



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 347 548**

51 Int. Cl.:

C08L 9/00 (2006.01)

C08K 3/36 (2006.01)

C08K 5/548 (2006.01)

B60C 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03736092 .2**

96 Fecha de presentación : **09.06.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1514898**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2005**

54

Título: **Composiciones de caucho y neumáticos fabricados utilizando las mismas.**

30

Prioridad: **20.06.2002 JP 2002-180408**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.11.2010

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.11.2010

73

Titular/es: **BRIDGESTONE CORPORATION**
10-1, Kyobashi 1-chome
Chuo-ku, Tokyo 104-8340, JP

72

Inventor/es: **Nakayama, Atsushi y**
Nohara, Daisuke

74

Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 347 548 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

La presente invención se refiere a una composición de caucho que comprende un compuesto de silano que tiene un átomo de azufre y una estructura específica, más particularmente a una composición de caucho que muestra una excelente resistencia a la abrasión, poca resistencia a la rodadura y excelentes propiedades de frenado y estabilidad en la dirección sobre firmes húmedos cuando se usa la composición de caucho como banda de rodadura, y a un neumático que usa la composición de caucho.

Entre las diversas cargas usadas para las composiciones de caucho, la sílice tiene desventajas en la procesabilidad, aunque la sílice proporciona poca resistencia a la rodadura y excelentes propiedades de frenado y estabilidad en la dirección sobre firmes húmedos. Por ejemplo, es necesario que se realice un procedimiento de mezclado multietapa debido a una gran viscosidad en su estado no curado. El sílice tiene otras desventajas, como que la dispersión de la carga es mala, se retrasa la vulcanización, y decrece notablemente la fuerza de frenado y la resistencia a la abrasión (por ejemplo, Solicitud de Patente Japonesa Pública Nº Heisei 8(1996)-176345).

Cuando se mezcla sílice con caucho, en general se realiza la adición de un agente de acoplamiento para superar los problemas mencionados anteriormente de modo que se disminuya la viscosidad en el estado no curado y se mejore el rendimiento y la resistencia a la abrasión. Sin embargo, este procedimiento tiene el problema de que el agente de acoplamiento es caro y aumenta el coste de producción dependiendo de la formulación.

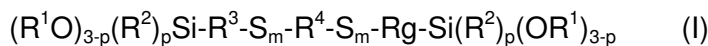
También es común que se use un aditivo de mejora de la dispersión para aumentar la procesabilidad por disminución de la viscosidad en el estado no curado por la mejora de la dispersión de la sílice. Sin embargo, este procedimiento tiene el inconveniente de que disminuye la resistencia a la abrasión. Cuando se usa un compuesto fuertemente iónico como agente de mejora de la dispersión, ocasionalmente disminuye la procesabilidad tal como la adherencia a los rodillos.

También se dirige la atención a una divulgación del documento US-5663226 A.

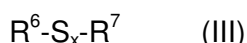
La presente invención tiene como objeto proporcionar una composición de caucho que tenga baja viscosidad en el estado no vulcanizado, proporcione una excelente dispersión de la sílice y muestre una excelente resistencia a la abrasión, poca resistencia a la rodadura y excelentes propiedades de frenado y estabilidad en la dirección sobre firmes húmedos, cuando se use el compuesto de caucho como material para la banda de rodadura y un neumático que use la composición de caucho.

Como resultado de los amplios estudios realizados por los presentes inventores para superar los problemas mencionados anteriormente, se encontró que el objeto anterior podría

realizarse mediante las composiciones de caucho y los neumáticos descritos a continuación. La presente invención se ha basado completamente en dichos conocimientos. Por lo tanto, la presente invención proporciona una composición de caucho que comprende, por cada 100 partes en peso de un polímero, de 10 a 200 partes en peso de sílice y de 1 a 30 partes en peso de un compuesto de silano que tiene un átomo de azufre representado por la fórmula estructural media (I):



en la que R^1 y R^2 representa cada uno un grupo hidrocarburo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono, R^3 representa un grupo hidrocarburo divalente que tiene de 1 a 15 átomos de carbono, p representa un número entero de 0 a 2, m representa un número igual o mayor que 1 e inferior a 2, que puede ser un promedio de números, y R^4 representa a un grupo funcional divalente representado por una de las siguientes fórmulas generales (II) a (IV):



15 Cuando R^4 tiene una fórmula (III) o (IV), entonces R^6 a R^{10} representa un grupo hidrocarburo divalente lineal o ramificado que tiene de 1 a 20 átomos de carbono, un grupo aromático divalente o un grupo orgánico divalente que tiene un heteroátomo que no es un átomo de azufre ni un átomo de oxígeno, R^6 a R^{10} pueden representar al mismo grupo o a grupos diferentes, y cada x , y y z representa un número de 2 o superior, e inferior a 4, que puede ser un promedio de números;

20 Cuando R^4 tiene la fórmula (II), entonces R^5 representa un grupo decileno, un grupo fenileno o un grupo metilfenileno, y

R^5 puede representar el mismo grupo o grupos diferentes,

25 Una pureza del compuesto de silano que tiene un átomo de azufre es preferiblemente del 60 % o superior en el momento en el que el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcla para formar la composición de caucho;

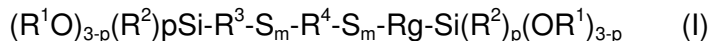
30 En el momento en el que el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcla para formar la composición de caucho, un contenido de compuestos de silano que tiene un átomo de azufre y tres o más átomos de silicio en una molécula es preferiblemente del 30 % en peso o inferior de las composiciones de caucho;

Un área superficial específica BET de la sílice es preferiblemente de 40 a 350 m²/g;

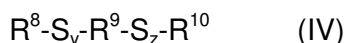
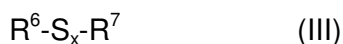
El polímero es preferiblemente un caucho a base de dieno;

35 Un neumático de acuerdo con la invención comprende un miembro que comprende una composición de caucho descrita anteriormente. El miembro es preferiblemente una banda de rodadura.

Una composición de caucho que comprende, por cada 100 partes en peso de un polímero, de 10 a 200 partes en peso de sílice y de 1 a 30 partes en peso de un compuesto de silano que tiene un átomo de azufre representado por la fórmula estructural media (I):



5 En la anterior fórmula estructural media (I), R^1 y R^2 representa cada uno un grupo hidrocarburo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono, R^3 representa un grupo hidrocarburo divalente que tiene de 1 a 15 átomos de carbono, p representa un número entero de 0 a 2, m representa un número de 1 o superior, e inferior a 2, que puede ser un promedio de números y R^4 representa un grupo funcional divalente representado por una de las siguientes fórmulas
10 generales (II) a (IV):



15 En las fórmulas generales anteriores (II) a (IV), R^5 a R^{10} representa un grupo hidrocarburo divalente lineal o ramificado que tiene de 1 a 20 átomos de carbono, un grupo aromático divalente o un grupo orgánico divalente que tiene un heteroátomo que no es un átomo de azufre ni un átomo de oxígeno, R^5 a R^{10} pueden representar el mismo grupo o grupos diferentes, y cada x , y y z representa un número de 2 o superior, e inferior a 4, que puede ser un promedio de números. En la que R^4 tiene la fórmula (II), y R^5 representa un grupo
20 decileno o (metil)fenileno.

El compuesto de silano que tiene un átomo de azufre que se usa en la presente invención es un compuesto representado por la fórmula estructural media (I) y tiene grupos organooxisililo en ambos extremos de la molécula y un sulfuro o un polisulfuro en la porción central de la molécula.

25 En la fórmula estructural, R^1 y R^2 representa cada uno un grupo hidrocarburo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono tal como grupo metilo, grupo etilo, grupo *n*-propilo, grupo *i*-propilo, grupo *n*-butilo, grupo *i*-butilo, grupo *t*-butilo, grupo vinilo, grupo alilo y grupo isopropenilo. R^1 y R^2 pueden representar el mismo grupo o grupos diferentes. R^3 representa un grupo hidrocarburo divalente que tiene de 1 a 15 átomos de carbono tales como grupo metileno,
30 grupo etileno, grupo propileno, grupo *n*-butileno, grupo *i*-butileno, grupo hexileno, grupo decileno, grupo fenileno y grupo metilfeniletileno, p representa un número entero de 0 a 2 y m representa un número de 1 o superior, e inferior a 2, que puede ser un promedio de números. Como para los números que dan el promedio representado por m , es suficiente que el promedio representado por m esté dentro que este intervalo. El compuesto de silano puede ser
35 una mezcla de una pluralidad de compuestos de silano que tienen un átomo de azufre en el

que el número como la base para el promedio representado por m es diferente entre los compuestos. Desde el punto de vista del efecto de la presente invención que se describirá a continuación, m representa un número de 1 o superior, e inferior a 2. Es más preferible que m represente 1.

5 R^4 en la fórmula estructural (I) representa un grupo funcional divalente representado por una cualquiera de las fórmulas generales (II) a (IV). Desde el punto de vista del efecto de la presente invención que se describirá más adelante, es preferible que R^4 represente un grupo funcional divalente representado por la fórmula general por la fórmula general (IV).

10 R^5 a R^{10} representa un grupo hidrocarburo divalente lineal o ramificado que tiene de 1 a 20 átomos de carbono, un grupo aromático divalente un grupo orgánico divalente que tiene un heteroátomo que no es un átomo de azufre ni un átomo de oxígeno, aunque R^5 se define más particularmente cuando R^4 tiene una fórmula (II). los ejemplos de los grupos representados por R^5 a R^{10} incluyen grupo metileno, grupo etileno, grupo propileno, grupo n -butileno, grupo i -butileno, grupo hexileno, grupo decileno, grupo fenileno, grupo metilfeniletileno y grupos
15 derivados de estos grupos por introducción de un heteroátomo que no es un átomo de azufre ni un átomo de oxígeno tales como átomo de nitrógeno y átomo de fósforo en estos grupo. En una cualquiera de las fórmulas generales (II) a (IV) que representan el grupo funcional representado por R^4 en la fórmula estructural (I), R^5 a R^{10} pueden representar grupos iguales o diferentes. Desde el punto de vista del efecto de la presente invención, que se describirá más
20 adelante, y del coste de producción, es preferible que R^6 a R^{10} represente cada uno un grupo hexileno.

Es esencial que el grupo representado por R^4 tenga un átomo de azufre. Cada x , y y z representa un número de 2 o superior, e inferior a 4, que puede ser un promedio de números. Desde el punto de vista del efecto de la presente invención que se describirá más adelante, es
25 preferible que cada x , y y z represente un número de 2 o superior y de 3 o inferior, que puede ser un promedio de números.

Desde el punto de vista del efecto de la presente invención, es preferible que la pureza del compuesto de silano que tiene un átomo de azufre sea del 60 % o superior, más preferiblemente del 70 % o superior y el más preferido del 80 % superior en el momento en el
30 que el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcle para formar la composición de caucho.

El compuesto de silano que tiene un átomo de azufre que se usa en la presente invención contiene ocasionalmente polímeros tales como un dímero o un trímero del compuesto representado por la fórmula estructural (I) que se generan durante la producción.
35 Los compuestos de silano que tienen un átomo de azufre y tres o más átomos de silicio en una

molécula tal como los polímeros descritos anteriormente ocasionalmente afectan adversamente al efecto de la presente invención. En la presente invención, es preferible que, cuando el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcla para formar el compuesto de caucho de la presente invención, el contenido del compuesto de silano que tiene un átomo de azufre y tres o más átomos de silicio en una molécula sea del 30 % en peso o inferior, más preferiblemente el 10 % en peso o inferior y lo más sustancialmente preferido es el cero por ciento de la composición de caucho a la vez.

En la presente invención, el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcla en una cantidad de 1 a 30 partes en peso por cada 100 partes en peso de un polímero. Desde el punto de vista del efecto de la presente invención que se describirá más adelante, es preferible que el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcle en una cantidad de 2 a 20 partes en peso.

El polímero usado en la presente invención no está particularmente limitado siempre que pueda formarse la composición de caucho. Es preferible que el polímero sea un caucho a base de dieno. Específicamente, puede usarse caucho natural y varios tipos de cauchos sintéticos basados en dieno. Los cauchos sintéticos basados en dieno son más preferibles. Los ejemplos caucho sintético a base de dieno incluyen polímeros basados en butadieno tales como polibutadieno (BR), copolímeros de butadieno y compuestos de vinilo aromático y copolímeros de butadieno y otros monómeros basados en dieno; polímeros basados en isopreno tales como poliisopreno (IR), copolímeros de isopreno y compuestos de vinilo aromático y copolímeros de isopreno y otros monómeros basados en dieno; caucho butilo (IIR); copolímeros de etileno-propileno; y mezclas de y mezclas de estos cauchos. Entre estos cauchos, polímeros basados en butadieno y los polímeros basados en isopreno son preferibles y los copolímeros estireno-butadieno (SBR) son más preferibles.

La microestructura de SBR no está particularmente limitada. Es preferible que el contenido de la unidad de estireno añadida esté en el intervalo del 5 al 60 % en peso y, más preferiblemente, en el intervalo del 15 al 45 % en peso.

En la presente invención, es preferible que el copolímero estireno-butadieno esté comprendido en una cantidad del 50 % en peso o superior en el componente de caucho. Es preferible que todo el componente de caucho esté compuesto únicamente del copolímero de estireno-butadieno (SBR).

Los ejemplos de monómero a base de dieno incluyen 1,3-butadieno, isopreno, 1,3-pentadieno, 2,3-dimetilbutadieno y 2-fenil-1,3-butadieno. El monómero a base de dieno puede utilizarse solo, como una mezcla de dos o más o por copolimerización con otros dienos tales como 1,3-hexadieno. Entre estos monómeros basados en dieno, se prefiere 1,3-butadieno.

La composición de caucho de la presente invención comprende de 10 a 200 partes en peso de sílice por cada 100 partes en peso de polímero. La sílice no está particularmente limitada. Los ejemplos de sílice incluyen sílice húmeda (sílice hidratada), sílice seca (ácido silícico anhídrido), silicato cálcico y silicato de aluminio. Entre estos compuestos, la sílice húmeda es preferible ya que el efecto de mejora de las propiedades a la rotura y las mejoras simultáneas en las propiedades de agarre sobre mojado y la baja resistencia a la rodadura son muy evidentes. Es preferible que el área superficial específica BET esté en el intervalo de 40 a 350 mm²/g. Cuando el área superficial específica BET está en el intervalo anterior, la ventaja se muestra en que se mejoran al mismo tiempo la propiedad de reforzar el caucho y la dispersión en el caucho. Desde este punto de vista, es más preferible que el área superficial específica BET esté en el intervalo de 8 a 300 mm²/g.

Los aditivos que se mezclan de manera convencional en las composiciones de caucho pueden añadirse siempre y cuando el efecto de la presente invención no se vea afectado adversamente. Los ejemplos de aditivos incluyen negro de humo, agentes anti-envejecimiento, óxido de cinc, ácido esteárico, antioxidantes y antiozonantes, que se usan normalmente en la industria del caucho.

La composición de caucho de la presente invención puede obtenerse mediante la mezcla de los componentes en un mezclador abierto, tal como rodillos, o un mezclador cerrado, tal como un mezclador Banbury. La composición de caucho puede aplicarse a diferentes productos de caucho después de que se hayan formado y vulcanizado. Los ejemplos de aplicación incluyen miembros de neumáticos tales como bandas de rodadura, cubre llantas, cuerpos tubulares, flancos y talones y productos industriales tales como cauchos de aislamiento a la vibración, defensas de muelle, correas y mangueras. La composición de caucho se utiliza ventajosamente como caucho para bandas de rodadura.

El neumático de la presente invención que usa la composición de caucho anterior muestra excelentes propiedades, tales como excelente resistencia a la abrasión, poca resistencia a la rodadura, excelentes propiedades de frenado y estabilidad en la dirección sobre firmes húmedos. Puede usarse como gas para inflar el neumático un gas inerte tal como aire y nitrógeno.

La presente invención se describirá más concretamente con referencia a los ejemplos a continuación. Sin embargo, la presente invención no queda limitada a dichos ejemplos.

Los cálculos de las propiedades se realizaron de acuerdo con los siguientes procedimientos.

1. Viscosidad de Mooney (ML₁₊₄)

La viscosidad de Mooney (ML₁₊₄/130 °C) se midió a 130 °C de acuerdo de acuerdo con

el procedimiento de la Normativa Industrial Japonesa K6300-1994, y el valor obtenido se expresó como un índice basado en el valor obtenido en el Ejemplo Comparativo 2, que se fija en 100. Cuanto menor es el valor expresado de la viscosidad de Mooney, mejor es la procesabilidad.

5 2. Tiempo de prevulcanización de Mooney.

Se midió el tiempo de prevulcanización de Mooney para evaluar la estabilidad de procesado de un compuesto de caucho. Se midió la viscosidad de una composición de caucho sin vulcanizar que contenía componentes del sistema de vulcanización a 130 °C, de acuerdo el procedimiento de la Normativa Industrial Japonesa K6300-1994, usando el mismo aparato que se usó para la medida de la viscosidad de Mooney. Se midió el tiempo desde el comienzo del precalentamiento hasta el momento en el que la viscosidad aumentó en 5 unidades desde el valor mínimo del volumen. El tiempo de prevulcanización de Mooney se expresó como un índice basado en el valor obtenido en el Ejemplo Comparativo 2, que se fijó en 100. Cuanto mayor fue el valor del tiempo de prevulcanización de Mooney, mejor fue la estabilidad en el procesado.

15 3. Dureza

La dureza se midió de acuerdo con el procedimiento de la Normativa Industrial Japonesa K 6253-1997, y el valor obtenido se expresó en forma de un índice basado en el valor obtenido en el Ejemplo Comparativo 2, que se estableció en 100.

20 4. Propiedades a rotura.

El alargamiento a rotura (Eb), la fuerza de rotura (Tb) y el esfuerzo de tensión a un alargamiento del 300 % (M_{300}) se midieron de acuerdo con el procedimiento de la Normativa Industrial Japonesa K 6251 -1993, y los valores obtenidos se expresaron en forma de índices basados en los valores obtenidos en el Ejemplo Comparativo 2, que se estableció en 100.

25 5. Elasticidad

La elasticidad se midió de acuerdo con el procedimiento de la Normativa Industrial Japonesa K 6255-1996 usando un tripsómetro Dunlop, y el valor obtenido se expresó en forma de un índice basado en el valor obtenido en el Ejemplo Comparativo 2, que se estableció en 100.

30 6. Resistencia a la abrasión (composición de caucho)

La cantidad de abrasión en una proporción de deslizamiento del 60 % se midió a la temperatura ambiente usando un comprobador de abrasión Lambourn. La inversa de la cantidad de abrasión obtenida se expresó como un índice basado en la inversa de la cantidad de abrasión obtenida en el Ejemplo Comparativo 2, que se estableció en 100.

35 7. Resistencia a rodadura

La resistencia a rodadura de un neumático se evaluó mediante la medición de acuerdo con el procedimiento de desplazamiento por inercia después de que el neumático se hiciera girar a una velocidad de 80 km/h con una carga de 460 kg usando un tambor giratorio que tiene una superficie lisa de acero, un diámetro exterior de 1707,6 mm y una anchura de 350 mm. El valor obtenido se expresa como un índice basado el valor obtenido en el Ejemplo Comparativo 5, que se estableció en 100. Cuanto mayor sea el valor expresado, mejor (más pequeña) es la resistencia a rodadura.

8. Resistencia a la abrasión (neumático)

Se montó un neumático en un vehículo, y el vehículo se condujo 20.000 km en carreteras pavimentadas. Se midió la profundidad de los surcos restantes después de la conducción, y la distancia conducida para una abrasión de 1 mm en el neumático se obtuvo en forma de un valor relativo. El valor obtenido se expresó en forma de un índice basado en el valor obtenido en el Ejemplo Comparativo 5, que se estableció en 100. Cuanto mayor es el valor expresado, mejor es la resistencia a la abrasión.

Ejemplo de síntesis 1

En un matraz separable de 0,5 l equipado con una entrada para gas nitrógeno, un termómetro, un condensador Dimroth y un embudo de goteo, se introdujeron 80 g de etanol, 5,46 g (0,07 moles) sulfuro de sodio anhidro y 2,24 g (0,07 moles) de azufre y la temperatura de la solución resultante se elevó a 80 °C. Mientras se agitaba la solución, se añadieron lentamente gota a gota 33,7 g (0,14 moles) de cloropropiltrietoxisilano ((CH₃CH₂O)₃Si-(CH₂)₃-Cl) y 10,8 g (0,07 moles) de 1,6-dicloro-hexano (ClCH₂-(CH₂)₄-CH₂Cl). Después de que se completara la reacción, la agitación se continuó a 80 °C durante 10 horas. Después de que se completara la agitación y de que se enfriara la reacción, la sal formada se retiró por filtración y el etanol usado como disolvente se retiró por destilación a presión reducida.

El producto obtenido se analizó de acuerdo con espectroscopía infrarroja (análisis IR), ¹H-espectroscopía de resonancia magnética nuclear (análisis ¹H RMN) y cromatografía supercrítica, y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por una fórmula estructural media (CH₃CH₂O)₃Si-(CH₂)₃-S-S-(CH₂)₆-S-S-(CH₂)₃-Si(OCH₂CH₃)₃. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R¹ representa un grupo etilo, R³ representa un grupo *n*-propilo, R⁴ representa S-(CH₂)₆-S (que es el grupo representado por la fórmula general (II) en la que R⁵ representa (CH₂)₆), p representa 0, y m representa 1. La pureza del compuesto obtenido, de acuerdo con cromatografía de permeación en gel (análisis CPG) fue del 82,5 %.

Ejemplo de Síntesis 2

La síntesis se realizó de acuerdo con los mismos procedimientos que se realizaron en

el Ejemplo de Síntesis 1 con la excepción de que se usaron 14,77 g (0,07 moles) de 1,10-diclorodecano ($\text{ClCH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_8\text{-CH}_2\text{Cl}$) en lugar del 1,6-diclorohexano que se usó en el Ejemplo de Síntesis 1.

5 La solución obtenida se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ^1H RMN y cromatografía supercrítica, y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por la fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si-(CH}_2\text{)}_3\text{-S-S-(CH}_2\text{)}_{10}\text{-S-S-(CH}_2\text{)}_3\text{-Si(OCH}_2\text{CH}_3\text{)}_3$. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa un grupo etilo, R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $\text{S-(CH}_2\text{)}_{10}\text{-S}$ (que es el grupo representado por la fórmula general (II) en la que R^5 representa $(\text{CH}_2)_{10}$), *p* representa 10
0 y *m* representa 1. La pureza del producto obtenido de acuerdo con el análisis GPC fue del 84,2 %.

Ejemplo de Síntesis 3

La síntesis se realizó de acuerdo con los mismos procedimientos del Ejemplo de Síntesis 1 con la excepción de que se cambió la cantidad de azufre a 4,48 g (0,14 moles).

15 El producto obtenido se analizó de acuerdo con los análisis IR, análisis ^1H RMN y cromatografía supercrítica y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por la fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si-(CH}_2\text{)}_3\text{-S}_2\text{-S-(CH}_2\text{)}_6\text{-S-S}_2\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-Si(OCH}_2\text{CH}_3\text{)}_3$. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa un grupo etilo, R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $\text{S-(CH}_2\text{)}_6\text{-S}$ (que es el grupo representado por la fórmula general (II) en la que R^5 representa $(\text{CH}_2)_6$), *p* representa 20
0 y *m* representa 1. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo con el análisis GPC fue del 81,0 %.

Ejemplo de Síntesis 4

25 La síntesis se realizó de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se usaron en el Ejemplo de Síntesis 1, con la excepción de que se cambió la cantidad de azufre a 6,72 g (0,21 moles). El producto obtenido se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ^1H RMN y cromatografía supercrítica y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por una fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si-(CH}_2\text{)}_3\text{-S}_3\text{-S-(CH}_2\text{)}_6\text{-S-S}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-Si(OCH}_2\text{CH}_3\text{)}_3$. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa un grupo etilo, R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $\text{S-(CH}_2\text{)}_6\text{-S}$ (que es el grupo representado por la fórmula general (II), en la que R^5 representa $(\text{CH}_2)_6$), *p* representa 30
0 y *m* representa 3. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo con el análisis GPC fue del 80,5 %.

Ejemplo de Síntesis 5

35 En un matraz separable de 2 litros equipado con una entrada para gas nitrógeno, un

termómetro, un condensador Dimroth y un embudo, se introdujeron 119 g (0,5 moles) de 3-mercaptopropiltrióxido de silano. Con agitación, se añadieron 151,2 g (0,45 moles) de etóxido sódico en una solución de etanol que contenía el 20 % del componente eficaz. Después de que la temperatura se elevara a 80 °C, la solución resultante se mantuvo en agitación a 80 °C durante 5 horas, después se enfrió y se transfirió a un embudo de goteo.

En otro matraz separable similar al matraz empleado anteriormente, se introdujeron 69,75 g (0,45 moles) de 1,6-diclorohexano. Después de que la temperatura se elevara a 80 °C, se añadió lentamente gota a gota el producto de reacción de 3-mercaptopropiltrióxido de silano y etóxido sódico obtenido anteriormente. Después de que se completara la adición, la solución resultante se mantuvo en agitación a 80 °C durante 5 horas. La mezcla resultante se enfrió y las sales de la solución obtenida se retiraron por filtración. El exceso de cantidad de etanol y 1,6-diclorohexano se retiró por destilación a presión reducida. La solución obtenida se destiló a presión reducida, y se obtuvieron 137,7 g de un líquido transparente incoloro que tenía un punto de ebullición de 148 a 150 °C/0,67 Pa (0,005 torr). De acuerdo con el análisis IR, el análisis ¹H RMN y la espectroscopía de masas (análisis MS), se encontró que el producto era el compuesto expresado por (CH₃CH₂O)₃Si-(CH₂)₃-S-(CH₂)₆-Cl. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo con la cromatografía de permeación en gel fue del 97,7 %.

En otro matraz separable de 0,5 l similar al matraz usado anteriormente, se introdujeron 80 g de etanol, 5,46 g (0,07 moles) de sulfuro de sodio anhidro, 2,24 g (0,07 moles) de azufre y se elevó la temperatura a 80 °C. Mientras se agitaba la solución resultante, se añadieron gota a gota lentamente 49,91 g (0,14 moles) de (CH₃CH₂O)₃Si-(CH₂)₃-S-(CH₂)₆-Cl obtenido anteriormente. Después de que se completara la adición, se continuó la agitación a 80 °C durante 10 horas. Después de que se completara la agitación y de que se enfriara el producto resultante, las sales formadas se retiraron por filtración y el etanol usado como disolvente se retiró por destilación a presión reducida.

La solución transparente de color pardo rojizo obtenida se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ¹H RMN y cromatografía supercrítica y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por una fórmula estructural media (CH₃CH₂O)₃Si-(CH₂)₃-S-(CH₂)₆-S₂-(CH₂)₆-S-(CH₂)₃-Si(OCH₂CH₃)₃. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R¹ representa un grupo etilo, R³ representa un grupo *n*-propilo, R⁴ representa (CH₂)₆-S₂-(CH₂)₆ (que es el grupo representado por la fórmula general (III) en la que R⁶ representa (CH₂)₆ y *x* representa 2), *p* representa 0, y *m* representa 1. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo con el análisis GPC fue del 85,7 %.

Ejemplo de Síntesis 6

La síntesis se realizó de acuerdo con los mismos procedimientos que se realizaron en

el Ejemplo de Síntesis 5 con la excepción de que la cantidad de azufre se varió a 4,48 g (0,14 moles).

La solución obtenida se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ^1H RMN y cromatografía supercrítica, y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por una fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_6-\text{S}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{S}-(\text{CH}_2)_3-\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa un grupo etilo, R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $(\text{CH}_2)_6-\text{S}_3-(\text{CH}_2)_6$ (que es el grupo representado por fórmula general (III) en la que R^6 representa $(\text{CH}_2)_6$ y *x* representa 3), *p* representa 0, y *m* representa 1. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo con el análisis GPC fue del 84,9 %.

Ejemplo de Síntesis 7

La síntesis se realizó de acuerdo con los mismos procedimientos que se realizaron en el Ejemplo de Síntesis 5 con la excepción de que se varió la cantidad de azufre a 6,72 g (0,21 moles).

La solución obtenida se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ^1H RMN y cromatografía supercrítica, y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por una fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_6-\text{S}_4-(\text{CH}_2)_6-\text{S}-(\text{CH}_2)_3-\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa un grupo etilo, R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $(\text{CH}_2)_6-\text{S}_4-(\text{CH}_2)_6$ (que es el grupo representado por la fórmula general (III) en la que R^6 representa $(\text{CH}_2)_6$ y *x* representa 4), *p* representa 0, y *m* representa 1. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo con el análisis GPC fue del 81,0 %.

Ejemplo de Síntesis 8

La síntesis se realizó de acuerdo con los mismos procedimientos con los que se realizó el Ejemplo de Síntesis 5 con la excepción de que se usaron 94,95 g (0,45 moles) de 1,10-diclorodecano en lugar del 1,6-diclorohexano usado en el Ejemplo de Síntesis 5 y se obtuvo un compuesto expresado por $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_{10}-\text{Cl}$.

La síntesis se realizó adicionalmente de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se realizaron en el Ejemplo de Síntesis 5 con la excepción de que se usaron 57,75 g (0,14 moles) del compuesto anterior expresado por $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_{10}-\text{Cl}$ en lugar del compuesto expresado por $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_6-\text{Cl}$ que se usó en el Ejemplo de Síntesis 5.

La solución transparente de color pardo rojizo obtenida se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ^1H RMN y cromatografía supercrítica, y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por la fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_{10}-\text{S}_2-$

$(\text{CH}_2)_{10}\text{-S-(CH}_2)_3\text{-Si(OCH}_2\text{CH}_3)_3$. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa un grupo etilo, R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $(\text{CH}_2)_{10}\text{-S}_2\text{-(CH}_2)_{10}$ (que es el grupo representado por la fórmula general (III) en la que R^6 representa $(\text{CH}_2)_{10}$ y *x* representa 2), *p* representa 0 y *m* representa 1. La pureza del

5

Ejemplo de Síntesis 9

La síntesis se realizó de acuerdo con los mismos procedimientos que los que usaron en el Ejemplo de Síntesis 1 con la excepción de que se usaron 16,33 g (0,21 moles) de sulfuro de sodio anhidro, 20,16 g (0,63 moles) de azufre y 21,70 g (0,14 moles) de 1,6-diclorohexano.

10

La solución transparente de color pardo rojizo obtenida se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ^1H RMN y cromatografía supercrítica, y se confirmó que el producto contenía un compuesto expresado por una fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si-(CH}_2)_3\text{-S}_4\text{-(CH}_2)_6\text{-S}_4\text{-(CH}_2)_6\text{-S}_4\text{-(CH}_2)_3\text{-Si(OCH}_2\text{CH}_3)_3$ como la del componente principal. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa grupo,

15

R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $(\text{CH}_2)_6\text{-S}_4\text{-(CH}_2)_6$ (que es el grupo representado por fórmula general (III) en la que R^6 representa $(\text{CH}_2)_6$ y *x* representa 4), *p* representa 0 y *m* representa 4. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo con el análisis GPC fue del 54,0 %. No se realizaron procedimientos de purificación.

Ejemplo de Síntesis 10

20

En un matraz separable de 0,5 litros equipado con una toma de gas nitrógeno, un termómetro, un condensador Dimroth y un embudo, se introdujeron 80 g de etanol, 5,46 g (0,07 moles) de sulfuro de sodio anhidro y 2,24 g (0,07 moles) de azufre y se elevó la temperatura a de la solución resultante a 80 °C. Mientras se agitaba la solución, se añadieron lentamente gota a gota 54,39 g (0,14 moles) de un compuesto expresado por una fórmula

25

estructural media: $((\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si-(CH}_2)_3\text{S}_2\text{-(CH}_2)_6\text{-Cl)}$. Después de que se completara la adición, la agitación se continuó a 80 °C durante 10 horas. Después de que se completara el agitado, la sal formada se retiró por filtración. El etanol que se usó como disolvente se retiró por destilación a presión reducida y se obtuvieron 50,8 g de un líquido transparente de color pardo rojizo. El producto obtenido se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ^1H RMN y

30

cromatografía supercrítica, y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por una fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si-(CH}_2)_3\text{-S}_2\text{-(CH}_2)_6\text{-S}_2\text{-(CH}_2)_6\text{-S}_2\text{-(CH}_2)_3\text{-Si(OCH}_2\text{CH}_3)_3$. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa un grupo etilo, R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $(\text{CH}_2)_6\text{-S}_2\text{-(CH}_2)_6$ (que es el grupo representado por la fórmula general (III) en la que R^6 representa $(\text{CH}_2)_6$ y *x*

35

representa 2), *p* representa 0 y *m* representa 2. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo

con la cromatografía de permeación en gel (análisis GPC) fue del 86,9 %.

Ejemplo de Síntesis 11

La síntesis se realizó de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se usaron en el Ejemplo de Síntesis 10 con la excepción de que se usaron 10,92 g (0,14 moles) de sulfuro de sodio anhidro, 4,48 g (0,14 moles) de azufre y una solución mixta de 49,91 g (0,14 moles) de un compuesto expresado por $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_6-\text{Cl}$ y 10,85 g (0,07 moles) de 1,6-diclorohexano en lugar del compuesto expresado por $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{Cl}$ que se usó en Ejemplo de Síntesis 10, y se obtuvieron 55,1 g de una solución transparente de color pardo. La solución de color pardo rojizo obtenida se analizó de acuerdo con análisis IR, análisis ^1H RMN y cromatografía supercrítica, y se confirmó que el producto era un compuesto expresado por una fórmula estructural media $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_6-\text{S}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{S}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{S}-(\text{CH}_2)_3-\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$. Este compuesto es el compuesto expresado por la fórmula estructural media (I) en la que R^1 representa un grupo etilo, R^3 representa un grupo *n*-propilo, R^4 representa $(\text{CH}_2)_6-\text{S}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{S}_2-(\text{CH}_2)_6$ (que es el grupo representado por fórmula general (IV) en la que R^8 , R^9 y R^{10} representa cada uno $(\text{CH}_2)_6$, y representa 2 y z representa 2), p representa 0 y m representa 1. La pureza del compuesto obtenido de acuerdo con el análisis GPC fue del 85,5 %.

Ejemplo 1

Un caucho a base de dieno (fabricado por JSR Co., Ltd.; "Nº 1712") en una cantidad de 110 partes en peso y 20 partes en peso de un caucho natural se masticaron durante 30 segundos en un mezclador Banbury de 1,8 litros en condiciones de 70 rpm y una temperatura inicial de 80 °C. Con la mezcla resultante se mezclaron 20 partes en peso de negro de humo de calidad ISAF (fabricado por TOKAI CARBON Co., Ltd.; "SIEST 7HM"), 50 partes en peso de sílice (fabricado por NIPPON SILICA KOGYO Co., Ltd.; "NIPSIL AQ"), 1 parte en peso de ácido esteárico, 1,0 partes en peso de un antioxidante 6PPD (*N*-fenil-*N'*-(1,3-dimetilbutil)-*p*-fenilendiamina) y 6,3 phr (partes en peso por cada 100 partes en peso del componente de caucho) del compuesto sintetizado en Ejemplo de Síntesis 1. Después, se continuó la mezcla hasta que la temperatura alcanzó 160 °C, la mezcla se vertió y laminó mediante rodillos. La mezcla se remasticó durante 1 minuto y 30 segundos mediante un mezclador Banbury de 1,8 litros en condiciones de 70 rpm y temperatura inicial de 80 °C.

Después, la mezcla se vertió y se laminó mediante rodillos. Después de que la mezcla obtenida se refrigerara lo suficiente a temperatura ambiente, se mezclaron 3 partes en peso de óxido de cinc, 0,5 partes en peso de acelerador de la vulcanización DM (disulfuro de dibenzotiazilo), 1,0 partes en peso de acelerador de la vulcanización NS (*N*-*t*-butil-2-benzotiazilsulfenamida) y 1,5 partes en peso de azufre. La mezcla resultante se mezcló

durante 1 minuto en condiciones de 60 rpm y una temperatura inicial de 80 °C y se obtuvo la composición de caucho. Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 1.

Ejemplos 2 a 9

5 Las composiciones de caucho se obtuvieron de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se realizaron en el Ejemplo 1 con la excepción de que se usaron los compuestos que se muestran en la Tabla 1 en las cantidades que también se muestran en la Tabla 1 en lugar del compuesto sintetizado en el Ejemplo de Síntesis 1. Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 1.

Ejemplo Comparativo 1

10 Se obtuvo una composición de caucho de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se realizaron en el Ejemplo 1 con la excepción de que se usaron 5,5 phr de un agente de acoplamiento comercial (fabricado por DEGUSSA Company; "Si69") (se usó la fórmula estructural: $(\text{CH}_3\text{CH}_2)\text{O}_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}_4-(\text{CH}_2)_3-\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$) en lugar del compuesto sintetizado en el Ejemplo de Síntesis 1. Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 1.

15 Ejemplo Comparativo 2

Se obtuvo una composición de caucho de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se realizaron en el Ejemplo 1 con la excepción de que se usaron 5,0 phr de un agente de acoplamiento comercial (fabricado por DEGUSSA Company; "Si75") (se usó la fórmula estructural: $(\text{CH}_3\text{CH}_2)\text{O}_3\text{Si}-(\text{CH}_2)_3-\text{S}_2-(\text{CH}_2)_3-\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$) en lugar del compuesto sintetizado en el Ejemplo de Síntesis 1. Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 1.

Ejemplos Comparativos 3 y 4

25 Se obtuvieron las composiciones de caucho de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se realizaron en el Ejemplo 1 con la excepción de que se usaron los compuestos que se muestran en la Tabla 1 en cantidades que también se muestran en la Tabla 1 en lugar del compuesto sintetizado en el Ejemplo de Síntesis 1. Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 1.

Los Ejemplos 3,4 y 8 (y también los Ejemplos 10 y 11) no son ejemplos de una invención como se define en las reivindicaciones, pero son ejemplos de referencia ya que el valor de m en SE3 es 2, el valor de m en SE4 es 3 y el valor de m en SE 10 es 2.

Tabla 1 - 1

Ejemplo	1	2	3	4	5	6	7
Ejemplo Comparativo							
Compuesto de silano que tiene átomos de azufre*	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5	SE6	SE8
pureza (%)	82,5	84,2	81,0	80,5	85,7	84,9	82,9
cantidad (phr)	6,3	6,6	7,0	7,5	7,2	7,5	8,2
viscosidad de Mooney (ML ₁₊₄)	90	87	100	109	104	105	102
tiempo de prevulcanización de Mooney	101	100	90	60	95	94	98
Dureza	103	100	104	104	104	108	101
Propiedades a rotura							
alargamiento a rotura (Eb)	97	106	93	75	95	88	105
fuerza a rotura (Tb)	96	108	98	87	98	98	103
esfuerzo de tensión al 300 % de alargamiento	104	101	110	128	105	120	101
Elasticidad	106	107	107	115	112	112	110
Resistencia a la abrasión (composiciones de caucho)	100	103	100	87	109	109	108

Tabla 1 - 2

Ejemplo	8	9				
Ejemplo Comparativo						
Compuesto de silano que tiene átomos de azufre*	SE10	SE11	Si69	Si75	SE7	SE9
pureza (%)	86,9	85,5	-	-	81,0	54,0
cantidad (phr)	8,5	9,3	5,5	5,0	8,3	10,3
viscosidad de Mooney (ML ₁₊₄)	100	95	115	100	111	118
tiempo de prevulcanización de Mooney	99	98	62	100	71	64
Dureza	102	103	104	100	110	105
Propiedades a rotura						
alargamiento a rotura (Eb)	92	94	11	100	72	72
fuerza a rotura (Tb)	104	106	95	100	85	81
esfuerzo de tensión al 300 % de alargamiento	116	118	115	100	131	125

Ejemplo	8	9				
Ejemplo Comparativo			1	2	3	4
Elasticidad	115	120	120	100	115	112
Resistencia a la abrasión (composición de caucho)	109	112	70	100	75	61
*SE: El compuesto de los Ejemplo de Síntesis						

Como se muestra claramente en la Tabla 1, para menores viscosidades de Mooney, mayor elasticidad y mejor resistencia a la abrasión, las propiedades físicas de las composiciones de los Ejemplos estaban mejor equilibradas que las de las composiciones de los Ejemplo Comparativos.

Ejemplo 10

Se preparó un neumático de acuerdo con el procedimiento convencional usando la composición de caucho del Ejemplo 3 para la banda de rodadura. El tamaño del neumático fue 205/65R15, y el tamaño de la llanta fue 15x6JJ. La presión interna se ajustó a 220 kPa. Las pruebas de resistencia a la rodadura y de resistencia a la abrasión del neumático se realizaron usando el neumático preparado. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Ejemplo 11

Se preparó un neumático y se evaluó de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se realizaron en el Ejemplo 10 con la excepción de que la cantidad del compuesto de silano que tiene un átomo de azufre en la composición de caucho del Ejemplo 3 se cambió a 5,0 phr. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Ejemplo 12

Se preparó un neumático y se evaluó de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se realizaron en el Ejemplo 10 con la excepción de que se usó la composición de caucho del Ejemplo 9. Los resultados se muestran en la Tabla 2

Ejemplo Comparativo 5

Se preparó un neumático y se evaluó de acuerdo con los mismos procedimientos que los que se realizaron en el Ejemplo 10 con la excepción de que se usó la composición de caucho del Ejemplo Comparativo 2. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

	Ejemplo 10	Ejemplo 11	Ejemplo Comparativo 5	Ejemplo 12
Composición de caucho	composición de caucho del Ejemplo 3	composición de caucho del Ejemplo 3 (modificada)	composición de caucho del Ejemplo Comparativo 2	composición de caucho del Ejemplo 9
Compuesto de silano que tiene átomos de azufre*	SE3	SE3	Si75	SE11
pureza (%)	81,0	81,0	-	85,5
cantidad (phr)	7,0	5,0	5,0	9,3
Resistencia a la rodadura (índice)	106	105	100	108
Resistencia a la abrasión (neumático)	102	101	100	106

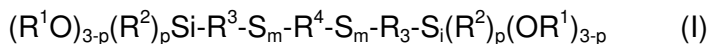
* SE: El compuesto del Ejemplo de Síntesis

Como se muestra claramente en la Tabla 2, el neumático del Ejemplo 12 mostró mejor resistencia a la rodadura y mejor resistencia a la abrasión que las de los neumáticos de un Ejemplo Comparativo.

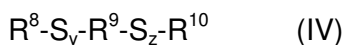
La composición de caucho de la presente invención tiene una menor viscosidad en el estado no vulcanizado y proporciona una excelente dispersión de la sílice. Cuando esta composición se usa para la banda de rodadura de un neumático, puede obtenerse un neumático que muestra excelente resistencia a la abrasión, poca resistencia a la rodadura y propiedades de frenado y de estabilidad en la dirección mejoradas sobre firmes húmedos.

REIVINDICACIONES

1. Una composición de caucho que comprende, por cada 100 partes en peso de un polímero, de 10 a 200 partes en peso de sílice y de 1 a 30 partes en peso de un compuesto de silano que tiene un átomo de azufre, representada por la fórmula estructural media (I):



- en la que R^1 y R^2 representan cada uno un grupo hidrocarburo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono, R^3 representa un grupo hidrocarburo divalente que tiene de 1 a 15 átomos de carbono, p representa un número entero de 0 a 2, m representa a un número de 1 o superior, e inferior a 2, que puede ser un promedio de números y R^4 representa un grupo funcional divalente representado por una de las siguientes fórmulas generales (III) a (IV):



- en las que R^6 a R^{10} representa un grupo hidrocarburo divalente lineal o ramificado que tiene de 1 a 20 átomos de carbono, un grupo aromático divalente o un grupo orgánico divalente que tiene un heteroátomo que no es un átomo de azufre ni un átomo de oxígeno, R^6 a R^{10} pueden representar el mismo grupo o grupos diferentes, y cada x , y y z representan un número de 2 o superior, e inferior a 4, que puede ser un promedio de números.

2. Una composición de caucho de acuerdo con la reivindicación 1, en la que m representa 1 en la fórmula estructural media (I) que representa el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre.

3. Una composición de caucho de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en la que cada x , y y z representa un número de 2 o superior y de 3 o inferior, que puede ser un promedio de números, en las fórmulas generales (III) y (IV) que representan el grupo funcional divalente.

4. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que R^4 representa a un grupo funcional divalente representado por la fórmula general (IV) en la fórmula estructural media (I) que representa el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre.

5. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que, en la fórmula estructural media (I) que representa el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre, R^4 representa un grupo funcional divalente representado por la fórmula

general (IV) en la que R⁸, R⁹ y R¹⁰ representa cada uno un grupo hexileno.

- 5 6. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la pureza del compuesto de silano que tiene un átomo de azufre es del 60 % o superior en el momento en el que el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcla para formar la composición de caucho.
- 10 7. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que, en el momento en que el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcla para formar la composición de caucho, un contenido de compuestos de silano que tiene un átomo de azufre y tres o más átomos de silicio en una molécula es del 30 % en peso o inferior al de la composición de caucho.
- 15 8. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el área superficial específica BET de la sílice es de 40 a 350 m²/g.
9. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el polímero es un caucho a base de dieno.
- 20 10. Un neumático que comprende un miembro que comprende una composición de caucho reivindicada en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
- 25 11. Un neumático de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el miembro es una banda de rodadura.
12. Una composición de caucho que comprende, por cada 100 partes en peso de un polímero, de 10 a 200 partes en peso de sílice y de 1 a 30 partes en peso de un compuesto de silano que tiene un átomo de azufre representado por la fórmula estructural media (I):
- 30
$$(R^1O)_{3-p}(R^2)_pSi-R^3-S_m-R^4-S_m-R_3-Si(R^2)_p(OR^1)_{3-p} \quad (I)$$
- en la que R¹ y R² representan cada uno un grupo hidrocarburo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono, R³ representa un grupo hidrocarburo divalente que tiene de 1 a 15 átomos de carbono, p representa un número entero de 0 a 2, m representa un número de 1 o superior, e inferior a 2, que puede ser un promedio de números, y R⁴ representa un grupo funcional
- 35 divalente representado por una de las siguientes fórmulas generales (II):



en la que R^5 representa un grupo decileno, grupo fenileno o grupo metilfenileno y R^5 puede representar un mismo grupo o grupos diferentes.

- 5 13. Una composición de caucho de acuerdo con la reivindicación 12, en la que m representa 1 en la fórmula estructural media (I) que representa el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre.
- 10 14. Una composición de caucho de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13, en la que la pureza del compuesto de silano que tiene un átomo de azufre es del 60 % o superior en el momento en el que el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcla para formar la composición de caucho.
- 15 15. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 ó 14, en la que, en el momento en el que el compuesto de silano que tiene un átomo de azufre se mezcla para formar la composición de caucho, un contenido de compuestos de silano que tienen un átomo de azufre y tres o más átomos de silicio es del 30 % en peso o inferior al de la composición de caucho.
- 20 16. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, en la que el área superficial específica BET de la sílice es de 40 a 350 m²/g.
- 25 17. Una composición de caucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, en la que el polímero es un caucho a base de dieno.
18. Un neumático que comprende un miembro que comprende una composición de caucho reivindicada en cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17.
- 30 19. Un neumático de acuerdo con la reivindicación 18, en el que el miembro es una banda de rodadura.