



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 475**

51 Int. Cl.:

C08J 5/04 (2006.01)

C08L 23/02 (2006.01)

C08L 77/00 (2006.01)

C08L 67/00 (2006.01)

G02B 6/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99400325 .9**

96 Fecha de presentación : **11.02.1999**

97 Número de publicación de la solicitud: **0945479**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.09.1999**

54

Título: **Componentes estructurales compuestos que contienen refuerzos de polímero cristalino líquido para cables de fibra óptica.**

30

Prioridad: **23.02.1998 US 27693**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.06.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.06.2011

73

Titular/es: **DRAKA COMTEQ B.V.**
De Boelelaan 7
1083 HJ Amsterdam, NL

72

Inventor/es: **Risch, Brian G.**

74

Agente: **Arpe Fernández, Manuel**

ES 2 361 475 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Componentes estructurales compuestos que contienen refuerzos de polímero cristalino líquido para cables de fibra óptica.

5 Antecedentes de la invención

Campo Técnico

10 [0001] Esta invención se refiere a cables de fibra óptica y componentes estructurales para dichos cables. Más particularmente, esta invención se refiere a los cables de la fibra óptica formados a partir de componentes estructurales compuestos que contienen refuerzos de polímeros cristalinos líquidos termotrópicos que se forman in situ con una matriz.

15 Técnica anterior

[0002] Los cables de fibra óptica se han utilizado en la industria de las comunicaciones durante años para transmitir la información con tasas muy altas a largas distancias. En un cable de fibra óptica la información se transporta en forma de señales de luz a través de fibrillas de vidrio con un diámetro del orden de 100 micrometros. Estas fibrillas están protegidas del medio ambiente y tensiones externas por las estructuras de cable en el que se alojan.

20 [0003] En el diseño de estructuras de cable de fibra óptica, es importante asegurarse de que las tensiones asociadas a la instalación del cable y el entorno operativo no interfieran con las prestaciones de la fibra óptica. En general, se incorporan materiales de refuerzo dentro de los diseños de estructura del cable con el fin de prevenir que las fibrillas se vuelvan tensas por el estrés durante la instalación o por medios mecánicos o térmicos experimentados durante el funcionamiento. Los materiales típicos de refuerzo utilizados en cables tienen altos módulos y bajo coeficiente de expansión térmica (CTE). Los materiales de refuerzo opcionales han incluido el acero, fibrillas de vidrio o hilos, compuestos reforzados de vidrio, hilos de poliéster y fibrillas de aramida o hilos. Las fibrillas de aramida o hilos se utilizan comúnmente como materiales de refuerzo, ya que ofrecen la mejor combinación de propiedades mecánicas y de peso, pero estos materiales también se caracterizan por tener un alto coste. Las fibrillas de aramida y hilos se fabrican usando polímeros que se clasifican como polímeros cristalinos líquidos (LCP). Los polímeros cristalinos líquidos se caracterizan por la facilidad con la que ocurre la orientación molecular durante los procesos de fusión o solución, dando lugar a la posibilidad de obtener buenas propiedades mecánicas en el proceso o dirección de máquina.

25 Sin embargo, debido al muy alto punto de fusión de los materiales poliméricos empleados, el proceso convencional de fusión de LCPs de aramida no es posible. Para producir hilos de aramida que contienen LCP son necesarios equipos y tecnología de procesamiento especial. Este equipo de procesamiento especial no puede ser prácticamente incorporado a un proceso de fabricación de fibra óptica por cable. Como resultado de ello, los hilos de aramida se fabrican por separado y luego se incorporan a una estructura de cable como parte de una etapa adicional de fabricación. La incorporación de componentes o etapa de fabricación añade costes y complejidad al procedimiento de producción.

30 Breve descripción de la invención

40 [0004] Es objeto de la presente invención proporcionar un tubo de protección de cable de fibra óptica hecho de un material compuesto que contiene refuerzos en polímeros cristalinos líquidos termotrópicos.

45 [0005] Otro objetivo de la presente invención es la de proporcionar un método para fabricar un tubo de protección termoplástico de cables de fibra óptica que está altamente orientado, que presenta incorporados en él materiales de polímero cristalino líquido termotrópico de alto módulo.

[0006] Otro objeto más de la presente invención es el de proporcionar un método para hacer un polímero termoplástico de base para un tubo de protección de cable de fibra óptica con una buena resistencia, un bajo coeficiente de expansión térmica, y buena capacidad de transformación.

50 [0007] Estos objetivos se alcanzan, al menos en parte, mediante co-extrusión de, al menos, un polímero termoplástico de polímero convencional y un polímero cristalino líquido termotrópico a un tubo de protección para un cable de fibra óptica que tiene una matriz termoplástica con un polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) disperso en la misma, en donde las fibrillas tienen un diámetro de hasta aproximadamente 100 micras y una proporción longitud a diámetro (relación de aspecto) de, al menos, 10 a 1 (10:1).

55 [0008] Otros objetos y ventajas de la invención serán evidentes para los expertos en la materia a partir de la descripción detallada siguiente en relación con los dibujos que se acompañan y las reivindicaciones que se adjuntan.

Breve descripción de las figuras

[0009] Los dibujos, no dibujados a escala, incluyen:

60 Figura 1, es un diagrama que ilustra la sección transversal de un tubo de protección de un cable de fibra formado a partir de un material compuesto que contiene refuerzos en polímero cristalino líquido termotrópico que se forman in situ; Figura 2 es un diagrama de corte transversal que ilustra un cable de fibra óptica que tiene elementos de refuerzo (no acordes a la invención) y formado a partir de un material compuesto que contiene refuerzos de fibrillas de polímeros cristalinos líquidos termotrópicos que se forman in situ con la matriz;

Figura 3, es un diagrama de la sección transversal de un revestimiento reforzado con fibrillas ópticas (no acordes a la invención), estando formados los miembros de refuerzo a partir de la matriz termoplástica con fibrillas de polímeros cristalinos líquidos en él;

Figura 4 es un diagrama de la sección transversal de un cable reforzado con ranuras de tipo base de la fibra óptica (no acordes a la invención), estando formado el núcleo ranurado a partir de la matriz termoplástica con las fibrillas de polímeros cristalinos líquidos en ella;

Figura 5, es una micrografía electrónica que ilustra la morfología de fase de un refuerzo TLCP y fibrillas LCP que tienen diámetros por debajo de 10 micrometros;

Figura 6A, que es un diagrama esquemático de un proceso de doble extrusión que se puede utilizar para producir componentes estructurales compuestos de fibra óptica que contiene refuerzos cristalinos líquidos termotrópicos;

Figura 6B, es un diagrama esquemático de un proceso de extrusión de dos etapas en donde los polímeros cristalinos líquidos termotrópicos son granulados y luego incorporados a la corriente de masa fundida de un material de matriz termoplástica;

Figura 6C, es una vista en sección transversal del aparato de inyección para proporcionar una pluralidad de corrientes de masa fundida de termoplásticos cristalinos líquidos dentro de la matriz termoplástica de fusión.

Figura 6D, que es una vista en planta del inyector.

FIG. 7, es una ilustración gráfica que compara módulos de elasticidad a tracción de un copolímero de polipropileno de impacto nucleado puro, de polímeros cristalino líquido termotrópicos puro y de la fase de polímero cristalino líquido termotrópico puro de un material compuesto producido utilizando una relación de reducción de 20:1; y

Figura 8, es una ilustración gráfica de los efectos de las diferentes condiciones del proceso en el módulo de tubos de protección elaborados mediante un procedimiento de dos etapas donde la corriente de masa fundida compuesta se granula y después se procesa utilizando tecnología de extrusión convencional.

Descripción detallada de la invención

[0010] La figura 1 ilustra un típico tubo de protección de cable de fibra óptica para un cable de la variedad de tubo suelto. De acuerdo con la presente invención, el tubo de protección 10 ilustrado en la figura 1, se forma a partir de un material compuesto que comprende un material de matriz termoplástico 12 que tiene fibrillas de refuerzo de polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) 14 incorporadas al mismo. El tubo de protección 10 aloja las fibrillas ópticas 16.

La figura 2 ilustra un miembro estructural de cable, tal como un tubo de protección, que comprende una cubierta 22 que tiene miembros de refuerzo en forma de barra 24 incorporados en la misma. Los miembros de refuerzo 24 no conformes a la invención, se forman a partir de un material de matriz termoplástico 26 que contiene fibrillas TLCP de refuerzo 28. La figura 3 ilustra un cable trenzado de fibra óptica 30 que tiene una pluralidad de tubos de protección 10 alojando las fibras ópticas contenidas (no mostrado) dentro de una cubierta exterior 22. Un miembro resistente 23, no acorde con la invención, se encuentra contenido también dentro de la cubierta exterior 22. El miembro resistente se forma a partir de una matriz termoplástica 25 que tiene fibrillas de TLCP 27 dispersadas en la misma. Los tubos de protección 10 también se pueden formar como se describió anteriormente y se ilustra en la figura 1. La figura 4 ilustra un cable de fibra óptica de alma ranurada 35. El alma 36, no acorde a la invención, se forma a partir de la matriz termoplástica 37 que tiene fibrillas TLCP 38 dispersadas en la misma. Una pluralidad de ranuras 39 sujetan las fibrillas ópticas 16. Una cubierta exterior 40 se proporciona sobre el alma ranurada 36. Los expertos en la técnica, aprecian ahora que el tubo de protección 10 puede formarse con el material compuesto que se describe con más detalle utilizando el proceso descrito a continuación.

[0011] De acuerdo con la presente invención, las fibrillas de TLCP, tal como 14 (Figura 1) se forman in situ con la formación de la matriz termoplástica, como 12 (Figura 1), por un proceso de co-extrusión. El proceso de co-extrusión produce el refuerzo de fibrillas de TLCP en la matriz termoplástica que son largas, tienen una alta relación de aspecto (relación entre longitud y diámetro de 10 a 1) y están altamente orientadas en dirección axial. Como se ilustra en la figura 5, las fibrillas de TLCP son de diámetro microscópico (alrededor de 100 micrometros o menos), y preferentemente tienen un diámetro del orden de 10 micrometros o menos. Las fibrillas contenidas en de la matriz termoplástica, forman el tubo de protección 10, están preferiblemente orientadas de tal forma que se extienden fundamentalmente en la dirección de procesamiento, también conocida como dirección longitudinal o axial, para dar a un tubo de protección formado allí un aumento en las propiedades mecánicas que son de gran magnitud en la dirección longitudinal y de pequeña magnitud en el sentido transversal. Esta orientación permite que el tubo de protección del cable tenga una significativa resistencia a tracción en dirección longitudinal con un sacrificio mínimo en términos de flexibilidad debido al aumento en el flujo extensional que se produce al pasar los materiales de TLCP a través de un aparato mezclador como se describe en detalle más adelante. Se contempla un aumento en el módulo y la disminución en el coeficiente de expansión térmica en relación con el polímero TLCP puro. Además, las fibrillas de TLCP orientadas para extenderse en el proceso, en dirección longitudinal o axial dentro de la matriz termoplástica, produce una disminución sustancial en el coeficiente de expansión térmica (CTE) en la dirección longitudinal del tubo de protección formado de esa forma.

[0012] De acuerdo con la presente invención, el tubo de protección formado a partir del material compuesto que comprende una matriz termoplástica con fibrillas de TLCP en ella puede ser fabricado utilizando un proceso de una o dos etapas. Refiriéndose a la figura 6A, que ilustra un proceso de una sola etapa, los TLCP son extrudidos por un extrusor 41 y se inyectan, por medio de la bomba de engranajes 42 y un aparato de inyección 43 en la corriente de masa fundida de la matriz termoplástica, que puede ser una mezcla de polímeros, una masa fundida termoplástica homogénea, o una estructura de múltiples capas, que son extrudidas por el extrusor 44 en la bomba de engranajes 46. Con esta disposición, los TLCP se inyectan en el material de matriz termoplástica como una o una pluralidad de corrientes de masa fundida de polímero. Un agente de compatibilidad, tal como un copolímero de injerto de polipropileno

o polietileno y anhídrido maleico se pueden agregar para promover la adhesión entre la fase TLCP y la matriz termoplástica. Preferentemente, los TLCP son inyectados como una pluralidad de corrientes de material fundido a través de un cabezal de inyección 64 especialmente diseñado, que se coloca dentro del cuerpo de inyección 63 (Figuras 6C y 6D). En referencia a las figuras 6C y 6D, la corriente de masa fundida de la matriz termoplástica se introduce en el cuerpo de inyección a través de la entrada 47 y la corriente de masa fundida de TLCP se introduce dentro del cuerpo de inyección 63 por la entrada 43 de TLCP. El cabezal de inyección 64 está situado al final de la entrada 43 de TLCP. El cabezal de inyección 64 es un tubo que tiene un conducto interior 66 y una parte saliente 68 que se coloca dentro del cuerpo de inyección 63 para ser expuestos a la corriente de masa fundida de matriz termoplástica. La parte saliente tiene una pluralidad de aberturas 70. De acuerdo con la presente invención, la fusión de TLCP es extruida a través del conducto 66 en la parte saliente 68, en donde la masa fundida de TLCP se inyecta como una pluralidad de corrientes de masa fundida en la matriz termoplástica a través de las aperturas 70 de parte saliente para formar una masa fundida compuesta. Después de que las corrientes de TLCP se inyectan en la corriente de masa fundida de la matriz termoplástica, la masa fundida compuesta pasa a través de uno o más dispositivos de mezcla 48, tales como mezcladores estáticos, que dividen las corrientes de TLCP iniciales en la masa fundida compuesta en corrientes de TLCP adicionales. Por lo general, se prefieren los mezcladores estáticos como dispositivos de mezcla debido a que estos dispositivos pueden dividir las corrientes de TLCP y recombinar el flujo en la masa fundida compuesta sin interrumpir la continuidad de la fase de TLCP en la masa fundida compuesta. A medida que las corrientes de masa fundida de TLCP del compuesto son subdivididas y agotadas/consumidas experimentan un flujo extensional. Este flujo extensional da como resultado fibrillas de TLCP en la matriz termoplástica que se extienden primariamente en la dirección longitudinal. Esta orientación molecular sustancialmente longitudinal de los TLCP causa un aumento sustancial del módulo del producto de masa fundida compuesta. Después de que la masa fundida compuesta ha pasado a través de suficientes dispositivos de mezcla para dividir el patrón de flujo en estructuras fibrilares TLCP bien dispersas con un diámetro microscópico de hasta unos 100 μm , dicho compuesto puede pasar directamente a través de un cabezal transversal 50 que rodea las fibrillas ópticas 52 cubriéndolas un gel de relleno 54 con una estructura, tal como un tubo de protección 56, a partir del material compuesto como se muestra en la figura 6A. Alternativamente, la masa fundida compuesta se puede pasar a través de una boquilla de calibre para fabricar un tubo de protección de cable de fibra óptica directamente para su incorporación posterior en un cable de fibra óptica. Refiriéndose a la figura 6B, la masa fundida compuesta se puede pasar a través de una boquilla y granularse con una granuladora 60 y ser extrudida por el extrusor 62 en el cabezal transversal 50 para formar un tubo de protección. El procesamiento directo de la masa fundida compuesta que contiene los TLCP, como se ilustra en la figura 6A, da lugar a refuerzos esencialmente continuos de fibrillas de TLCP en la matriz termoplástica, mientras que granulación y el reprocesamiento, como se ilustra en la figura 6B, da lugar a fibrillas de TLCP sustancialmente discontinuas dispersas en la matriz termoplástica.

[0013] Una comparación entre los módulos de elasticidad a tracción de un copolímero de polipropileno de impacto nucleado puro, un polímero cristalinos líquido termotrópico puro, tal como HX-8000 fabricado por DuPont y un material compuesto comprendiendo copolímero de propileno de impacto nucleado que tiene un material TLCP, tal como el HX-8000, incorporado con una relación de reducción de 20 a 1 se ilustra en la figura 7. Como se muestra en esta figura, el flujo extensional de la fase de TLCP en la matriz termoplástica causada por la inyección de múltiples corrientes de masa fundida de TLCP, la posterior mezcla estática de eso y la relación de reducción 20 a 1 da como resultado una mejora sustancial del módulo de elasticidad a tracción del material compuesto resultante. El control de la morfología de fase durante el proceso usando los métodos de la presente invención da lugar a un aumento del 20 por ciento en el módulo de la fase de TLCP en el material compuesto respecto del TLCP puro.

[0014] Los expertos en la técnica, reconocerán ahora que, es en general favorable procesar la masa fundida compuesta para obtener fibrillas continuas de TLCP ya que los resultados de continuidad proporcionan un mayor aumento del módulo y la disminución de la CTE, como lo demuestra el ejemplo comparativo de la figura 8. Sin embargo, el tratamiento de los compuestos que contengan TLCP a través de granulación para formar filamentos discontinuos también puede ser ventajoso ya que los granulados resultantes son fácilmente transformados mediante técnicas ordinarias de extrusión, y las consiguientes fibrillas de TLCP puede ser sometidas a la orientación adicional o reordenación durante el procesamiento secundario sin ser expuestas a un alto grado de flujo extensional.

[0015] Un tubo de protección compuesto por un cable de fibra óptica se fabricó mediante el proceso de co-extrusión descrito anteriormente. El tubo de protección así producido comprende un compuesto de matriz termoplástica que tiene cerca del 20 por ciento en peso de refuerzos continuos de polímero cristalino líquido termotrópico dispersos en la misma. Los refuerzos de TLCP del producto resultante se caracterizan por tener una alta relación de aspecto (relación entre longitud y diámetro) del orden de 10 a 1 y un diámetro medio de al menos 100 μm . El material de TLCP utilizado como refuerzo fue un poliéster aromático, tal como HX-8000 TM fabricado por DuPont. Otros poliésteres aromáticos que pueden ser utilizados como material TLCP incluyen: Zenite 6000 TM y 7000 TM Zenite LCP resinas producidas por DuPont, LC 3000 TM producido por Unitica y Vectra LCP TM resinas producidas por Hoechst Celanese. El material utilizado para el material de matriz termoplástica fue una composición copolímero polipropileno de etileno nucleado que tiene entre 2 a 30 unidades de etileno por ciento en peso en la estructura química. En este material de matriz también se incluyen aproximadamente 0,05 a 1,0 por ciento en peso de un agente de nucleación, tal como el benzoato de sodio para aumentar la velocidad de cristalización o cristalinidad o para mejorar la claridad óptica.

[0016] El material compuesto descrito anteriormente fue extrudido en tubos de protección con un extrusor de tornillo único Maileffer de 45 mm tornillo, un cabezal transversal modelo 4/6 de Nokia Maileffer usando un juego de tamiz de 20/40/80 mesh, y un tornillo que tiene vuelos dobles en su sección de alimentación, las barreras dobles en su sección de medición, una relación de longitud a diámetro de 20 a 1 y una relación de compresión de hasta 2 a 1. Los tubos de protección compuestos fueron extrudidos con el aparato antes descrito de acuerdo a los parámetros de procesamiento y las herramientas establecidas en la tabla 1.

TABLA 1

Velocidad de línea	30,1 metros/min
Boquilla/Distancia canales	7,5" (19,1 cm)
Temperatura masa fundida	419° F. (215° C)
Velocidad tornillo	22,0 rpm
Salida de gel	34,0 rpm
Temperatura Gel	123° F. (50,6° C)
Temperatura primer canal	48,2° F. (9,0° C)
Temperatura segundo canal	64,0° F. (17,8° C)
Diámetro salida tubo(OD)	0,120" (0,3 cm)
Diámetro entrada tubo (ID)	0,081" (0,21 cm)
Espesor de pared tubo	0,020" (0,05 cm)
Boquilla ID	0,270" (0,69 cm)
Punta OD	0,180" (0,46 cm)
Punta ID	0,180" (0,36 cm)
Aguja Gel (OD x ID)	0,100"x0,120"(0,25x0,3 cm)
Temperatura agua caliente	Agua helada
Temperatura agua fría	Agua helada
Temp. Secado resina	130° F durante más de 4 horas (54,4° C)
Temp. Extrusora Perfil	185/195/200/212/240/240° C

- 5 **[0017]** Los experimentos se llevaron a cabo para determinar los efectos de la temperatura de fusión y la velocidad de línea de proceso sobre el módulo de elasticidad a tracción de los tubos de protección resultantes. La figura 8 muestra que a medida que las velocidades de línea y la temperatura de fusión aumentan, el módulo de tracción también aumenta. La figura 8 también ilustra la diferencia del módulo de elasticidad a tracción entre un tubo de protección que no tiene refuerzo TLCP y uno que ha sido reforzado con fibrillas de TLCP esencialmente continuas (refuerzo continuo).
- 10 **[0018]** La presente invención supera muchas de las dificultades de la técnica anterior mediante la producción de una corriente de masa fundida compuesta homogénea. A diferencia de la tecnología convencional de co-extrusión, donde una corriente de masa fundida de TLCP es combinada directamente con una corriente de termoplásticos, en el método descrito anteriormente el diámetro de la fase de corriente de masa fundida de TLCP disminuye dentro de la matriz termoplástica y proporciona mejor transferencia del calor. La mejora en la transferencia de calor se puede prevenir la degradación de la masa termoplástica fundida causada por sobrecalentamiento y puede conducir a un mejor control de las dimensiones del producto final y de la microestructura. Además, al dividir la fase TLCP en fibrillas de diámetro muy pequeño, es más fácil de inducir un flujo extensional en la fase de TLCP cuyo resultado es que las fibrillas TLCP se extienden sustancialmente en dirección axial o longitudinal. Al controlar tanto la transferencia de calor como el flujo extensional como se describió anteriormente, es posible generar propiedades óptimas en la fase de TLCP del material compuesto, lo que permite la fabricación de un tubo de protección de cable de fibra óptica que tiene un alto módulo y bajo CTE y reducir al mínimo la cantidad de TLCP incorporado a la matriz termoplástica. Minimizar la cantidad de TLCP es importante ya que el costo del material TLCP suele ser varias veces la de muchos materiales convencionales de matriz termoplástica utilizada para los tubos de protección de cables de fibra óptica.
- 15 **[0019]** Además, el uso de materiales compuestos en cables de fibra óptica de telecomunicaciones, tal como se describe en este documento, ofrece varios diseños y ventajas de producto. En primer lugar, el módulo de la fase de TLCP en tubos de protección de cable de la matriz termoplástica producido por dicho proceso puede ser considerablemente aumentado en relación con los componentes hechos de materiales termoplásticos convencionales. Al mismo tiempo, el CET de tubos de protección fabricados de acuerdo con la presente invención se reducirá. Un aumento en el módulo en uno o más tubos de protección de cable puede conducir a una reducción del uso de hilos de refuerzo o de otros miembros de refuerzo y dar lugar a una fabricación completa y el ahorro de costes de materiales. Además reduciendo el CTE, la ventana de fibra en el diseño de cable puede reducirse y el cable puede ser diseñado con un diámetro de cable más pequeño puede ser diseñado para el mismo tamaño de fibra. **[0020]** Debido a que los refuerzos TLCP se pueden agregar durante el proceso de extrusión, la presente invención proporciona ventajas de procesamiento sobre la técnica anterior. Más concretamente, pueden eliminarse etapas de proceso de fabricación del cable, porque las estructuras de refuerzo se pueden extrudir directamente en los tubos de protección del cable en lugar de añadirse al cable en etapas de fabricación independientes. El método de la presente invención, descrito anteriormente, también permite la posibilidad de fabricar un cable en un proceso continuo donde la fibra y los geles de impermeabilización, cintas, hilos o partículas, están encapsuladas por una estructura protectora compuesta co-extrudida conteniendo refuerzos, como se ilustra en la figura 4. La eliminación de etapas de proceso y, por tanto, las capas en la
- 20
- 25
- 30
- 35

- 5 construcción del cable permite un acceso más fácil in situ a las fibrillas dentro de un cable durante las operaciones de corte y empalme, así como la reducción de los costes de producción. **[0021]** En la realización, un cable de extrusión de fibra óptica, tal como un tubo de protección, se puede hacer según el método descrito anteriormente utilizando un poliéster, tal como politereftalato de butileno (PBT), una poliamida, tal como nylon 6, nylon 6-6 o de nylon 12, o un homopolímero de polietileno de matriz termoplástica inyectada con el material TLCP. El homopolímero de polietileno puede ser un polietileno de alta densidad, polietileno de media densidad, polietileno de baja densidad, un polietileno lineal de baja densidad, o alguna combinación de los mismos. Como alternativa, el material de matriz puede abarcar un terpolímero de propileno, etileno, y por lo menos un monómero olefínico.
- 10 **[0022]** Aproximadamente del 0,05 al 1,0% en peso de un agente de nucleación tal como succinato de sodio, glutarato de sodio, caproato de sodio, benzoato de sodio, estearato de sodio y benzoato de potasio, se puede agregar a los materiales de la matriz termoplástica de poliolefina para aumentar la velocidad de cristalización o cristalinidad del material de la matriz como así como para mejorar la claridad óptica. Otros aditivos químicos tales como estabilizadores de ultravioleta o térmica también se puede incluir en la composición. Además, del 0 al 40% de relleno, tal como talco, carbonato de calcio, negro de carbono, mica, sílice, vidrio, caolín, o mezclas de ellos, pueden ser dispersados en la
- 15 matriz. Una exposición detallada de la incorporación de agentes nucleantes y de relleno para materiales de poliolefina para hacer tubos de protección para cables de fibra óptica se puede encontrar en la patente estadounidense N° 5574816, que se incorpora al presente documento como referencia.
- 20 **[0023]** A partir de la revelación y la serie de ejemplos precedentes, puede apreciarse que la presente invención proporciona un método de fabricación de tubos de protección para cables de fibra óptica ofrece ventajas sustanciales sobre la técnica anterior. Las realizaciones aquí divulgadas llevan a cabo el objeto de la invención, sin embargo, debe ser apreciado por los expertos en la materia que pueden hacerse variaciones de las siguientes reivindicaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tubo de protección para un cable de fibra óptica, comprendiendo dicho tubo una matriz de polímero termoplástico que tiene fibrillas de polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) dispersas en ella, teniendo dichas fibrillas un diámetro superior a 100 μm y una proporción longitud a diámetro (relación de aspecto) de, al menos, 10 a 1 (10:1).
2. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) es un polímero aromático.
3. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la matriz de polímero termoplástico es un poliolefina.
- 10 4. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la matriz de polímero termoplástico es un copolímero de polipropileno y etileno.
5. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la matriz de polímero termoplástico es un homopolímero de polipropileno.
6. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el homopolímero de polipropileno tiene una microestructura de polímeros de cadena que es isotáctica.
- 15 7. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la matriz de polímero termoplástico contiene un homopolímero de polietileno.
8. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el homopolímero de polipropileno se selecciona de entre el grupo consistente en polietileno de alta densidad, de media densidad y de baja densidad.
9. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la matriz de polímero termoplástico comprende un terpolímero de propileno, de etileno, y, al menos, un monómero olefínico.
- 20 10. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la poliolefina contiene del 0,05 al 1% en peso de un agente nucleante.
11. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el agente nucleante se selecciona de entre el grupo consistente en succinato de sodio, glutarato de sodio, caproato de sodio, benzoato de sodio, estearato de sodio y benzoato de potasio.
- 25 12. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, además incluye una material de relleno seleccionado a partir del grupo que contiene talco, carbonato de calcio, negro de carbono, mica, vidrio y caolín.
13. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el copolímero contiene del 2 al 14% en peso de monómero etileno.
- 30 14. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el copolímero contiene, al menos, el 2% en peso de monómero etileno.
15. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el copolímero contiene, al menos, el 14% en peso de monómero etileno.
- 35 16. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la matriz de polímero termoplástico es un poliéster.
17. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el poliéster es tereftalato de poli butileno (PBT).
18. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la matriz de polímero termoplástico es una poliamida selecciona de entre el grupo consistente en nylon 6, nylon 6-6 y nylon 12.
- 40 19. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las fibrillas del polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) contenidas en el mismo son de longitud esencialmente continua.
20. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que a la masa fundida compuesta, se añade un agente de compatibilidad compuesto para promover la adhesión entre el polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) y la matriz del polímero termoplástico.
- 45 21. Tubo de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las fibrillas de polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) contenidas en él se encuentran orientadas en dirección longitudinal.
22. Método para fabricar un tubo de protección para un cable de fibra óptica, comprendiendo dicho tubo una matriz de polímero termoplástico que contiene un polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) disperso en ella, comprendiendo dicho método las etapas consistentes en:
- proporcionar corriente de masa fundida de polímero termoplástico de matriz,
 - proporcionar una corriente de masa fundida de polímero termotrópico cristalino líquido (TLCP),
 - dividir la corriente de masa fundida de polímero cristalino líquido termotrópico en una pluralidad de corrientes de masa fundida de polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP),
 - inyectar la pluralidad de corrientes de masa fundida de polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) en la corriente de masa fundida de polímero termofusible de matriz para formar una corriente de masa fundida compuesta que comprende una corriente de masa fundida de polímero termoplástico de matriz que incluye una pluralidad de corrientes de masa fundida de polímero cristalino líquido termotrópico dispersas en ella;
 - extrudir la corriente de masa fundida compuesta a través de una boquilla para formar el tubo de protección;
- 60 en el que la pluralidad de corrientes de masa fundida de polímeros cristalino líquido termotrópico forma fibrillas de polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) embebidas en una matriz de polímero termoplástico, teniendo dichas fibrillas un diámetro de hasta 100 μm y una proporción longitud a diámetro (relación de aspecto) de, al menos, 10 a 1 (10:1).
- 65 23. Método de acuerdo con la reivindicación 22, en el que después de inyectar la pluralidad de corrientes de masa fundida de polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) en la corriente de masa fundida de polímero termoplástico de matriz, se lleva a cabo una etapa adicional, comprendiendo dicha etapa adicional, hacer pasar la corriente de masa

fundida compuesta a través de uno o más dispositivos de mezcla que dividen las corrientes de masa fundida de polímero cristalino líquido termotrópico (TLCP) iniciales en corrientes de masa fundida de polímero cristalino líquido termotrópico adicionales.

- 5 24. Método de acuerdo con la reivindicación 23, en el que la corriente de masa fundida compuesta se pasa a través de un suficiente número dispositivos de mezcla para dividir el patrón de flujo en una estructura fibrilar de polímero cristalino líquido termotrópico adecuadamente dispersas que tienen un diámetro microscópico de hasta 100 micrometros.
25. Método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que la etapa extrusión de la corriente de masa fundida compuesta se lleva a cabo haciendo pasar dicha corriente de masa fundida compuesta a través de un cabezal transversal que cubre las fibrillas ópticas rodeándolas con un gel de relleno con el tubo de protección.
- 10 26. Método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que la etapa de extrusión de la corriente de masas fundida compuesta se lleva a cabo haciendo pasar dicha corriente a través de una boquilla de perfil para fabricar el tubo de protección para una posterior incorporación de un cable de fibra óptica.
27. Método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que la etapa de extrusión de la corriente de masa fundida compuesta se lleva a cabo haciendo pasar dicha corriente a través de una boquilla de granulación para producir gránulos que pueden ser extrudidos en el tubo de protección.
- 15 28. Método descrito en cualquiera de las reivindicaciones 23 a 27, en el que el dispositivo de mezcla es un mezclador estático.
29. Método descrito en cualquiera de las reivindicaciones 22 a 28, en el que el tubo de protección es extrudido a través de una boquilla a una velocidad en el rango de 25 a 100 metros por minuto en un rango de temperatura de alrededor de 222 a 234° C.
- 20 30. Método descrito en cualquiera de las reivindicaciones de 22 a 29, en el que el tubo de protección a través una boquilla a una velocidad de al menos unos 50 metros por minuto en un rango de temperatura de alrededor de 222 a 234° C.

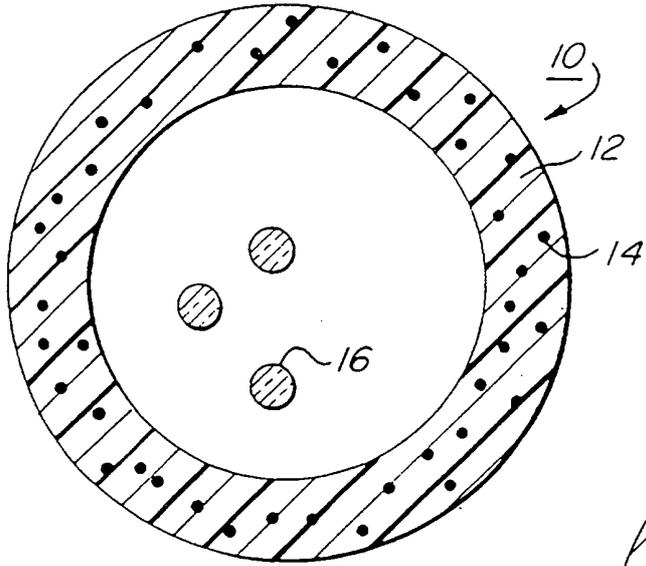


FIG. 1

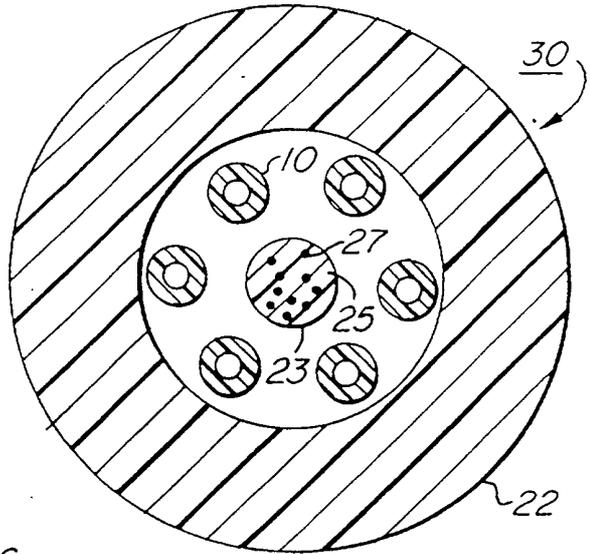


FIG. 3

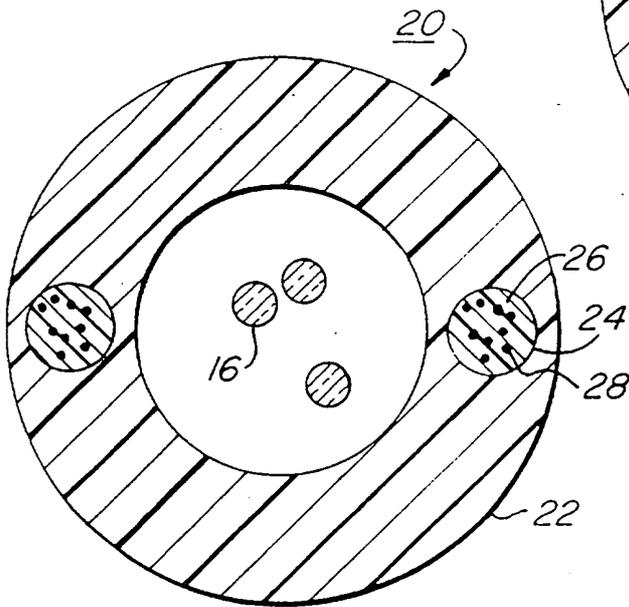


FIG. 2

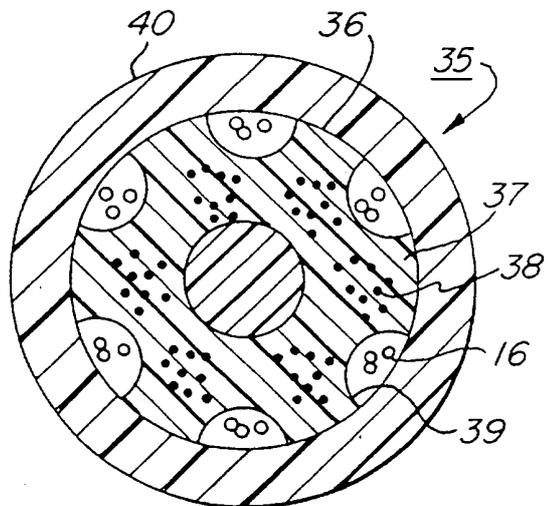


FIG. 4



FIG. 5

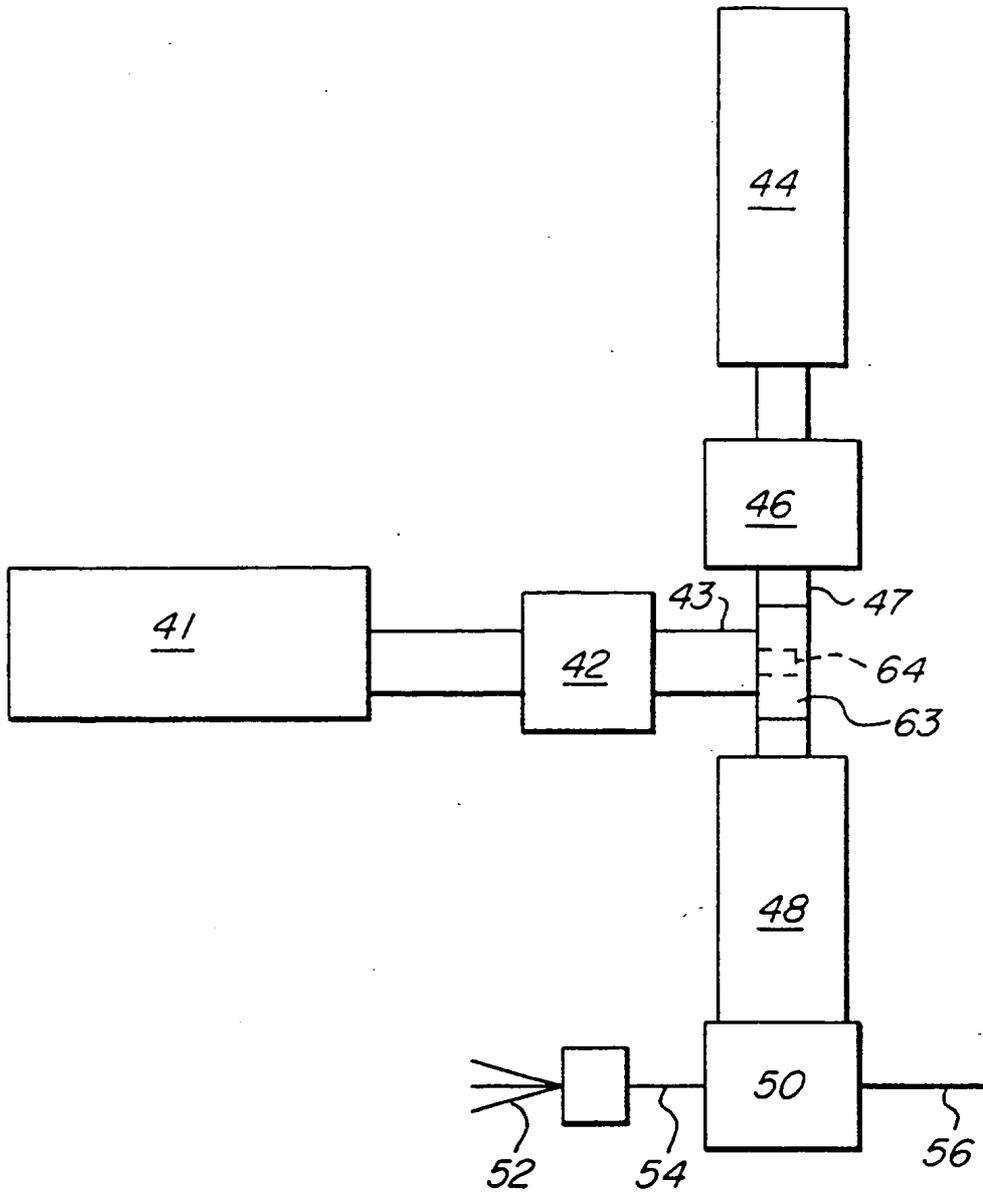


FIG. 6A

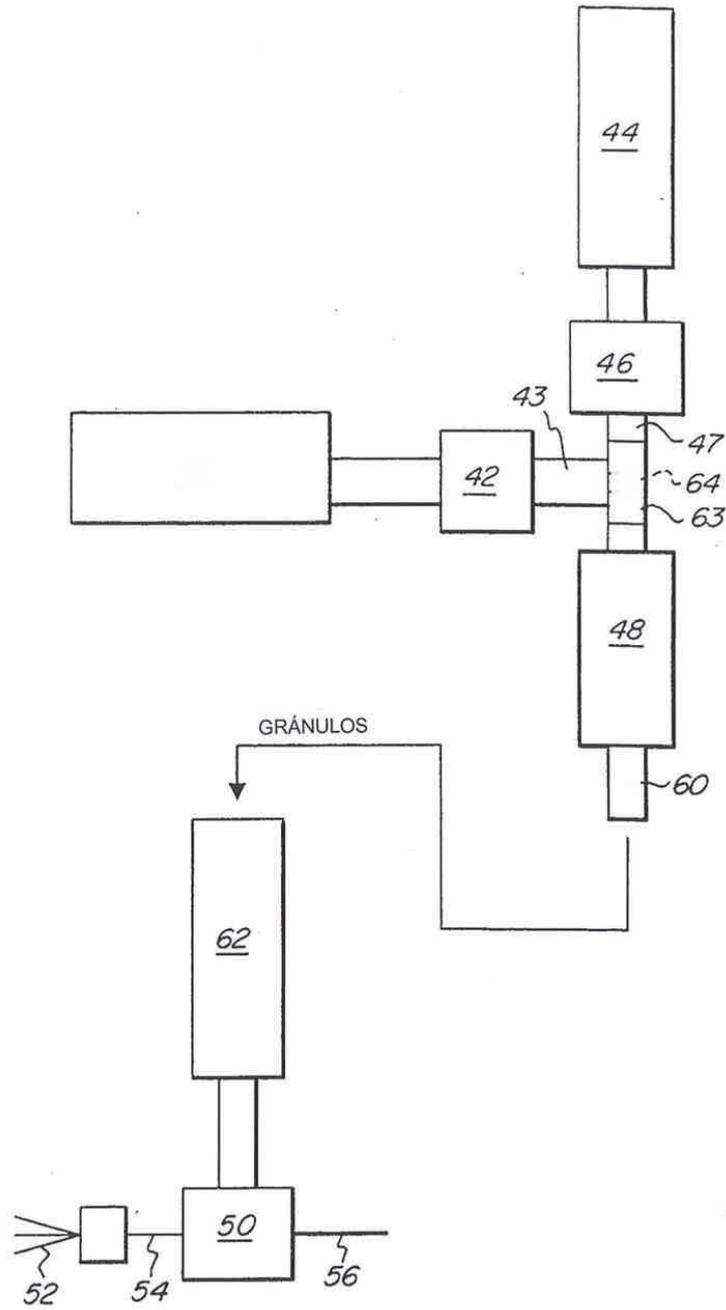
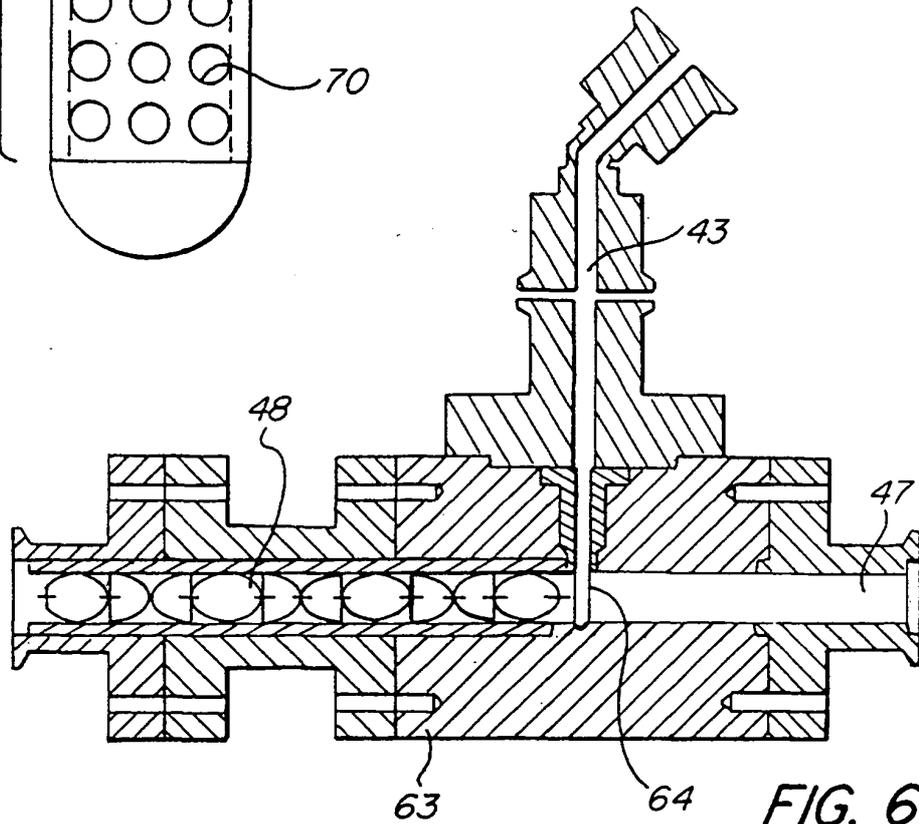
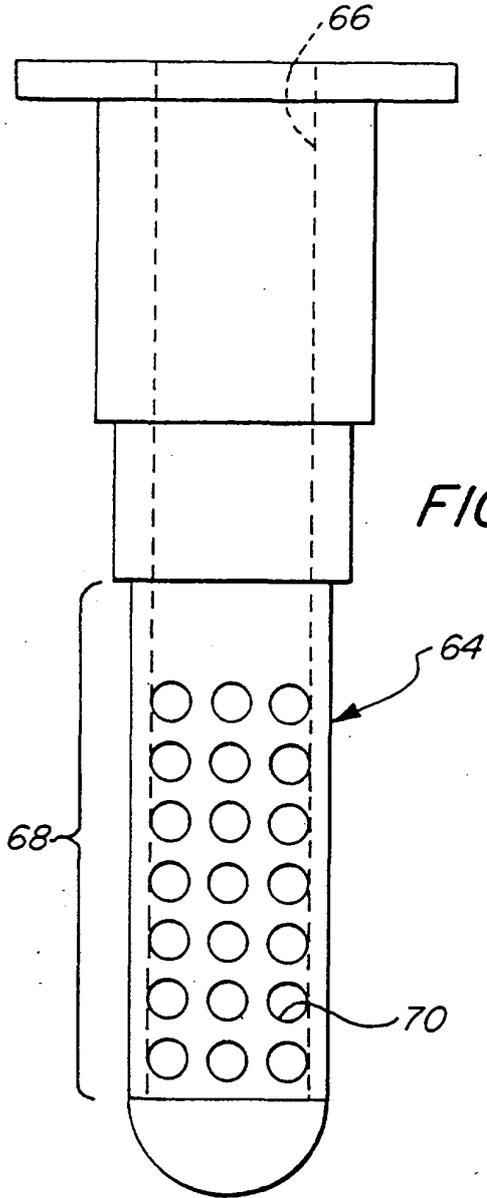


FIG. 6B



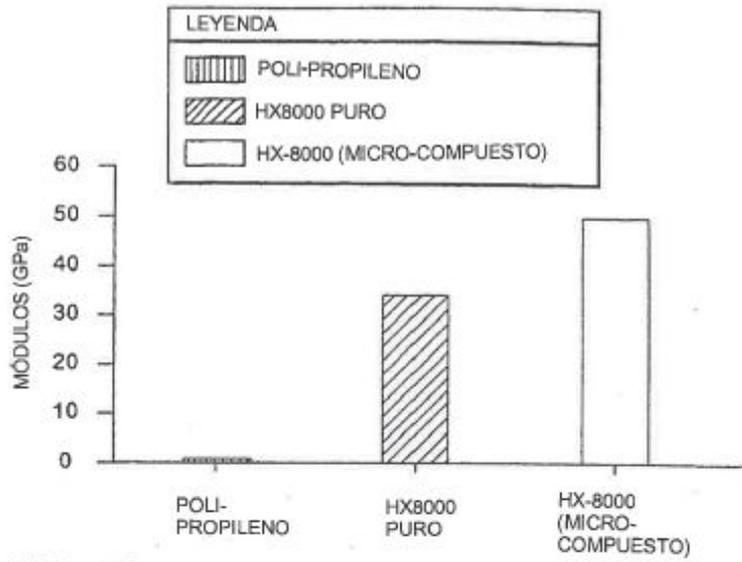


FIG. 7

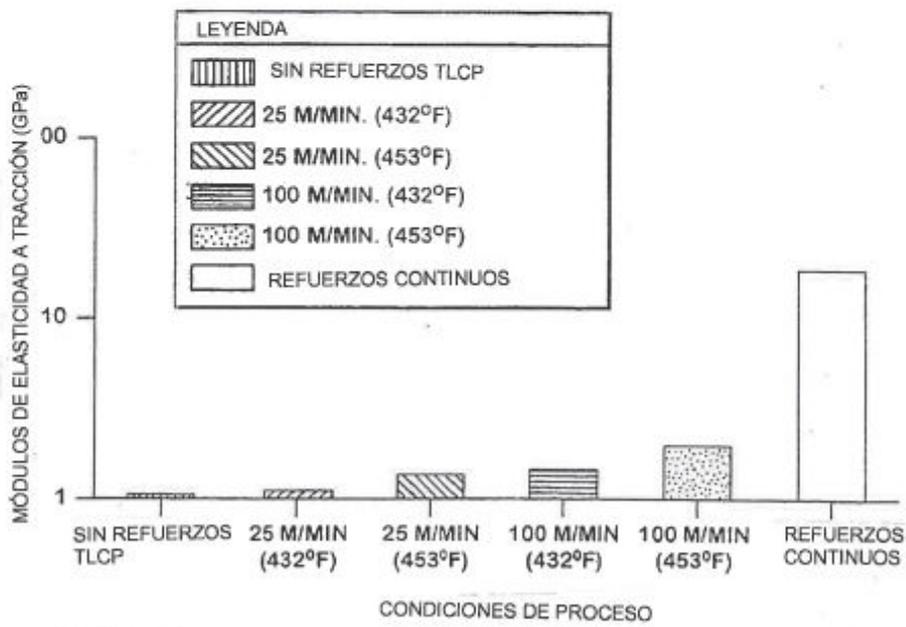


FIG. 8

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

5

Documentos de patente citados en la descripción

- US 5574816 A [0022]