



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 328 989**

51 Int. Cl.:
G02B 6/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **98401570 .1**

96 Fecha de presentación : **25.06.1998**

97 Número de publicación de la solicitud: **0890860**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.01.1999**

54 Título: **Componentes para cables de fibras ópticas a base de materiales de poliolefina.**

30 Prioridad: **10.07.1997 US 891978**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.11.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.11.2009

73 Titular/es: **Draka Comteq B.V.**
De Boelelaan 7
1083 HJ Amsterdam, NL

72 Inventor/es: **Risch, Brian G. y**
Holder, James D.

74 Agente: **Arpe Fernández, Manuel**

ES 2 328 989 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 para cables de fibras ópticas a base de materiales de poliolefina.

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un componente de un cable de fibra óptica, es decir, un tubo de protección (buffer). Más concretamente, la presente invención se refiere al tratamiento de poliolefinas termoplásticas, como los copolímeros de polipropileno-polietileno, para la fabricación de componentes de cable de fibra óptica.

10 Descripción de la técnica anterior

Los cables de fibra óptica se han utilizado desde hace años en la industria de las comunicaciones para transmitir información a largas distancias con unas elevadas tasas de transferencia. En un cable de fibra óptica, la información se transporta en forma de señales lumínicas a través de fibras de vidrio con unos diámetros del orden de $100\mu\text{m}$. Estas fibras están protegidas contra el medio ambiente y las tensiones externas por la estructura del cable.

A la hora de diseñar la estructura del cable es importante asegurarse de que las tensiones inducidas por el proceso o la construcción relativas a la fabricación del cable no interfieran en el rendimiento de la fibra óptica. La tendencia general del sector consiste en aumentar los niveles de producción para hacer frente a la demanda, y aumentar la rentabilidad aumentando la velocidad de las líneas del equipo de producción. En el caso de los componentes extrudidos, como los tubos de protección de fibra óptica, las barras de relleno, los núcleos o fundas, unas velocidades de línea más elevadas pueden aumentar las tasas de cizallamiento y provocar unas mayores tensiones residual y de orientación en el producto acabado, especialmente cuando no se utilizan materiales con una calidad óptima.

Los cables de fibra óptica pueden clasificarse de acuerdo con tres clasificaciones generales, en función de la estructura del cable: tubo suelto, monotubo y núcleo ranurado. En los cables de fibra óptica de tubo suelto, las fibras ópticas se encuentran en una pluralidad de tubos de protección de fibra óptica que suelen rellenarse con algún tipo de compuesto que impida el paso del agua, tal como un gel. Estos tubos de protección de tubo suelto se encuentran trenzados en torno a un elemento central. En los diseños de tubo suelto, además de los tubos de protección, pueden encontrarse barras de relleno en torno al elemento central, a fin de proporcionar una simetría de diseño en el caso de que el número de fibras sea inferior al de un cable completamente lleno de fibras. Estas barras de relleno pueden estar fabricadas con un polímero sólido o celular.

En un cable de fibra óptica de núcleo ranurado, las fibras ópticas residen en canales o ranuras que suelen rellenarse con un gel que impide el paso del agua. Estos canales forman una trayectoria helicoidal a lo largo del eje longitudinal del cable.

En un cable monotubo, las fibras ópticas se encuentran en un tubo central que por lo general se encuentra relleno con algún tipo de compuesto que impida el paso del agua. En todas estas estructuras, el tubo de protección o núcleo proporciona la estructura primaria de protección de las delgadas fibras ópticas que contiene su interior. Normalmente, el tubo de protección o núcleo está recubierto con una capa protectora adicional. Adicionalmente pueden insertarse hilos o fibras de refuerzo, así como materiales que impidan el paso del agua, en forma de geles o mezclas en caliente, polvo hinchable en agua, hebras o cintas y/o una armadura ondulada entre la funda y las capas interiores de cable.

En cada diseño del tubo de protección es importante seleccionar unas combinaciones de material que resulten compatibles, en términos de propiedades básicas del material y capacidad de tratamiento. Adicionalmente, debe optarse por una selección de materiales y de condiciones de procesamiento cuyo resultado sea un cable que presente una elevada resistencia a compresión y una elevada resistencia a rotura, combinado con una reducida tensión residual. También es importante seleccionar una combinación de materiales y de condiciones de procesamiento que implique unos mínimos cambios en las dimensiones, en función del tiempo y de la temperatura. Para que un material tenga un bajo coeficiente de dilatación térmica (CTE) es deseable asegurarse de que las fibras no se ponen en tensión cuando el cable tiene que soportar las temperaturas máximas y mínimas encontradas en su entorno. También resultan deseables unas condiciones de material y de procesamiento que minimicen la orientación inducida por el proceso, ya que de este modo se reducirá la relajación posterior a la extrusión, así como el encogimiento de los componentes del cable. El encogimiento posterior a la extrusión de los tubos de protección puede provocar un aumento del exceso de longitud de la fibra (una proporción entre la longitud de la fibra y la longitud real del tubo) que, a su vez, provoca un aumento en la atenuación de la fibra.

Los tubos de protección o núcleos de fibra óptica se han fabricado principalmente a base de "resinas de ingeniería", como teraftalato de polibutileno (PBT), policarbonato (PC), una poliamida, como el Nylon 12, o alguna combinación en capas de dichos materiales. Por lo general se ha optado por estos materiales a causa de su elevado módulo y su bajo CTE, comparado con otros polímeros. Estos materiales presentan desventajas en comparación con los tubos de protección basados en poliolefinas, como los tubos de protección de copolímero nucleado de polietileno-polipropileno, entre las cuales se encuentran su mayor coste, la menor flexibilidad del tubo de protección, su menor estabilidad hidrolítica y las mayores dificultades que presenta su procesamiento.

En general, las poliolefinas no se han utilizado para aplicaciones de tubo de protección a causa de una combinación de un módulo más reducido y otras propiedades físicas en comparación con las “resinas de ingeniería” descritas anteriormente. Entre estas limitaciones se incluyen un módulo inferior, una menor compatibilidad con los geles que impiden el paso del agua, y una estabilidad dimensional inferior a elevadas temperaturas. No obstante, se han utilizado los tubos de protección de poliolefina fabricados con un copolímero nucleado de polietileno y polipropileno (que incluía de un 0,1 a un 1 por ciento en peso de un agente nucleante). Véase la patente de los EE.UU. N° 5.574.816. Yang, H.M., Holder, J.D., and McNutt, C.W., “Polypropylene-polyethylene Copolymer Buffer Tubes for Optical Fiber Cables and Method for making the same”. Estos materiales han resultado muy útiles para aplicaciones de tubo de protección de fibra óptica gracias a la mejora de su módulo, de su resistencia a la compresión, de su compatibilidad con disolventes y de otras propiedades aportadas por la inclusión de un agente nucleante cristalino en la fórmula de la resina de polímero. Desde 1995, los tubos de protección de poliolefina flexible han adquirido un creciente atractivo desde el punto de vista de su aplicación e instalación, debido a la mayor facilidad de acceso al tubo de protección, a su facilidad de manipulación y a su coste relativo. Véase Adams, M., Holder, J., McNutt, C., Tatat, O., y Yang, H., “Buffer Tubes-The Next Generation”, International Wire and Cable Symposium, 44th IWCS Proceedings, 1995, 16-21. Véase igualmente Holder, J. y Power, R., Lightwave 1995. El aumento de la demanda de este tipo de materiales ha traído como consecuencia la necesidad de aumentar la capacidad de producción.

Los materiales con “calidad para extrusión” de la técnica anterior suelen caracterizarse por un bajo índice de fluidez en fusión (MFI). El índice de fluidez en fusión (MFI) de un polímero se determina midiendo la cantidad de material que fluye a través de una abertura de tamaño fijo durante un período de tiempo específico a una temperatura determinada, cuando se sitúa bajo una carga fija. El índice de fluidez en fusión (MFI) se determina de acuerdo con un Método ASTM, como D1238-57T5. Este método determina el MFI a una temperatura de 230°C, aplicándose un peso total de 2160 g, un diámetro de inyección de 0,21 cm (0,0825”) y una longitud de inyección de 0,8 cm (0,315”). Se ha determinado y comunicado una correlación entre el MFI y el peso molecular para el polipropileno de acuerdo con este método de ASTM en Frank H.P., Polypropylene, Macdonald Technical and Scientific, London, 1968, utilizándose para determinar los pesos moleculares aproximados para las muestras utilizadas en este estudio.

Por lo general, los materiales con un bajo MFI tienen un elevado grado de resistencia a fusión y una buena estabilidad dimensional del perfil extrudido, tras salir del molde de extrusión. Adicionalmente se han observado unas tendencias generales que correlacionaban un mayor peso molecular (bajo MFI) con unas mejores propiedades mecánicas de los componentes extrudidos. Por ello, los fabricantes y proveedores de componentes extrudidos para cables de fibra óptica recomiendan los materiales con un bajo MFI (materiales con un MFI < 4). Una desventaja de la utilización de materiales con un bajo MFI es que a causa de sus elevadas viscosidades de fusión estos materiales presentan dificultades de tratamiento a las elevadas tasas de cizallamiento asociadas a unas elevadas velocidades de línea. Entre las dificultades de procesamiento que pueden asociarse a estos materiales se encuentra el mayor calentamiento viscoso del polímero fundido, la orientación inducida por el proceso y las menores tasas de cristalización.

Cada proceso cuenta con unas condiciones de procesamiento que establecen los criterios correspondientes a unas propiedades óptimas del material. Dentro de un sector, la elección del material se efectúa en función de los requisitos basados en las condiciones del proceso y la utilización del producto final. El polipropileno se ha utilizado muy ampliamente en la industria textil durante mucho más tiempo que en el de la fibra óptica, y se han llevado a cabo amplias investigaciones para investigar los efectos del peso molecular (MFI) y de la distribución del peso molecular en relación con el procesamiento del polipropileno en relación con el giro de la fibra.

Spruiell y sus colaboradores han realizado un amplio trabajo de investigación de los efectos del peso molecular, la distribución del peso molecular y las condiciones de tratamiento en el procesamiento de filamentos de polipropileno. Véase Misra, S., Lu, F.M., Spruiell, J.E., y cheson, G.C., J. Appl. Polym. Sci. 1995, Vol. 56, pgs. 1761-79; Lu, F.M. y Spruiell, J.E., J. Appl. Polym. Sci. 1993, Vol. 49, pgs 623-31; Lu, F.M. y Spruiell, J.E., J. Appl. Polym. Sci. 1987, Vol. 34, pgs 1541-56; y Lu, F.M. y Spruiell, J.E., J. Appl. Polym. Sci. 1987, Vol. 34, pgs 1521-39. En estos estudios se demostró que en las condiciones de procesamiento encontradas durante el trenzado de la fibra se observaron una mayor cristalinidad, módulo y resistencia a la rotura en el caso de los polipropilenos sin nuclear, en función del descenso del MFI y del aumento del peso molecular. Esta tendencia se atribuyó a la mayor orientación molecular durante el procesamiento de un peso molecular más elevado (polipropilenos con un MFI inferior) y la posterior cristalización inducida por la tensión, lo cual se produce durante el procesamiento. Los experimentos efectuados a unas velocidades de línea y relación de arrastre superiores verificaron esta hipótesis. También se efectuaron comparaciones entre polipropilenos nucleados y no nucleados, así como entre un homopolímero de propileno y un copolímero de etileno-propileno. Véase Bodaghi, H., Spruiell, J.E., y White, J.L., Int. Polym. Process 1988, Vol. 3, pgs. 100-112. El copolímero era similar a la versión sin nuclear del material que constituye el objeto de la presente invención. A las elevadas tasas de cizallamiento que suelen asociarse a un rendimiento óptimo de la fibra de polipropileno, se demostró que el efecto de un agente nucleante sobre las propiedades de la fibra era insustancial. No obstante, con unas tasas de cizallamiento inferiores la tenacidad se reduce añadiendo un agente nucleante, aunque la cristalinidad aumenta de forma modesta. Se demostró que el efecto de la copolimerización del polipropileno con el polietileno reducía sustancialmente la cristalinidad y la tasa de cristalización.

65 Sumario de la invención

La presente invención está diseñada para superar las limitaciones encontradas durante el procesamiento de componentes de un cable de fibra óptica basados en poliolefina, y que se dan cuando se utilizan materiales con una gama

ES 2 328 989 T3

de MFI similar a la sugerida en la técnica anterior. Más concretamente, esta invención especifica una gama de valores de MFI cuya capacidad de procesamiento y sus propiedades mecánicas y químicas se han optimizado específicamente para los procesos relacionados con la fabricación de cables de fibra óptica y de componentes de cable.

5 Al especificar la gama óptima de valores de MFI en función de la velocidad de procesamiento y la tasa de cizallamiento, esta invención permite maximizar las propiedades químicas inherentes a los materiales de la técnica anterior, al mismo tiempo que se optimiza la capacidad de procesamiento y se permite aumentar las velocidades de producción de cables de fibra óptica y componentes de cable.

10 El objeto de la presente invención consiste en un componente de cable de fibra óptica, es decir, un tubo de protección monocapa, fabricado a partir de un material de poliolefina con un elevado índice de fluidez en fusión (MFI), superior a 3. Dicho material de poliolefina se selecciona a partir de un copolímero de polipropileno y etileno, un homopolímero de polipropileno, un homopolímero de polietileno y un terpolímero que incluye monómeros de propileno y etileno, que contiene de un 0,05 a un 1,0 por ciento en peso de un agente nucleante disperso en ellos. El MFI puede estar también situado en la gama de 4 a 10.

15 De acuerdo con una primera realización, el material de poliolefina es un copolímero de propileno y etileno. En una variante, el copolímero contiene aproximadamente de un 2 a un 14% en peso de monómero de etileno. En otra variante, el copolímero contiene menos de aproximadamente un 2% en peso de monómero de etileno. En otra variante, el copolímero contiene más de aproximadamente un 14% en peso de monómero de etileno. Por ejemplo, el componente del cable de fibra óptica, es decir, un tubo de protección monocapa, puede obtenerse a partir de un copolímero de propileno y etileno con un MFI situado en torno a una gama variable de 3 a 10, y que tenga aproximadamente de un 0,05 a un 1 por ciento en peso de un agente nucleante disperso en él.

20 De acuerdo con una segunda realización, el material de poliolefina es un homopolímero de polipropileno. El homopolímero de polipropileno puede tener una microestructura de cadena polimérica predominantemente isotáctica.

25 De acuerdo con una tercera realización, el material de poliolefina es un homopolímero de polipropileno. El homopolímero puede seleccionarse entre el grupo consistente en polietileno de alta densidad, polietileno de densidad media, polietileno de baja densidad y LLDPE.

30 De acuerdo con una cuarta realización, el material de poliolefina es un terpolímero que incluye monómeros de propileno y etileno.

35 El material de poliolefina contiene aproximadamente de un 0,05 a un 1 por ciento en peso de un agente nucleante.

40 En una primera variante, el agente nucleante disperso en el material de poliolefina se selecciona del grupo consistente en una sal de un ácido alifático monobásico, una sal de un ácido alifático dibásico y una sal de un ácido arilalquil. El agente nucleante también se selecciona del grupo consistente en succinato sódico, glutarato sódico y caproato sódico.

45 En una segunda variante, el agente nucleante disperso en el material de poliolefina se selecciona a partir del grupo consistente en una sal de metal alcalino de un ácido aromático carboxílico, una sal de aluminio de un ácido aromático carboxílico, una sal de metal alcalino de un ácido alicíclico carboxílico y una sal de aluminio de un ácido alicíclico carboxílico. El agente nucleante se selecciona a partir del grupo consistente en benzoato sódico, estearato sódico y benzoato potásico.

50 El componente puede espumarse mediante la utilización de un agente soplador (de expansión) químico. El material de poliolefina puede reforzarse mediante un relleno seleccionado a partir del grupo consistente en talco, carbonato cálcico, negro de carbón, mica, sílice y caolín.

55 El componente de cable de fibra óptica de acuerdo con la presente invención consiste en un tubo de protección monocapa.

60 El método descrito en la presente solicitud puede utilizarse para fabricar componentes de cable de fibra óptica de poliolefina con una mayor fuerza y resistencia a la compresión, un menor encogimiento una menor orientación inducida por el proceso, una mayor cristalinidad y una mayor resistencia a los disolventes, combinado con una mayor capacidad de procesamiento. De acuerdo con este método, se fabrica un componente de cable de fibra óptica a partir de una poliolefina caracterizada por un MFI seleccionado en una gama óptica que suele ser superior a la especificada para los materiales con "calidad de extrusión" por los fabricantes de polímeros. Más concretamente, se ha determinado que la gama óptima del índice MFI ha de ser mayor que 3 y menor que 24. Los materiales con un MFI superior más elevado están especificados para adaptarse mejor al procesamiento con unas tasas de cizallamiento y unas velocidades de línea más elevadas.

65 El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un componente de cable de fibra óptica a base de poliolefina, con una mayor fuerza y resistencia a la compresión, un menor encogimiento, una menor orientación inducida por el proceso, una mayor cristalinidad y una mayor resistencia a los disolventes, combinado con una mayor capaci-

dad de procesamiento. La invención se describirá en mayor detalle en la siguiente descripción detallada y mediante ejemplos, acompañados de las siguientes figuras.

Breve descripción de las figuras

5

Las figuras, que no están dibujadas a escala, incluyen:

- La figura 1 es un gráfico de la relación entre la tasa de cizallamiento y la velocidad de línea del tubo de protección para tubos de fibra óptica de 0,3 cm (0,118");

10

- La figura 2 es un gráfico de la relación de encogimiento al cabo de 10 minutos, a 165°C para tubos de protección en función del MFI y la velocidad de línea para tubos de protección de 0,3 cm (0,118");

15

- La figura 3 es un gráfico de cristalinidad en función del MFI para tubos de protección de 0,3 cm (0,118") de copolímero de polietileno-propileno procesados a 100 m/min;

- La figura 4 es un gráfico de la relación de resistencia a la compresión para tubos de protección de 0,3 cm (0,118") de copolímero de polietileno-propileno en función del MFI y de la velocidad de línea;

20

- La figura 5 es un gráfico de la relación de absorción del gel para impedir el paso del agua en función del MFI;

- La figura 6 es un corte en perspectiva de un típico cable de fibra óptica monotubo con un tubo de protección fabricado de acuerdo con la presente invención;

25

- La figura 7 es un corte en perspectiva en el que se muestra un cable de fibra óptica que contiene una pluralidad de tubos de protección fabricados de acuerdo con la presente invención, para fibras ópticas enrolladas en torno a un elemento estructural central con una configuración helicoidal inversa oscilante y una funda protectora exterior; y

30

- La figura 8 es un corte en perspectiva en el que se muestra un cable de fibra óptica que contiene un núcleo ranurado fabricado de acuerdo con la presente invención, que contiene una pluralidad de ranuras helicoidales inversas.

Descripción detallada de la presente invención

35

De acuerdo con la presente invención, se utilizan materiales de poliolefina con un elevado índice de fluidez en fusión para la fabricación de componentes de cables de fibra óptica en forma de tubos de protección monocapa. Los materiales de poliolefina pueden ser polietileno, polipropileno, un copolímero de propileno y etileno o un terpolímero que incluye propileno y etileno. Este material de poliolefina puede también contener rellenos orgánicos o inorgánicos, como talco, carbonato cálcico o negro de carbón. Este material para componentes de cables de fibra óptica de poliolefina puede también contener aditivos químicos tales como estabilizadores, plastificantes o colorantes para modificar y

40

mejorar en otra forma las propiedades. De acuerdo con la presente invención, pueden obtenerse componentes de cable de fibra óptica de poliolefina en forma de tubos de protección monocapa con unas mejores propiedades de procesamiento, químicas y mecánicas, mediante extrusión efectuada utilizando cualquier proceso de extrusión bien conocido, utilizando poliolefinas con un

45

elevado índice de fluidez en fusión, cuyo Índice de fluidez en fusión (MFI) sea superior a 3. Más concretamente, las características de procesamiento y las propiedades mecánicas de estos materiales de cable de fibra óptica de poliolefina resultan más estables durante el procesamiento a unas velocidades de línea superiores a 50 m/min con unos materiales cuyo MFI sea superior a 3. Adicionalmente, se ha demostrado que el aumento del MFI de la poliolefina a unos niveles situados en torno a 24 provoca un aumento de la capacidad de procesamiento para unas velocidades de línea superiores

50

a 150 m/min, pero no provoca ningún aumento adicional en la cristalinidad inicial. Una realización de la invención actual utiliza un material adecuado para su extrusión en componentes de cable de fibra óptica. El material incluye un copolímero de etileno-polipropileno con un MFI situado entre 3 y 24, con

55

aproximadamente de un 2 a un 30 por ciento en peso de unidades de etileno en la estructura química. Asimismo se incluye de un 0,05 a un 1,0 por ciento en peso de un agente nucleante como benzoato sódico en este material, a fin de incrementar la tasa de cristalización o la cristalinidad, o para aumentar la claridad óptica.

Otra realización de la actual invención consiste en un segundo material adecuado para la formación de componentes de cable de fibra óptica por extrusión. Este material incluye un homopolímero de polietileno con un MFI situado entre

60

3 y 24. Igualmente, se añade aproximadamente entre un 0,05 y un 1,0 por ciento en peso de un agente nucleante, como el benzoato de sodio, para aumentar la tasa de cristalización o la cristalinidad de este material, así como para aumentar la claridad óptica. Otros aditivos químicos, como los estabilizadores ultravioletas o térmicos, también pueden entrar a formar parte de la composición. Adicionalmente también puede dispersarse de un 0 a un 40 por ciento de material.

65

Otras realizaciones de la presente invención pueden incluir copolímeros o terpolímeros de poliolefina no explícitamente descritos anteriormente o cualquier combinación de dichos materiales, en términos de una aleación o mezcla de polímeros que cuenta con propiedades reológicas y que puede caracterizarse por un MFI situado entre 3 y 24.

ES 2 328 989 T3

Más concretamente, en un primer ejemplo, se utilizó un calorímetro de barrido diferencial TA 910 (DSC) fabricado por T.A. Instruments, Inc. para los experimentos de cristalización y para determinar las temperaturas de fusión de los copolímeros de polipropileno-etileno utilizados para la fabricación de tubos de protección de fibra óptica y barras de relleno. El DSC estaba equipado con un autoenfriador. La temperatura pico del exotermo de cristalización durante el enfriamiento T_c^{max} , se determinó enfriando el polímero de la mezcla a 10°C/min después de equilibrarse a 230°C durante 4 minutos. Los picos de cristalización situados a unas elevadas temperaturas, y con menores subenfriamientos, indican una cristalización más rápida. El área situada bajo el pico de cristalización constituye la temperatura de cristalización. La temperatura de cristalización es proporcional al nivel de cristalinidad desarrollado por el material.

Se utilizó el método de la Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC) para determinar las tasas de cristalización mediante experimentos T_c^{max} . Los datos se resumen en la tabla 1.

FI	¿Nucleado?	T_c^{max} (° C)	Tiempo hasta el pico de cristalización
(MFI=0,5)	Sí (0,3%)	129,9° C	601s
(MFI=2,5)	Sí (0,3%)	134,5° C	573s
(MFI=5,9)	Sí (0,3%)	135,2° C	569s
(MFI=24)	Sí (0,3%)	135,5° C	567s
(MFI=1,8)	Sí (aprox. 0,8%)	121,9° C	649s
(MFI=3,8)	Sí (0,8%)	125,6° C	626s
(MFI=1,8)	No	105,6° C	746s
(MFI=3,8)	No	113,9° C	697s

Los resultados de los experimentos de cristalización indican que la adición de un agente nucleante aumenta la tasa de cristalización. El material sin nuclear con el MFI más bajo presentaba el comportamiento de cristalización más lento. Al comparar otros materiales nucleados y sin nuclear con un MFI = 3,8 se observó un descenso en el tiempo de cristalización de 71 segundos. En el caso de otros materiales que de lo contrario serían idénticos, se demostró que el aumento del MFI aumentaba las tasas de cristalización si se mantenía constante el contenido de agente nucleante; no obstante, el efecto de variación del contenido de agente nucleante desde 0,08% a 0,30%, manteniendo en los mismos niveles el contenido de etileno y el peso molecular aumentó la tasa de cristalización. Independientemente de la presencia o ausencia de agente nucleante, un aumento del MFI por encima del intervalo entre 0 y 2, normalmente conocido como material con "grado de extrusión" por los proveedores de polímeros, tuvo como resultado un incremento de las tasas de cristalización. Por lo general, una mayor tasa de cristalización permite conseguir con mayor rapidez la estabilidad dimensional y unas mejores propiedades mecánicas. Adicionalmente unas mayores tasas de cristalización tienen como resultado un mejor control de la longitud de la fibra en los tupos buffer de fibra óptica. En los siguientes ejemplos se explicarán en mayor profundidad estas relaciones para las aplicaciones de componentes de cable de fibra óptica.

En un segundo ejemplo, se extrudieron tubos de protección con un diámetro de tubo de 0,3 cm (0,118") y con un espesor de pared de 0,058 cm (0,023") en un extrusor de tornillo sencillo Nokia-Maileffer de 45mm, un cabezal 4/6 modelo Nokia-Maileffer, con una malla de dimensiones 20/40/80 y un tornillo de doble vuelo en su sección de alimentación, dobles barreras en su sección de medición y una relación longitud/diámetro de 25:1, así como una tasa de compresión de 2 a 1.

En la figura 1 se muestra el trazado de la relación tasa de cizallamiento/velocidad de línea para los tubos de protección de 0,3 cm (0,118") producidos. Estos cálculos se han efectuado en función de un diámetro interior de troquel de 0,95 cm (0,375"), un diámetro exterior de la punta de 0,48 cm (0,190"), un diámetro inferior del tubo de 0,18 cm (0,072"), una relación de reducción de sección (Draw Down ratio, DDR) = 11,96, y un balance de relación de extracción (Draw Ratio Balance, DRB) = 1,20. Pueden utilizarse las siguientes ecuaciones especificadas en Michaeli, W., Extrusion Dies for Plastic and Rubber: Design and Engineering Computations, Hanser, New York, 1992, para predecir las tasas de cizallamiento para hendiduras de inyección circulares:

$$\dot{\gamma} = \pi \frac{\bar{v}_z}{\bar{R}} \quad \text{where } \bar{R} = \left[1 + k^2 + \frac{1 - k^2}{\ln(k)} \right]^{1/2}; k = \frac{R_i}{R_o} \quad)$$

Donde $\dot{\gamma}$ es la tasa de cizallamiento media, R_o es el diámetro interior de la estampadora de inyección, R_i es el diámetro exterior de la punta, y \bar{v}_z es la velocidad media a través de la estampadora, que puede calcularse a través de la pérdida de presión a través de la estampadora, la viscosidad del material y la configuración geométrica de la

ES 2 328 989 T3

estampadora o, en nuestro caso, y de forma mucho más sencilla, mediante la velocidad de línea y DDR:

$$\bar{v}_z = \text{linespeed} \div \frac{A_{\text{Dic}}}{A_{\text{Tube}}} \equiv \frac{\text{linespeed}}{\text{DDR}} \quad (2)$$

Los tubos de protección se fabricaron mediante copolímeros de propileno-etileno nucleados con un MFI variable en la línea de extrusión descrita anteriormente a unas velocidades de línea variables entre 25 m/min a 150 m/min a fin de determinar los efectos de la velocidad de línea y la correspondiente tasa de cizallamiento sobre las propiedades de los tubos de protección resultantes.

Se sabe que unas tasas de cizallamiento más elevadas inducen una orientación molecular durante el procesamiento de los polímeros, especialmente aquellos con unos mayores pesos moleculares, y un MF más bajo. La utilización de materiales con un menor peso molecular puede aportar ventajas en términos de reducción de la orientación molecular en componentes de cable de fibra óptica. El nivel de orientación molecular mantenido en los tubos de protección de fibra óptica puede determinarse mediante un experimento de contracción, que mide el encogimiento del tubo de protección a una elevada temperatura. A dicha elevada temperatura, la orientación molecular bloqueada durante el procesamiento se relaja y se produce un encogimiento del tubo de protección. Se han llevado a cabo experimentos de contracción en tubos de protección cortados a una longitud de 25 cm. Antes de llevar a cabo el ensayo se retiraron las fibras del interior de los tubos. Se realizaron los experimentos en un horno equilibrado a 165°C, una temperatura en la que se maximiza el efecto del encogimiento y los tubos no estaban lo suficientemente calientes como para fundirse. Los tubos se colocaron en planchas revestidas de Teflón para que el encogimiento no se viese alterado por efecto de la fricción. Se dejó que todas las muestras se enfriasen a temperatura ambiente antes de registrar las dimensiones posteriores al encogimiento. El encogimiento registrado fue el cambio en la dimensión longitudinal del tubo tras un calentamiento de 10 minutos a 165°C. A esta temperatura, se produjo todo el encogimiento mensurable en los diez primeros minutos del ensayo. Los resultados de los experimentos de encogimiento realizados en el tubo de protección se resumen en la figura 2. De acuerdo con los datos presentados en la figura 2, es evidente que la utilización de materiales con un MFI más elevado tiene como resultado una reducción de la orientación inducida por el proceso, especialmente a unas elevadas velocidades de línea.

La figura 3 muestra la cristalinidad de los tubos de protección de copolímero de polipropileno-etileno nucleado determinados por densidad, aproximadamente al cabo de una semana después de la extrusión, para unos materiales con unos valores de MFI variables. Como se ve claramente al observar la figura 3, los materiales con un MFI más elevado se caracterizaban por un desarrollo más rápido de un nivel de cristalinidad más elevado. Estos resultados están en línea con los resultados del DSC, que también indicaban una cristalización más rápida. Las temperaturas de fusión medidas por el DSC, y que son proporcionales al nivel de cristalinidad también eran más elevadas con un MFI más alto. Manteniendo constante el MFI, las muestras que contenían un agente nucleante también mostraban un nivel de cristalinidad más elevado.

La resistencia al aplastamiento del tubo de protección y del cable se determinó utilizando un comprobador mecánico Instron modelo 4468, equipado con una jaula de compresión que aplastaba los tubos entre dos placas paralelas de 10 cm (4"). Los tubos para la prueba de resistencia al aplastamiento se cortaron en longitudes de 18 cm (7") antes del ensayo. Se utilizó una velocidad de cabezal de 0,13 cm/min (0.05 pulgadas/min). La figura 4 muestra la carga de compresión obtenida para tubos de protección producidos a diferentes velocidades de línea y con diferentes valores de MFI. Los resultados que se muestran en la figura 4 combinados con los resultados mostrados en las figuras 2 y 3 indican que la mayor cristalinidad y el menor nivel de orientación molecular en la dirección de la máquina, derivados de la utilización de un copolímero de polipropileno de impacto con un elevado MFI tenían como resultado un importante aumento de la resistencia a la compresión del tubo de protección.

Otra importante propiedad material de las aplicaciones de cable de fibra óptica es su resistencia a los disolventes. Los mayores niveles de cristalinidad suelen asociarse a una mayor resistencia a los disolventes de los materiales poliméricos. La compatibilidad con el gel se determinó midiendo la captura de masa, o hinchazón de las muestras sumergidas en un gel de bloqueo del agua para cables a 85°C. Los resultados de las pruebas de compatibilidad del gel se muestran en función del MFI en la figura 5. A partir de los resultados, es evidente que la compatibilidad del gel aumenta enormemente seleccionando un material con un MFI más elevado. La mejora en la compatibilidad del gel se atribuye al aumento de la cristalinidad para los materiales con un mayor MFI.

La ventaja de utilizar materiales con un MFI elevado para la técnica de producción de cable a alta velocidad no se limita a aplicaciones de tubo de protección de fibra óptica. Pueden conseguirse ventajas similares a las mostradas en las figuras 1 a 5 utilizando materiales de poliolefina con un elevado MFI en la producción de otros componentes para cables, tales como fundas o barras de relleno. Las barras de relleno se fabricaron en una línea de extrusión similar a la descrita anteriormente. Estas barras de relleno se produjeron a una velocidad de línea de 600 m/min y se espumaron al 89% de la densidad a granel de las pellas de los materiales de partida añadiendo un agente soplador químico a base de Azodicarbonamida. Los materiales de base de poliolefina consistían en Polietileno de Alta Densidad (HDPE) con un MFI determinado de acuerdo con ASTM-1238-90b de 0,78 g/10 min y un copolímero de etileno polipropileno modificado por impacto (i-PP) con un MFI=3,76 determinado de acuerdo con ASTM D1238-90b. Teniendo en cuenta

ES 2 328 989 T3

que los métodos ASTM descritos anteriormente exigen diferentes temperaturas de medición, 190°C para el HDPE y 230°C para el polipropileno, el MFI para el HDPE también se midió a 230°C. A 230°C se determinó que el MFI correspondiente a la muestra de HDPE era de 1,39 g/10 min. En ambos casos, se determinó que el MFI correspondiente a la muestra de HDPE era sustancialmente inferior al de la muestra de i-PP. En la tabla 2 se resumen los datos correspondientes a las características de estas barras de relleno. Los datos de la figura 2 muestran que se obtuvo una densidad relativa de 0,888 para el material con el MFI más elevado, añadiendo 59 g/Km (0,13 lb/km) de agente soplador, en comparación con el valor de 0,900 correspondiente al material HDPE con un MFI=0,78 y añadiendo 11,8 g/km (0,26 lb/km) de agente soplador químico. A partir de estos datos resulta evidente que la elección del material con un MFI inferior permite un uso más efectivo del agente soplador químico.

TABLA 2

Características de las Barras de Poliolefina espumada

Material Base y MFI	Agente soplador químico	Densidad Inicial	Densidad Final	Densidad relativa
HDPE (0,78 g/10 min).	118 g/km (0,26 lb/km)	0,946 g/cc	0,851 g/cc	0,900
i-PP (3,76 g/10 min.)	59 g/Km (0,131b/km)	0,905 g/cc	0,804 g/cc	0,888

En la tabla 3 se resumen las propiedades mecánicas de las barras de relleno extrudidas. La resistencia a la rotura y la elongación del tubo de protección se determinaron utilizando un comprobador mecánico Instron modelo 4468. Se utilizó una longitud de calibre de 8,9 cm (3,5), con una velocidad de avance del cabezal de 3,6 cm/min (1,4 in/minuto). Para todas las muestras con el copolímero de propileno y etileno con un MFI más elevado, el comprobador mecánico llegó a su límite de extensión antes de que se rompiera la muestra. Los datos procedentes de las tablas 2 y 3 demuestran que la elección de poliolefinas con un bajo índice de fluidez en fusión para las barras de relleno de los cables de fibra óptica tiene como resultado un uso más eficaz del polímero base y del agente soplador, así como otras mejoras de las propiedades mecánicas.

TABLA 3

Propiedades mecánicas de las Barras de Poliolefina espumada

Material Base y MFI	Densidad	Resistencia al aplastamiento	Elongación hasta rotura	Resistencia a la rotura
HDPE (0,78 g/10 min).	0,851 g/cc	270 Kg (600 lbs)	300 %	11 Kg (25 lbs)
i-PP (3,76 g/10 min.)	0,804 g/cc	320 Kg (700 lbs)	> 530 %	15 Kg (34 lbs)

La fiabilidad de los componentes del cable a lo largo de períodos de tiempo prolongados y en unas condiciones medioambientales extremas es un factor muy importante a la hora de seleccionar materiales para aplicaciones de fibra óptica. A este respecto, es deseable que los componentes del cable se sometan a un mínimo encogimiento a lo largo de la vida útil de un cable o durante su comprobación. La especificación Bellcore GR-20 describe diversos requisitos de comprobación de cables de fibra óptica y componentes de cable. Entre los requisitos recogidos en Bellcore GR-20 se encuentra una prueba de envejecimiento por calor realizado a 85°C durante una semana. La tabla 4 muestra la contracción posterior a la extrusión medida en muestras de 18" para barras de relleno durante una prueba de envejecimiento acelerado a 85°C durante 1 semana. Es evidente, con los datos de contracción, que la utilización del material con el MFI más bajo y la consiguiente reducción de la orientación inducida por el procesamiento conlleva una importante reducción del encogimiento posterior a la extrusión.

ES 2 328 989 T3

TABLA 4

Encogimiento posterior a la extrusión durante la prueba de envejecimiento a 85°C

Material Base y MFI	Encogimiento 48 horas	Encogimiento 120 horas	Encogimiento 168 horas
HDPE (0,78 g/10 min).	1,30%	1,39%	1,4%
i-PP (3,76 g/10 min.)	0,77%	0,87%	0,9%

Gracias a las mayores tasas de cristalización y al menor encogimiento post-extrusión demostrados en los ejemplos recogidos en esta descripción, es posible conseguir un mejor control del exceso de longitud de fibra en tubos de protección de fibra óptica, así como de las estructuras de los cables. Un mayor control sobre el exceso de longitud de fibra en tubos de protección de fibra óptica, y en las estructuras de los cables constituye una importante ventaja de los materiales con el mayor nivel de MFI descritos en este documento con respecto a los materiales de cable de la técnica anterior.

Haciendo referencia a la figura 6, en ella se muestra un cable de fibra óptica monotubo, indicado generalmente con el número 10, y que incorpora la presente invención. Esta estructura de cable 10 cuenta con un tubo de protección o núcleo 12 relleno de gel constituido por un material de poliolefina con un MFI más elevado, de acuerdo con la presente invención. El gel del tubo de protección es un gel tiorópico, bloqueable por agua, como los geles minerales o los geles de petróleo. El tubo de protección relleno de gel 12 contiene una pluralidad de fibras ópticas 14. Las hebras de resistencia radial 16 compuestas de aramida, polietileno, poliéster o fibra de vidrio están trenzadas a contra-hélice en torno al tubo de protección 12, e impregnadas con un compuesto de relleno, como un compuesto de relleno fungible en caliente con base de petróleo. Al menos un 50% de la superficie exterior del tubo de protección 12 se encuentra cubierto por las hebras de refuerzo radial 16. Puede aplicarse una armadura de acero ondulado 18 a las hebras de refuerzo radial 16, y la armadura de acero ondulado 18 se cubre con un compuesto de inundación bloqueable por agua, como el compuesto de relleno fungible en caliente y de base de petróleo fabricado por Witco Corporation, New York, N.Y. o Amoco Chemical Company, Chicago, o un compuesto de impregnación a base de petróleo. Alternativamente, pueden utilizarse hebras o cintas hinchables por agua para el bloqueo del agua. Se aplica un cordón de rasgado de alta resistencia bajo la armadura 18 para ayudar a eliminar el revestimiento. Dos elementos de refuerzo 22 se encuentran situados a una distancia de 180 grados en la parte exterior de la armadura ondulado 18. Los elementos de refuerzo 22 pueden fabricarse en acero o plástico reforzado con fibra. Una funda exterior 24 encapsula los elementos de refuerzo 22 y la armadura ondulado 18 para completar la estructura. La funda exterior 24 puede estar hecha a base de un material de poliolefina con un MFI más elevado. El compuesto de impregnación bloqueable por agua 19 se sitúa entre la armadura ondulado 18 y la funda exterior 24. Pueden utilizarse hebras o cintas hinchables por agua para sustituir el compuesto de impregnación, si así se desea.

La presente invención también puede aplicarse a cables de fibra óptica de tubo suelto con tubos de protección monocapa. La figura 7 muestra un cable de fibra óptica de tubo suelto en trenzado helicoidal 102. El cable 102 mostrado en la figura 7 incluye por lo general un elemento de refuerzo central 104 rodeado por una pluralidad de tubos de protección 106 a 112 y una barra de relleno 114. Cada uno de los tubos de protección 106-112 pueden albergar fibras ópticas sueltas 116 o cintas de fibra óptica y cada uno de los tubos de protección 106-112 puede estar formado por una sola capa de material o por múltiples capas de material. El cable 102 incluye también una armadura 118, y una funda protectora exterior 120, entre otras cosas. Los tubos de protección 106-112 y la barra de relleno 116, por ejemplo, están fabricados con material de poliolefina con un elevado MFI de acuerdo con la presente invención. En las alternativas en las que se utilizan tubos de protección de capas múltiples, al menos una de las capas del buffer de capas múltiples está fabricada a partir del material de poliolefina con un elevado MFI como se utiliza en la presente invención.

Además de las aplicaciones que anteceden, el material utilizado en la presente invención puede aplicarse a cables de fibra óptica del tipo de núcleo ranurado. Haciendo referencia a la figura 8, en ella se muestra un cable de fibra óptica de núcleo ranurado típico 202. El cable 202 incluye un elemento de refuerzo central 204 rodeado por un elemento de núcleo ranurado 206. El elemento de núcleo ranurado 206 contiene una pluralidad de surcos helicoidales o ranuras 208. Las ranuras 208 proporcionan unas guías protectoras para los cables ópticos 210 que se sitúan en las ranuras libres de tensión. El elemento de núcleo ranurado 206 está fabricado a partir de un material de poliolefina con un elevado MFI como se utiliza en la presente invención.

Aquellas personas versadas en la materia observarán que los materiales con un elevado MFI también pueden presentar ventajas cuando se utilizan con diseños o estructuras de cable no explícitamente mencionados en esta descripción. A partir de la descripción que antecede y de una serie de ejemplos puede apreciarse que el método para la fabricación de componentes de cable de fibra óptica ofrece sustanciales ventajas con respecto a la técnica anterior. Para las velocidades de línea estudiadas, que incluyen velocidades de 25 a 150 m/min., los materiales con un MFI

situado entre 4 y 6 y superiores ofrecieron la mejor combinación de procesamiento y propiedades físicas, pero para velocidades de línea superiores, los materiales con un MFI más elevado pueden resultar óptimos. En comparación con los componentes de cable fabricados utilizando unos materiales con un bajo índice de fluidez en fusión, que suele ser común en la industria de la extrusión, la elección de un material a base de poliolefina con un índice de fluidez en fusión más elevado con un MFI situado en torno a 3 o superior, proporciona ventajas en términos de propiedades físicas y de procesamiento al producto final. Estas ventajas incluyen, sin limitación, la reducción del calentamiento viscoso durante la extrusión, una mayor producción de extrusión, una mayor velocidad de línea, una cristalización más rápida, una mayor cristalinidad final, una mayor resistencia a los disolventes y compatibilidad con geles, una mayor resistencia a la compresión y un menor encogimiento posterior a la extrusión.

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.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 5574816 A [0009]

Bibliografía de patentes citada en la descripción

• Adams, M.; Holder, J.; McNutt, C.; Tatat, O.; Yang, H. Buffer Tubes-The Next Generation. *International Wire and Cable Symposium*, 44th IWCS Proceedings, 1995, 16-21 [0009]

• Misra, S.; Lu, F.M.; Spruiell, J.E.; Richeson, G.C. *J. Appl. Polym. Sci.*, 1995, vol. 56, 1761-79 [0013]

• Lu, F.M.; Spruiell, J.E. *J. Appl. Polym. Sci.*, 1993, vol. 49, 623-31 [0013]

• Lu, F.M.; Spruiell, J.E. *J. Appl. Polym. Sci.*, 1987, vol. 34, 1541-56 [0013]

• Lu, F.M.; Spruiell, J.E. *J. Appl. Polym. Sci.*, 1987, vol. 34, 1521-39 [0013]

• Bodaghi, H.; Spruiell, J.E.; White, J.L. *Int. Polym. Process*, 1988, vol. 3, 100-112 [0013].

ES 2 328 989 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Componente para cable de fibra óptica donde dicho componente es en un tubo de protección monocapa fabricado a partir de un material de poliolefina en el que el material a base de poliolefina contiene un agente nucleante, teniendo dicho material de poliolefina un índice de fluidez en fusión (MFI) superior a 3 y conteniendo de un 0,05% a un 1% en peso de un agente nucleante, en el que dicho material a base de poliolefina se selecciona del grupo consistente en un copolímero de propileno y etileno, un homopolímero de polipropileno, un homopolímero de polietileno y un terpolímero que incluye monómeros de propileno y etileno.

10 2. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que el MFI se encuentra en un margen entre 4 y 10.

15 3. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que dicho material a base de poliolefina es un homopolímero de polipropileno con una microestructura de cadena de polímero que es predominantemente isotáctica.

20 4. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que dicho material a base de poliolefina es un homopolímero de polietileno seleccionado del grupo consistente en polietileno de alta densidad, polietileno de densidad media, polietileno de baja densidad y LLDPE.

25 5. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que el agente nucleante disperso en el material de poliolefina se selecciona del grupo consistente en una sal de un ácido alifático monobásico, una sal de un ácido alifático dibásico y una sal de un ácido arilalquilo.

30 6. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 5, en el que el agente nucleante se selecciona del grupo consistente en succinato sódico, glutarato sódico y caproato sódico.

35 7. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que el agente nucleante disperso en el material de poliolefina se selecciona del grupo consistente en una sal de un metal alcalino de un ácido aromático carboxílico, una sal de aluminio de un ácido aromático carboxílico, una sal de un metal alcalino de un ácido alicíclico carboxílico y una sal de aluminio de un ácido alicíclico carboxílico.

40 8. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 7, en el que el agente nucleante se selecciona también del grupo consistente en benzoato sódico, estearato sódico y benzoato potásico.

45 9. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que el componente es espumado mediante utilización de un agente soplador químico.

50 10. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que el material está reforzado mediante un relleno seleccionado en el grupo consistente en talco, carbonato cálcico, negro de carbón, mica, sílice y caolín.

55 11. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que dicho material de poliolefina es un copolímero de propileno y etileno que contiene aproximadamente de un 2 a un 14% en peso de monómero de etileno.

60 12. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que dicho material de poliolefina es un copolímero de propileno y etileno que contiene menos de un 2% en peso de monómero de etileno.

65 13. Componente para cable de fibra óptica descrito en la reivindicación 1, en el que dicho material de poliolefina es un copolímero de propileno y etileno que contiene aproximadamente más de un 14% en peso de monómero de etileno.

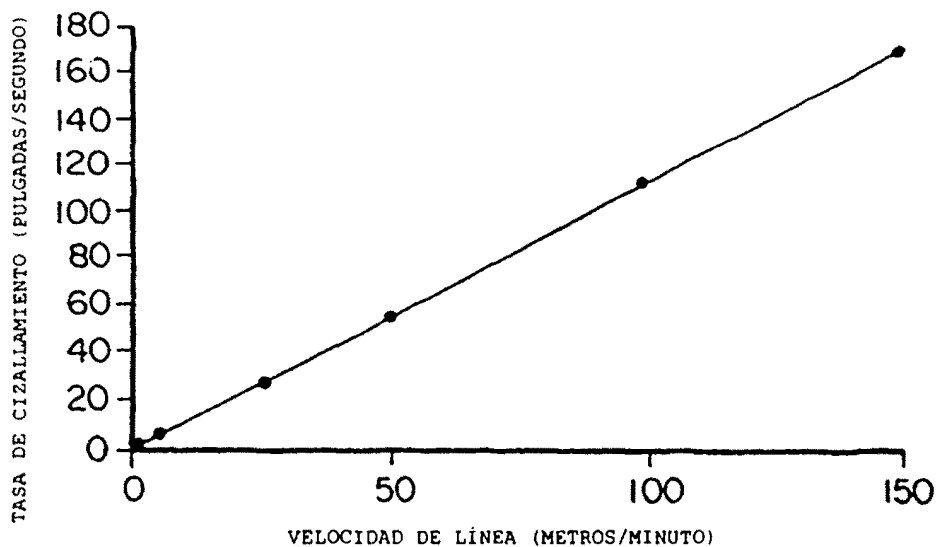


FIG. 1

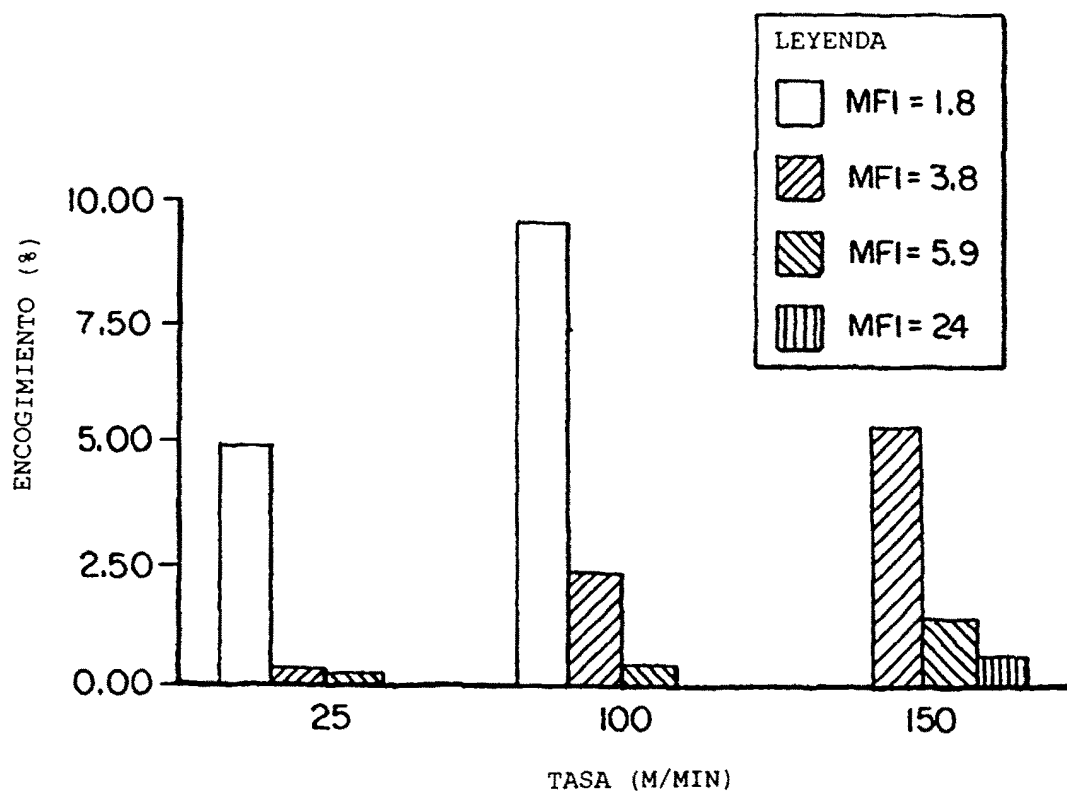


FIG. 2

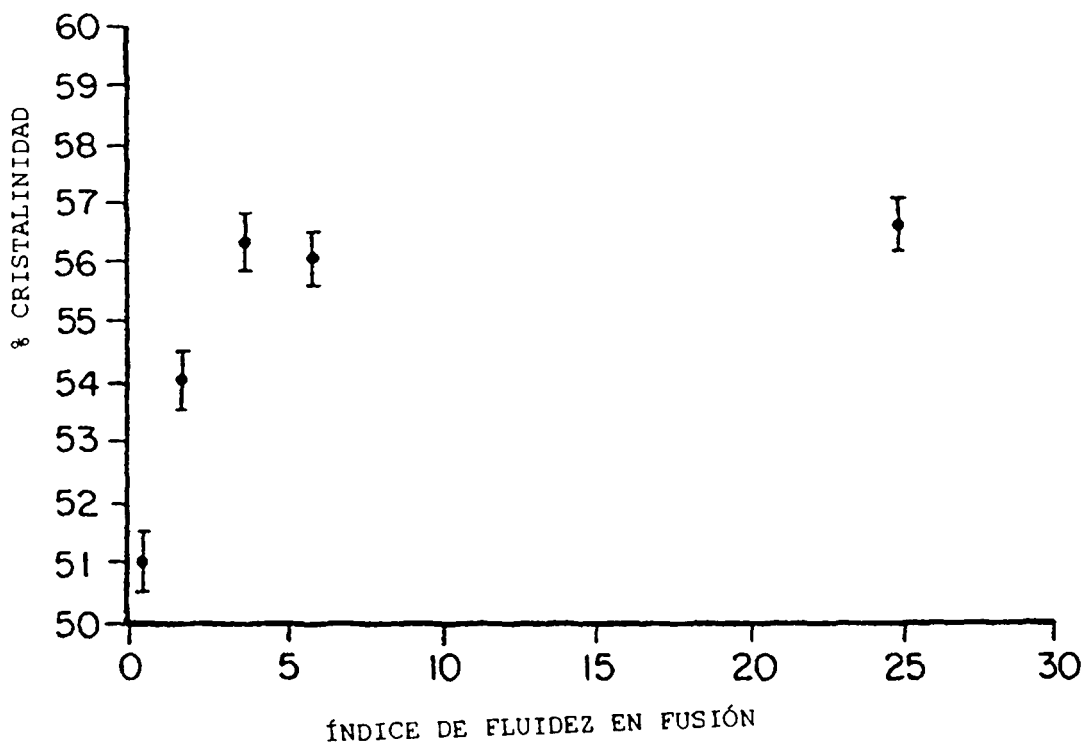


FIG. 3

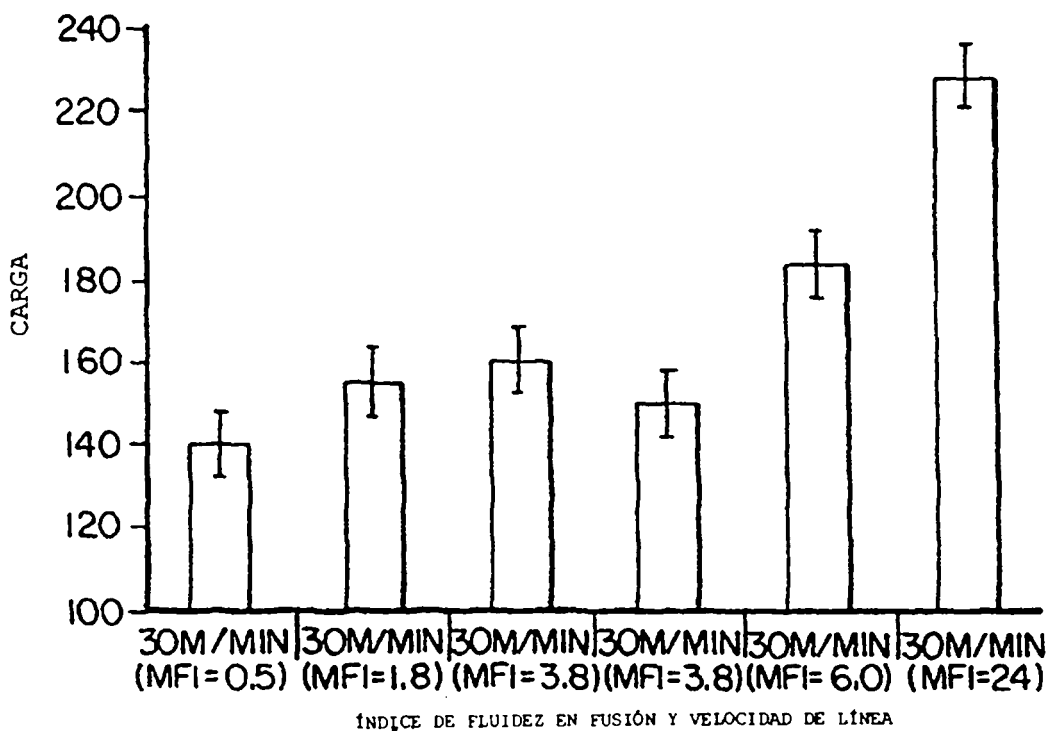


FIG. 4

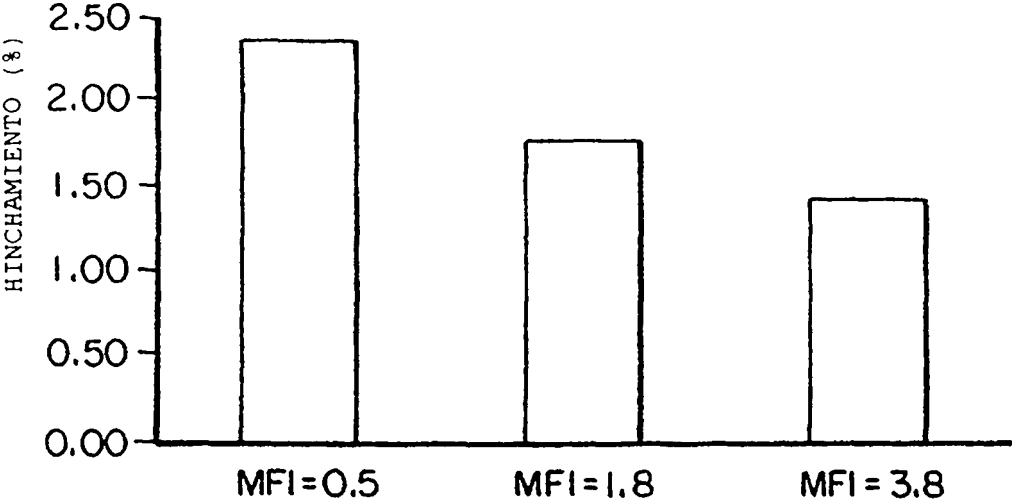


FIG. 5

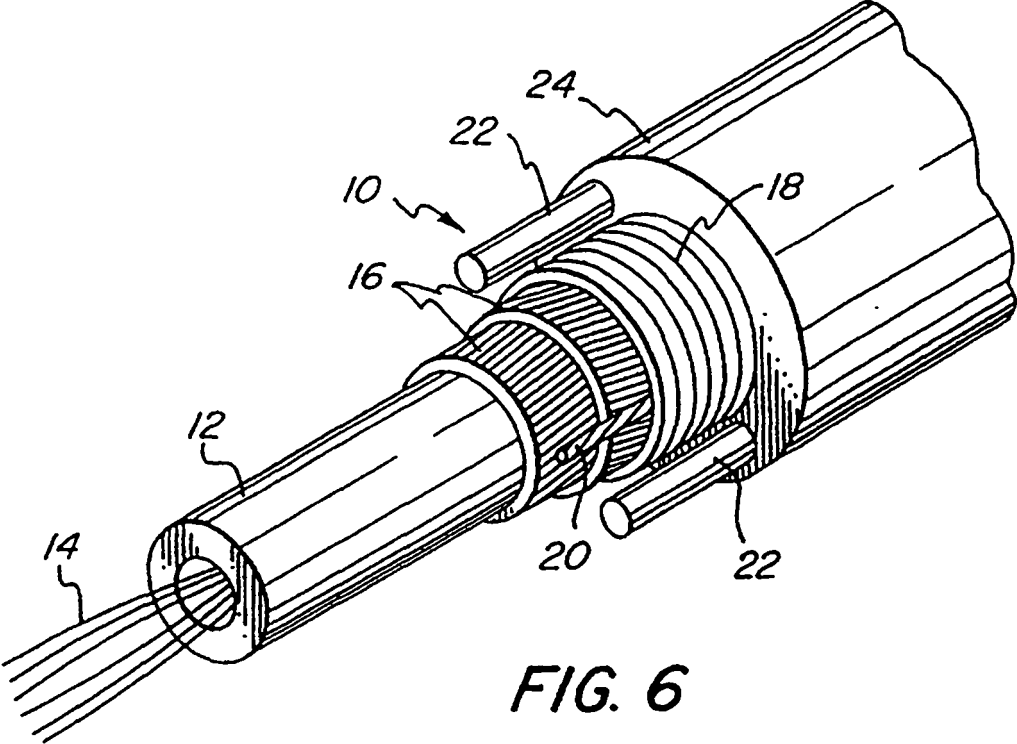


FIG. 6

