(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 600 739**

(51) Int. Cl.:

C08J 9/00 (2006.01)
C08J 9/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2005** **E 05028435 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016** **EP 1801146**

(54) Título: **Espuma de polipropileno reforzada con fibra**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.02.2017

(73) Titular/es:

BOREALIS TECHNOLOGY OY (100.0%)
P.O. Box 330
06101 Porvoo, FI

(72) Inventor/es:

ANKER, MARTIN;
HAGSTRAND, PER-OLA y
STADLBAUER, MANFRED

(74) Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 600 739 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

Espuma de polipropileno reforzada con fibra

La presente invención se refiere a una composición de polipropileno espumado reforzado con fibra con propiedades mecánicas y aislantes del calor mejoradas, a la utilización de dicha composición para la producción de una capa aislante, en particular, una capa aislante de una tubería de acero, y a un artículo, en particular una tubería de acero, que comprende la composición.

Para los sistemas de materiales de revestimiento de tuberías de acero utilizadas para aplicaciones en alta mar en aguas profundas, es esencial una combinación de baja conductividad térmica y buenas propiedades mecánicas. Para este fin, se conoce la utilización de polipropileno espumado tal como se describe en, por ejemplo, el documento WO 02/07969. Sin embargo, a fin de mantener la presión hidrostática especialmente a altas profundidades, la espuma debe tener excelentes propiedades mecánicas y, por lo tanto, se necesitan espumas relativamente densas. Como resultado, la conductividad térmica llega a ser relativamente alta y, en consecuencia, se necesitan capas aislantes gruesas.

Por lo tanto, es deseable dar a conocer una espuma que, al mismo tiempo, tenga propiedades mecánicas mejoradas y, también, una conductividad térmica disminuida, de modo que se pueda reducir el grosor de una capa aislante o que el aislamiento se pueda utilizar a profundidades superiores.

El concepto de reforzar las espumas poliméricas con fibras se conoce, por ejemplo, por el documento EP 432 997. En este documento, se describen materiales espumados, tales como poliestireno y polifenoles, que están reforzados por fibras de material compuesto.

Sin embargo, hasta ahora se desconocía cómo la incorporación de fibras afectaría especialmente al aislamiento térmico y las propiedades espumantes de una composición de polipropileno que está especialmente diseñada para su utilización como una capa aislante, en particular para una tubería de acero.

La patente de EE.UU. N.º 4.205.583 da a conocer una espuma estructural que se utiliza en un teclado que tiene una densidad mayor que 320 kg/m^3 y que contiene fibras de vidrio en una cantidad del 10 al 15% en peso.

Sorprendentemente, se ha descubierto ahora que la incorporación de fibras de vidrio en una composición de polipropileno espumado no solo conduce a propiedades mecánicas mejoradas de la espuma, sino que al mismo tiempo proporciona a la espuma mejores propiedades de aislamiento térmico, tales como una disminución de la conductividad térmica.

En consecuencia, la presente invención da a conocer una composición de polipropileno espumado que comprende un homopolímero y/o copolímero de propileno y fibras vidrio, en la que

(i) la composición tiene una densidad de 50 a 950 kg/m^3.
(ii) El módulo de tracción $tm_{(\text{dirección de la extrusión})}$ medido conforme a la norma ISO 527 en la dirección de la extrusión y el valor k medido conforme a la norma ASTM C-177 satisfacen la relación:

$$tm_{(\text{dirección de la extrusión})}\,[\text{MPa}]/k\,[\text{W/mK}] \geq 9.000\ \text{MPa}\cdot\text{mK/W},$$

y

(iii) las fibras de vidrio están presentes en una cantidad del 1 al 30% en peso de la composición total.

Las espumas según la presente invención tienen una combinación de propiedades mecánicas mejoradas, en particular un módulo de tracción mejorado tanto en la dirección de extrusión como transversal a la extrusión, y propiedades térmicas mejoradas, en particular un valor k disminuido indicativo de una conductividad térmica más baja, en comparación con una espuma sin fibras de vidrio con la misma densidad.

Por lo tanto, es posible construir tuberías de acero con una capa aislante que comprende la composición espumada, según la presente invención, que puede instalarse a profundidades superiores, es decir, a una presión hidrostática mayor, o reducir el grosor de la capa de aislamiento y, por lo tanto, ahorrar costes y peso.

El valor k indica una conductividad térmica eficaz del material, es decir, lo bien que un material conducirá (transferirá) el calor y, por lo tanto, para las propiedades aislantes, se desean valores k lo más bajos posibles.

Preferentemente, el módulo de tracción $tm_{(\text{dirección de la extrusión})}$ medido conforme a la norma ISO 527 en la dirección de la extrusión y el valor k medido conforme a la norma ASTM C-177 satisfacen la relación:

$$tm_{(\text{dirección de la extrusión})}\,[\text{MPa}]/k\,[\text{W/mK}] \geq 10.000\ \text{MPa}\cdot\text{mK/W},$$

más preferentemente satisfacen la relación:

$tm_{(dirección\ de\ la\ extrusión)}$ [MPa]/k [W/mK] ≥ 11.000 MPa·mK/W,

y, de la forma más preferente, satisfacen la relación:

$tm_{(dirección\ de\ la\ extrusión)}$ [MPa]/k [W/mK] ≥ 13.000 MPa·mK/W,

Normalmente, para la relación $tm_{(dirección\ de\ la\ extrusión)}$ [MPa]/k [W/mK] se pueden obtener valores de hasta 20.000 MPa·mK/W e incluso hasta 25.000 MPa·mK/W con la composición de polipropileno, según la presente invención.

Adicionalmente, de forma preferente, el módulo de tracción $tm_{(transversal)}$ medido conforme a la norma ISO 527 en la dirección transversal a la extrusión y el valor k medido conforme a la norma ASTM C-177 satisfacen la relación:

$tm_{(transversal)}$ [MPa]/k [W/mK] ≥ 6.000 MPa·mK/W,

más preferentemente satisfacen la relación:

$tm_{(transversal)}$ [MPa]/k [W/mK] ≥ 6.500 MPa·mK/W,

y, de la forma más preferente, satisfacen la relación:

$tm_{(transversal)}$ [MPa]/k [W/mK] ≥ 7.000 MPa·mK/W,

Normalmente, para la relación $tm_{(transversal)}$ [MPa]/k [W/mK] se pueden obtener valores de hasta 15.000 MPa·mK/W e incluso hasta 20.000 MPa·mK/W con la composición de polipropileno, según la presente invención.

Adicionalmente, de forma preferente, la composición espumada tiene un valor k de menos de 0,25 W/mK. Normalmente, el valor k es 0,01 W/mK o mayor.

Adicionalmente, la composición espumada tiene, preferentemente, un $tm_{(dirección\ de\ la\ extrusión)}$ en la dirección de la extrusión de, como mínimo, 50 MPa. Normalmente, el $tm_{(dirección\ de\ la\ extrusión)}$ en la dirección de la extrusión es de 4.000 MPa o menor.

En la composición de polipropileno espumado, según la presente invención, la longitud promedio de las fibras de vidrio es, preferentemente, de entre 0,2 y 50 mm, más preferentemente es de entre 0,5 y 25 mm, todavía más preferentemente está entre 1,0 y 20 mm, y, de la forma más preferente, es de 1,0 a 10 mm.

Las fibras de vidrio se pueden cortar a la longitud apropiada y después añadirse a la composición en una etapa de mezcla antes de espumar la composición.

Como alternativa y preferentemente, las fibras de vidrio se pueden añadir a la composición en forma de una mezcla maestra, en la que las fibras de vidrio están presentes en una matriz polimérica, preferentemente de polipropileno, a una concentración alta. En una mezcla maestra de este tipo, las fibras de vidrio pueden tener, inicialmente, una longitud mayor, según sea necesario en la composición final, y la longitud de las fibras de vidrio se puede ajustar cortando la mezcla maestra en trozos con las dimensiones apropiadas.

Tales mezclas maestras están, por ejemplo, disponibles en el mercado. Una mezcla maestra que se puede utilizar es Nepol GB415HP, disponible en Borealis A/S, Dinamarca. Contiene el 42% en peso de fibras de vidrio. El polipropileno se impregna con las fibras de vidrio, se conforma, se enfría y, posteriormente, se corta en varillas de, preferentemente, aproximadamente de 1 a 10 mm. Dicha mezcla maestra Nepol preparada se puede dosificar a través de la tolva del extrusor de fabricación de espuma. Sin embargo, cualquier otra fibra de vidrio o mezcla maestra de fibra de vidrio también se puede utilizar para este propósito.

En la composición de polipropileno espumado, las fibras de vidrio están presentes en una cantidad del 1 al 30% en peso, más preferentemente del 2 al 25% en peso, todavía más preferentemente del 5 al 20% en peso y, todavía más preferentemente, del 6 al 15% en peso de la composición total.

En una realización preferente, en la composición de polipropileno espumado, el homopolímero y/o copolímero de propileno comprende un componente (A) que es un homopolímero o copolímero de polipropileno de resistencia en fundido alta, preferentemente un homopolímero de propileno de cadena larga y que muestra un comportamiento de endurecimiento por deformación.

Un polímero de polipropileno que muestra un comportamiento de endurecimiento por deformación se define como aquel que tiene una resistencia mejorada con una fuerza de arrastre > 15 cN y una capacidad de estiramiento mejorada con una velocidad de estiramiento vertical descendente > 150 mm/s.

Tales polímeros de propileno se pueden obtener mediante la modificación de un copolímero de propileno homopolímero y/o copolímero por una serie de procesos, tales como el tratamiento del polímero de propileno sin modificar con agentes formadores de radicales de descomposición térmica y/o por tratamiento con radiación ionizante, en los que ambos tratamientos pueden, opcionalmente, estar acompañados o seguidos de un tratamiento con monómeros insaturados bifuncionalmente o multifuncionalmente, por ejemplo, butadieno, isopreno, dimetilbutadieno o divinilbenceno. En particular, se hace referencia a los documentos EP 787 750 y WO 02/07969 y las referencias citadas en los mismos, en las que se da a conocer la producción de polímeros de propileno que muestran un comportamiento de endurecimiento por deformación.

Adicionalmente, en la composición de polipropileno espumado, preferentemente, el homopolímero y/o copolímero de propileno comprende un componente (B) que es un homopolímero y/o copolímero con una resistencia alta al impacto, en particular es un copolímero de bloque de etileno y propileno con un contenido de etileno de hasta el 10% en peso.

Los polímeros de propileno preferentes para el componente (B) se dan a conocer en, por ejemplo, el documento WO 02/38621.

En una realización particularmente preferente, en la composición de polipropileno espumado, el homopolímero y/o copolímero de propileno comprende

(A) del 5 al 80% en peso de un homopolímero y/o copolímero de propileno que muestra comportamiento de endurecimiento por deformación, y
(B) del 20 al 95% en peso de un homopolímero y/o copolímero de propileno que tiene una resistencia al impacto con entalla de Charpy a 23ºC medida conforme a la norma ISO 179/1eA de 25 kJ/m^2 o superior.

Además, preferentemente, como mínimo, uno de los componentes (A) y (B) tienen un módulo de tracción medido conforme a la norma ISO 527 de 1.500 MPa o superior.

Preferentemente, el componente (A) tiene un MFR_2 de 0,05 a 10 g/10 min.

Adicionalmente, de forma preferente, el componente (A) tiene un MFR_2 de 0,05 a 20 g/10 min.

El componente (B) tiene, preferentemente, una resistencia al impacto con entalla de Charpy a -20°C medida conforme a la norma ISO 179/1 eA de 1 kJ/m^2 o superior.

Adicionalmente preferente, en la composición de polipropileno espumado que comprende los componentes (A) y (B), el componente (B) es un homopolímero con un índice de estereoespecificidad > 98% y un MFR_2 de 0,05 a 10 g/10min y/o un copolímero del 99,9 al 80% en peso de propileno y del 0,1 al 20% en peso de etileno o una alfa-olefina con de 4 a 18 átomos de carbono con un índice de estereoespecifidad de > 96% y un MFR_2 de 0,05 a 10 g/10 min.

Dichas composiciones de polipropileno que comprende los componentes (A) y (B) se dan a conocer en, por ejemplo, el documento WO 02/07969.

Preferentemente, la composición espumada de la presente invención tiene una resistencia al impacto con entalla de Charpy (23ºC) de 5 kJ/m^2 o más, todavía de forma más preferente de 7 kJ/m^2 o más y, de la forma más preferente, de 10 kJ/m^2 o más.

Además, preferentemente, la composición espumada tiene una resistencia al impacto con entalla de Charpy (-20ºC) de 3 kJ/m^2 o más, más preferentemente de 5 kJ/m^2 o más.

El propileno espumado además de los componentes (A) y (B), puede comprender, adicionalmente, aditivos en cantidades habituales, normalmente no más del 30% en peso.

En particular, la composición puede comprender del 0,01 al 2,5% en peso de un estabilizante, del 0,01 al 1% en peso de un agente de procesamiento, del 0,1 al 1% en peso de un antiestático, del 0,2 al 0,3% en peso de un pigmento y hasta un 20% en peso de una carga.

En una realización preferente, la composición de polipropileno espumado comprende del 0,1 al 5% en peso, de forma más preferente del 0,1 al 2,5% en peso de un agente alfa-nucleante.

Preferentemente, como agente nucleante de celdas se utiliza una mezcla maestra comercial (por ejemplo, Hydrocerol CF40, fabricado por Clariant). Sin embargo, se puede utilizar cualquier agente nucleante de celdas de espuma conocido en la bibliografía (por ejemplo, talco, tiza, nanocargas, etc.) para tal fin.

Preferentemente, la composición espumada tiene una densidad de 20 a 900 kg/m^3, más preferentemente de 100 a 900 kg/m^3, todavía más preferentemente de 150 a 850 kg/m^3.

Si la composición de polipropileno espumado es para utilizar como capa aislante de una tubería de múltiples capas, tal como una tubería de acero revestida con poliolefina con una capa interior de acero, una capa de polipropileno espumado intermedia y una capa sin espumar exterior, la densidad preferente de la composición espumada es de 250 a 850 kg/m^3, de forma más preferente es de 300 a 850 kg/m^3 y, de la forma más preferente, es de 300 a 750 kg/m^3.

La composición de polipropileno espumado también se puede utilizar para, por ejemplo, tuberías de varias capas con una capa de polímero sólida interior y exterior. Preferentemente, la densidad de la composición de polipropileno espumado cuando se utiliza para la producción de una tubería de múltiples capas con una capa de polímero sólido interior y exterior es de 150 a 700 kg/m^3, de forma más preferente de 250 a 600 kg/m^3.

Para espumar la composición de polipropileno, según la presente invención, se puede utilizar cualquier agente espumante físico o químico.

Por ejemplo, como agente espumante físico (PBA), se puede utilizar, preferentemente, dióxido de carbono. Sin embargo, también se pueden utilizar otros agentes espumantes, tales como, por ejemplo, nitrógeno, butano, pentano o agua.

Un agente espumante químico se define como una sustancia química que se descompone o reacciona por la influencia de calor. En los procesos de formación de espuma de gas directo también se pueden utilizar “agentes espumantes químicos” como "agentes nucleantes" para producir estructuras celulares uniformes y finas.

Como agente espumante químico (CBA) para el propósito de la presente invención se pueden utilizar, por ejemplo, Hydrocerol CF70 disponible en el mercado, fabricado por Clariant, Alemania. Hydrocerol CF70 es una mezcla maestra con agente químico espumante y nucleante para resinas termoplásticas, que contiene los componentes eficaces en una cantidad del 70% en peso. En condiciones de extrusión de polipropileno libera dióxido de carbono, que actúa como agente espumante. Sin embargo, también para este fin se puede utilizar cualquier otro agente espumante químico.

La presente invención se refiere, además, a la utilización de la composición de polipropileno espumado tal como se ha descrito anteriormente para la producción de una capa aislante térmica, en particular para la producción de una capa aislante térmica de una tubería, especialmente una tubería de acero revestida.

Aún más, la presente invención se refiere a un artículo que comprende la composición de polipropileno espumado tal como se ha descrito anteriormente, en particular a una tubería de acero revestida de múltiples capas.

Las tuberías de acero revestidas de múltiples capas normalmente comprenden una capa interior de acero, una capa intermedia de una composición de poliolefina espumada, en particular, que comprende la composición de polipropileno espumado, según la presente invención, una capa de polímero sin espumar exterior.

Preferentemente, para una buena adherencia interlaminar entre la tubería de acero y la capa de polipropileno espumado, se utiliza una tubería de acero revestida con resina epoxi y se aplica una capa compatibilizante entre la tubería de acero revestida con resina epoxi y la capa de polipropileno espumado, por lo que la capa compatibilizante comprende copolímeros de propileno o copolímeros de injerto de propileno, ambos con ácidos carbónicos y/o anhídridos carbónicos insaturados etilénicamente unidos químicamente, en particular ácido acrílico, ácido metacrílico, y/o anhídrido maleico.

Por ejemplo, una tubería de acero revestida de múltiples capas de este tipo se puede producir mediante tecnología de tuberías de acero con extrusión/rotación o por tecnología de revestimiento de tuberías con matriz de calibre.

Preferentemente, en la producción de una tubería de acero revestida, la composición antes de la espumación contiene hasta 12% en peso de un agente espumante químico.

En la producción de la tubería de acero revestida de espuma de poliolefina mediante tecnología de tubería de acero por extrusión/rotación, la tubería de acero precalentada que está opcionalmente revestida con una capa de resina epoxi, se mantiene en rotación y se recubre por fusión sucesivamente mediante extrusoras de revestimiento independientes que tienen moldes de película planos con capas de, opcionalmente, un agente compatibilizante, la mezcla de polímero de propileno espumante y la capa de cobertura de polímero sin espumar.

En la producción de la tubería de acero revestida de espuma de poliolefina mediante tecnología de revestimiento de tuberías con matriz de calibre, es preferente utilizar una cruceta alimentada por dos extrusoras, una para la capa de espuma de poliolefina y la segunda para la capa de polímero sin espumar exterior. La tubería de acero se trata previamente mediante revestimiento opcional con una capa epoxi, una capa adhesiva y, por último, una capa sólida.

A continuación, se ilustra la presente invención adicionalmente mediante referencia a las figuras.
La figura 1 muestra un esquema para la medición del aumento de la fuerza de arrastre frente al aumento de la velocidad de estiramiento vertical descendente.
La figura 2 muestra la configuración de tornillo utilizada en la extrusora para la extrusión de las composiciones.

Sección experimental y ejemplos

1. Definiciones y métodos de medición

a) Densidad

La densidad ha sido medida de acuerdo con el principio de Arquímedes a través de la determinación de la masa (m) y el volumen (V) de la muestra y el cálculo de su densidad (*d*) en consecuencia (*d* = *m/V*).

$$d = \frac{m}{V}$$

b) Índice de fluidez

El índice de fluidez (MFR) se determina según la norma ISO 1133 y se indica en g/10 min. El MFR es una indicación de la fluidez y, por lo tanto, de la procesabilidad, del polímero. Cuanto mayor es el índice de fluidez menor es la viscosidad del polímero. El MFR se determina a 230ºC y una carga de 2,16 kg (MFR_2).

c) Conductividad térmica

La medición de la conductividad térmica se ha llevado a cabo conforme a la norma ASTM C-518, Método de ensayo estándar para las propiedades de transmisión térmica en el equilibrio por medio de un aparato medidor del flujo de calor.

El coeficiente de conductividad térmica (valor k) se define como:

$$\lambda = (Qd) / (\Delta TF)$$

en la que:

λ	Conductividad térmica aparente (valor k) [W/mK]
Q	Flujo de calor medido a través de la muestra de ensayo [W]
d	Grosor medido de la muestra de ensayo [m]
ΔT	Diferencia de temperaturas medida entre el lado caliente y el lado frío de la muestra de ensayo [K]
F	Área medida de la muestra de ensayo [m^2]

Las mediciones del valor k se realizaron en 24 hojas colocadas entre dos placas calientes con una temperatura del lado caliente de 82ºC y una temperatura del lado frío de 76ºC. Las muestras se cortaron en forma circular con un diámetro de 50 mm y una altura de aproximadamente 30 mm. Las hojas se unieron entre sí con una presión de 0,69 kg/cm^2 durante la medición para asegurar un contacto óptimo entre las hojas. La medición del valor k se llevó a cabo en condiciones de equilibrio con un tiempo de equilibrio de 6-8 horas.

d) Propiedades de tracción

Las propiedades de tracción, tales como el módulo de tracción, la tensión de tracción en el límite elástico, la resistencia a la tracción, la deformación por tracción en la resistencia a la tracción y la resistencia a la tracción a la rotura se han medido conforme a la norma ISO 527, en las direcciones de extrusión y transversal a la extrusión.

e) Resistencia al impacto de Charpy

La resistencia al impacto de Charpy se determinó según la norma ISO 179/1eA en muestras con entalla en V a 23ºC (resistencia de impacto de Charpy (23ºC)) y -20ºC (resistencia al impacto de Charpy (-20ºC)).

f) Comportamiento de endurecimiento por deformación

El comportamiento de endurecimiento por deformación se mide según un procedimiento experimental ilustrado en la figura 1. El comportamiento de endurecimiento por deformación se analiza con el aparato Rheotens -1- (producto de Göttfert, Buchen, Alemania) en el que una hebra de masa fundida -2- se alarga mediante estiramiento vertical con

una aceleración definida. Se registra la fuerza de arrastre F en dependencia de la velocidad de estiramiento vertical descendente.

El procedimiento de ensayo se lleva a cabo en una habitación climatizada estándar con una temperatura ambiente controlada de 23ºC. El aparato Rheotens -1- se combina con una bomba extrusora/de masa fundida -3- para la alimentación continua de la hebra de masa fundida -2-. La temperatura de extrusión es 200ºC; se usa una matriz capilar con un diámetro de 2 mm y una longitud de 6 mm y la aceleración del estiramiento vertical descendente de la hebra de masa fundida -2- es 120 mm/s^2. La velocidad de extrusión de la hebra es de 5 mm/s. La longitud de la hebra (es decir, la distancia entre la matriz y los rollos enrollados) es de 100 mm.

El diagrama esquemático en la figura 1 muestra a modo de ejemplo el incremento medido de la fuerza de arrastre F (es decir, "la resistencia en fundido") frente al incremento de la velocidad del estiramiento vertical descendente (es decir "capacidad de estiramiento").

2. Preparación de composiciones espumadas

2.1 Composiciones

Como componente (A). se ha utilizado Daploy™ WB 130HMS de calidad comercial (en lo sucesivo indicado como "HMS-PP"). Tiene una densidad de 915 kg/m^3 (ISO 1183). Otras propiedades de este material se indican en la tabla 1.

Como componente (B). se ha utilizado BorECO™ BA222E de calidad comercial (en lo sucesivo indicado como "PP-impacto"). Tiene una densidad de 915 kg/m^3 (ISO 1183). Otras propiedades de este material se indican en la tabla 1.

Tabla 1: Propiedades físicas de los polipropilenos utilizados

Propiedad	**Unidad**	**Método**	**Componente (B)**	**Componente (A)**
Tipo			PP de impacto	PP de resistencia en fundido alta
MFR_2	g/ 10	IS01133	0,25	2,0
MÓDULO DE TRACCIÓN	MPa	ISO527	1960	1860
TENSIÓN DE TRACCIÓN EN EL LÍMITE ELÁSTICO	MPa	ISO527	33	41
DEFORMACIÓN POR TRACCIÓN EN EL LÍMITE ELÁSTICO	%	ISO527	8	6,5
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	MPa	ISO527	33	41
DEFORMACIÓN POR TRACCIÓN EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	%	ISO527	8	6,5
TENSIÓN DE TRACCIÓN A LA ROTURA	MPa	ISO527	29	32
DEFORMACIÓN POR TRACCIÓN A LA ROTURA	%	ISO527	200	13
Resistencia al impacto con entalla de Charpy (+23ºC)	kJ/m^2	IS0179/1eA	50	3
Resistencia al impacto con entalla de Charpy (–20ºC)	kJ/m^2	IS0179/1eA	4	1

Las fibras de vidrio se han dosificado a través de una mezcla maestra comercial Nepol GB415HP (Borealis A/S, Dinamarca). A la que se hace referencia en adelante como PP-GF. Contiene el 42% en peso de fibras de vidrio. El PP se impregna con las fibras de vidrio, se conforma, se enfría y, posteriormente, se corta en varillas de aproximadamente de 1 a 10 mm. Dicha mezcla maestra Nepol preparada se ha dosificado a través de la tolva del extrusor de fabricación de espuma.

Como agente nucleante (NA) de las celdas se ha usado una mezcla maestra comercial (Hydrocerol CF40, fabricado en Clariant), que es una mezcla maestra con agente químico espumante y nucleante para la espumación de resinas termoplásticas. Componentes efectivos: 40%.

Las cantidades de los diferentes componentes utilizados para las composiciones de espuma se dan en la tabla 2.

2.2 Línea de espumación

Para el presente fin se ha utilizado una línea de espumación de doble tornillo. La extrusora es una extrusora de doble tornillo de co-rotación Berstorff ZE25, con un diámetro del tornillo de 25 mm, una relación longitud/diámetro de 40 y una configuración del tornillo como se da a conocer en la figura 2. La velocidad del tornillo se ajustó a 250 rpm. Los parámetros de la temperatura de la extrusora se han ajustado de acuerdo con el siguiente esquema:

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temp. /°C	30	240	220	180	180	180	180	170	170	170	165	165

La alimentación se realizó con un alimentador gravimétrico Schenk Multifeeder. El agente de soplado físico se dosifica en su estado gaseoso en una relación L/D de 10. La dosificación del agente espumante se controló con un medidor de flujo Bronkhorst (F-201AC-FB-22-V).

La extrusora se fija a una matriz plana, 300 mm de ancho, 0,2 mm de hueco y ajustada a una temperatura de 170ºC.

Ejemplo 1 (Comparativo)

Como ejemplo comparativo, una espuma con agente de soplado físico (PBA) y sin fibras de vidrio se preparó con la línea de espumación como se ha descrito anteriormente, utilizando una receta de PP de impacto al 69,3% en peso, HMS-PP al 30% en peso, sin fibras de vidrio, agente nucleante al 0,5% en peso (todo a través de la tolva) y dosificación del 0,2% en peso del agente de soplado físico en la masa fundida (tabla 2). La espuma posterior tiene una densidad de 580 kg/m^3, un contenido de fibra de vidrio del 0% en peso, una rigidez en la dirección de la extrusión de 895 MPa y un valor k de 0,12 W/mK (tabla 3).

Ejemplo 2

A modo de ejemplo, según la presente invención, se ha preparado una espuma con agente de soplado físico y con fibras de vidrio con la línea de espumación como se ha descrito anteriormente, utilizando una receta del 40,7% en peso de PP de impacto, el 30% en peso de HMS–PP, el 28,6% en peso de PP–GF, el 0,5% en peso de NA (todos a través de la tolva) y dosificación del 0,2% en peso del agente de soplado físico en la masa fundida. La espuma posterior subsiguiente tiene una densidad de 560 kg/m^3, un contenido de fibra de vidrio del 12% en peso, una rigidez en la dirección de la extrusión de 1381 MPa y un valor k de 0,091 W/mK.

Tabla 2: Composiciones de los ejemplos

Propiedad	Unidad	Ejemplo 1 (Comparativo)	Ejemplo 2
PP–B	% en peso	69,3	40,7
PP–HMS	% en peso	30,0	30,0
Mezcla maestra de PP-GF	% en peso	0,0	28,6
PBA	% en peso	0,2	0,2
NA	% en peso	0,5	0,5

2.3 Resultados

Los resultados de la medición de las propiedades físicas de las composiciones espumadas del ejemplo comparativo 1 y el ejemplo 2 se dan en la tabla 3.

Tabla 3: Resultados

Propiedad	Unidad	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo 2
DENSIDAD de la espuma	kg/m^3	580	560
Densidad del compuesto sin espumar	kg/m^3	905	981
Fibras de vidrio	% en peso	0	12
VALOR K	W/mK	0,117	0,091
Dirección de la extrusión			
MÓDULO DE TRACCIÓN	MPa	895	1381
TENSIÓN DE TRACCIÓN EN EL LÍMITE ELÁSTICO	MPa	19,3	18,9
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	MPa	19,3	18,1
TENSIÓN DE TRACCIÓN A LA ROTURA	MPa	18,5	17,8
Dirección transversal a la extrusión			
MÓDULO DE TRACCIÓN	MPa	684	703
TENSIÓN DE TRACCIÓN EN EL LÍMITE ELÁSTICO	MPa	13,9	10,7
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	MPa	13,9	10,7
TENSIÓN DE TRACCIÓN A LA ROTURA	MPa	13,7	10,5

REIVINDICACIONES

1. Composición de polipropileno espumado que comprende un homopolímero y/o copolímero de propileno y fibras vidrio, en la que

(i) la composición tiene una densidad de 50 a 900 kg/m^3,
(ii) el módulo de tracción $tm_{(dirección\ de\ la\ extrusión)}$ medido conforme a la norma ISO 527 en la dirección de la extrusión y el valor k medido conforme a la norma ASTM C-177 satisfacen la relación:

$tm_{(dirección\ de\ la\ extrusión)}$ [MPa]/k [W/mK] ≥ 9000 MPa·mK/W,

(iii) las fibras de vidrio están presentes en una cantidad del 1 al 30% en peso de la composición total.

2. Composición de polipropileno espumado, según la reivindicación 1, en la que

el módulo de tracción $tm_{(transversal)}$ medido conforme a la norma ISO 527 en la dirección transversal a la extrusión y el valor k medido conforme a la norma ASTM C-177 satisfacen la relación:

$tm_{(transversal)}$ [MPa]/k [W/mK] ≥ 6.000 MPa·mK/W,

3. Composición de polipropileno espumado, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que la longitud promedio de las fibras de vidrio es de entre 0,2 y 50 mm.

4. Composición de polipropileno espumado, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el homopolímero y/o copolímero comprende

(A) del 5 al 80% en peso de un homopolímero y/o copolímero de propileno que muestra comportamiento de endurecimiento por deformación, y
(B) del 20 al 95% en peso de un homopolímero y/o copolímero de propileno que tiene una resistencia al impacto con entalla de Charpy a 23ºC medida conforme a la norma ISO 179/1eA de 25 kJ/m^2 o superior.

5. Composición de polipropileno espumado, según la reivindicación 5, en la que el componente (B) es un homopolímero con un índice de estereoespecificidad > 98% y un MFR_2 de 0,05 a 10 g/10min y/o un copolímero del 99,9 al 80% en peso de propileno y del 0,1 al 20% en peso de etileno o una alfa-olefina con de 4 a 18 átomos de carbono con un índice de estereoespecifidad de > 96% y un MFR_2 de 0,05 a 10 g/10 min.

6. Composición de polipropileno espumado, según la reivindicación 5 o 6, en la que, como mínimo, uno de los componentes (A) y (B) tienen un módulo de tracción medido conforme a la norma ISO 527 de 1.500 MPa o superior.

7. Composición de polipropileno espumado, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la composición comprende del 0,1 al 5% en peso de un agente alfa-nucleante.

8. Composición de polipropileno espumado, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que se ha producido utilizando un agente espumante físico o químico.

9. Utilización de una composición de polipropileno espumado, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para la producción de una capa aislante térmica.

10. Utilización, según la reivindicación 9, en la que la composición se utiliza para la producción de una capa de aislamiento térmico de una tubería de acero.

11. Artículo que comprende la composición de polipropileno espumado, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

12. Artículo, según la reivindicación 11, en el que el artículo es una tubería de acero.

Fig. 1

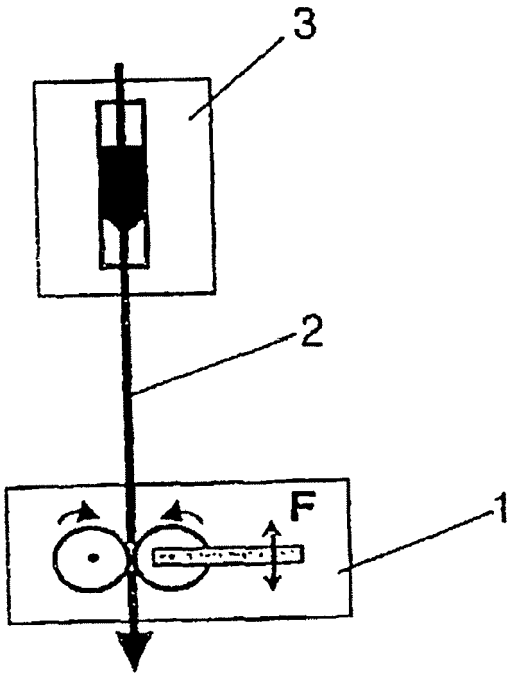
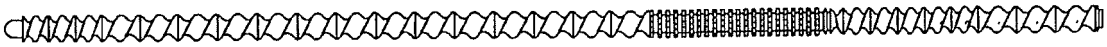
Fig. 2: