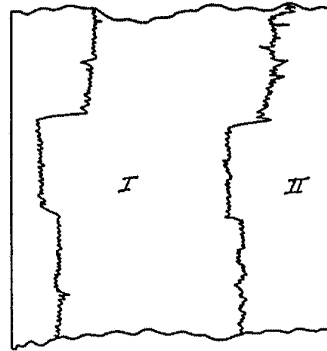


FIG. 18B

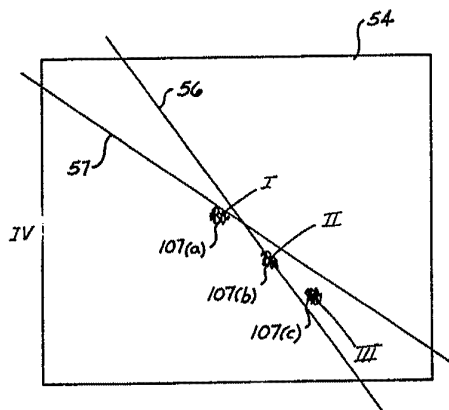


FIG. 19A

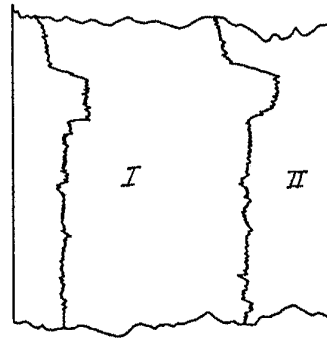


FIG. 19B

Madrid
p.a.

3 ENE. 1974