

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 552**

51 Int. Cl.:

C08L 95/00 (2006.01)

C08K 3/06 (2006.01)

C08K 5/42 (2006.01)

C08K 5/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2006 E 06752151 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 1877492**

54 Título: **Material ligante asfáltico modificado utilizando caucho granulado reticulado y método para fabricar un ligante asfáltico modificado**

30 Prioridad:

03.05.2005 US 677402 P

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

13.04.2015

73 Titular/es:

**INNOPHOS, INC. (100.0%)
259 PROSPECT PLAINS ROAD BLDG. G
CRANBURY, NJ 08512, US**

72 Inventor/es:

MARTIN, JEAN-VALERY

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 533 552 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

Material ligante asfáltico modificado utilizando caucho granulado reticulado y método para fabricar un ligante asfáltico modificado

[0001] La presente invención está dirigida, en un aspecto, a materiales ligantes asfálticos bituminosos que se modifican mediante la adición de caucho granulado o caucho molido de neumáticos y un agente reticulante. En un segundo aspecto, la presente invención está dirigida a un método para producir un ligante asfáltico modificado con caucho granulado o caucho molido de neumáticos y un agente reticulante. Los ligantes asfálticos modificados de la presente invención comprenden asfalto puro, caucho granulado, uno o más ácidos y un agente reticulante. De forma opcional, el ligante asfáltico modificado puede incluir uno o más aditivos de polímero. El caucho granulado puede obtenerse de neumáticos de automóviles y/o camiones reciclados.

[0002] La adición de caucho granulado en los ligantes asfálticos puede mejorar la consistencia y las propiedades de los ligantes asfálticos a temperaturas altas y bajas. En concreto, los ligantes asfálticos modificados de la presente invención muestran un comportamiento elástico mejorado, lo que tiene como resultado un rendimiento mejorado de carreteras u otras superficies pavimentadas utilizando el ligante asfáltico modificado. La resistencia de la carretera a una deformación permanente, agrietamiento por fatiga y agrietamiento térmico se mejora mediante el uso de ligante asfáltico modificado. La adición del agente reticulante puede también mejorar la estabilidad del ligante asfáltico modificado para su almacenamiento.

[0003] Tal y como se utiliza en el presente documento y en las reivindicaciones, la frase "ligante asfáltico" hace referencia a un material bituminoso, denominado algunas veces bitumen, utilizado como ligante en asfaltos utilizados para pavimentar carreteras u otras superficies, o utilizados en materiales de construcción tal como materiales de cubierta, revestimientos y sellantes al agua. Entre los ejemplos de bitumen que pueden utilizarse en las composiciones y métodos de la presente invención se incluyen bitúmenes naturales, pirobitúmenes y bitúmenes artificiales. Entre los bitúmenes que se prefieren especialmente se encuentran aquellos utilizados para calzadas, tal como asfalto o alquitrán mineral. El material de pavimentación asfáltico se realiza con la mezcla del ligante asfáltico con agregado.

[0004] Tal y como se utiliza en el presente documento y en las reivindicaciones, la frase "caucho granulado" hace referencia a partículas de caucho que presentan un tamaño de partícula inferior a 5 mm y preferiblemente presentan un tamaño de partícula inferior a 2 mm. El caucho granulado puede obtenerse a partir de la molienda de neumáticos de camiones o neumáticos de coches usados o a partir de cualquier otra fuente adecuada de caucho molido.

[0005] El uso de caucho granulado y ácido polifosfórico en ligantes asfálticos se describió previamente en la publicación número WO 04/081098, titulada "Bituminous Binder and Method for the Production Thereof." Tal y como se describe en dicha solicitud de patente publicada, mediante la combinación de entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de ácido polifosfórico y de entre 0,5 % en peso y 25 % en peso de caucho granulado (o caucho molido de neumáticos) con ligante asfáltico bituminoso, las propiedades del ligante asfáltico se pueden modificar de forma provechosa sin aumentar la viscosidad rotacional de tal forma que el proceso de mezcla requiera condiciones de alta temperatura.

[0006] Los ligantes asfálticos se utilizan con frecuencia en aplicaciones en las que puede existir una amplia variación en condiciones medioambientales, especialmente cuando se utilizan en pavimentos. Por consiguiente, las propiedades del ligante asfáltico en condiciones de alta y baja temperatura suponen un problema. Con temperaturas bajas, algunos materiales ligantes pueden volverse quebradizos, lo que lleva a largas fisuras transversales debido a la tensión térmica. Con temperaturas más altas, el ligante asfáltico se vuelve más fluido (es decir, la viscosidad es inferior), lo que puede llevar al surcado de un pavimento debido al paso de vehículos sobre la superficie. La resistencia a la fatiga y al impacto, y la adherencia del ligante asfáltico al agregado en aplicaciones de pavimentación son propiedades de un ligante específico que también deben considerarse en aplicaciones específicas.

[0007] Algunos ligantes asfálticos pueden requerir un comportamiento elástico relativamente alto, por ejemplo, cuando la correspondiente mezcla de pavimentación asfáltica se utiliza en áreas de mucho tráfico y altas cargas. El caucho granulado (o caucho molido de neumáticos), utilizado de forma independiente o junto con ácido polifosfórico, no mejora lo suficiente el comportamiento elástico de la mezcla de pavimentación asfáltica para usos con mucho tráfico y altas cargas. Cuando se necesita una alta elasticidad, se deben añadir grandes cantidades de caucho granulado al ligante asfáltico. Esto puede provocar un aumento no deseado en la viscosidad rotacional, así como problemas relacionados con el almacenamiento del material ligante.

[0008] Por consiguiente, entre los objetos de la presente invención se encuentra proporcionar un material ligante asfáltico con una elasticidad relativamente alta, una viscosidad rotacional aceptable y que pueda almacenarse

durante periodos de tiempo adecuados. Otro objeto de la presente invención es proporcionar métodos para realizar un ligante asfáltico con estas propiedades.

[0009] En un aspecto, la presente invención se dirige a un material ligante asfáltico modificado que comprende asfalto, caucho granulado, uno o más ácidos, un agente reticulante y, de forma opcional, uno o más polímeros. En una forma de realización de la invención, el asfalto puro se modifica mediante la adición de 0,5 % a 30 % en peso de caucho granulado, de 0,05 % a 5 % en peso de uno o más ácidos y de 0,01 % a 5 % en peso de un agente reticulante. El ligante asfáltico modificado puede también incluir entre 0,5 % en peso y 30 % en peso de uno o más aditivos de polímero. Los ligantes asfálticos de la presente invención normalmente presentan entre 10 % y 90 % de recuperación elástica según un ensayo de recuperación elástica convencional, tal como los protocolos de ensayo establecidos en AASHTO T51, ASTM D6084-04, NLT329 u otros ensayos convencionales.

[0010] En otro aspecto, la presente invención se dirige a un método para producir un material ligante asfáltico modificado que comprende asfalto, caucho granulado, uno o más ácidos, un agente reticulante y, de forma opcional, uno o más polímeros.

[0011] En otro aspecto adicional, los ligantes asfálticos modificados de la presente invención pueden mezclarse con agua y un emulsionante con el fin de formar una emulsión. El ligante asfáltico emulsionado puede mezclarse con material agregado, extenderse para formar una capa del grosor deseado y la emulsión se romperá para formar un pavimento de asfalto. De forma alternativa, el ligante asfáltico emulsionado puede extenderse sobre una superficie, se puede extender un material agregado sobre el ligante emulsionado y se puede romper la emulsión.

[0012] La presente invención está dirigida a ligantes asfálticos modificados y a un método para realizar ligantes asfálticos modificados. Los ligantes asfálticos modificados comprenden asfalto puro, caucho granulado, uno o más ácidos y uno o más agentes reticulantes. De forma opcional, las composiciones pueden además incluir uno o más polímeros. Ha de entenderse que "caucho granulado" según se utiliza en el presente documento, incluye caucho granulado, tal como caucho molido de neumáticos o cualquier otro caucho proporcionado en forma de partícula adecuado para su mezcla con un ligante asfáltico. Normalmente, una parte considerable del caucho granulado presentará un tamaño de partícula inferior a 5 mm, preferiblemente inferior a 2 mm y más preferiblemente inferior a 1 mm. La invención no está limitada en este sentido y el caucho granulado puede presentar una distribución del tamaño de partícula que tenga como resultado un ligante asfáltico con las propiedades deseadas.

[0013] Los ligantes asfálticos modificados de la presente invención comprenden entre 60 % en peso y 98,9 % en peso de asfalto puro, entre 0,1 % en peso y 30 % en peso de caucho granulado, entre 0,05 % en peso y 5 % en peso de uno o más ácidos y entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante. De forma opcional, el ligante asfáltico modificado puede comprender además entre 0,5 % en peso y 30 % en peso de uno o más polímeros sintéticos.

[0014] Entre los ácidos preferidos para utilizarse en el ligante asfáltico modificado de la presente invención se incluyen ácido fosfórico, ácido polifosfórico (más del 100 % expresado como contenido ortofosfórico) ("PPA"), ácido sulfúrico con más del 90 % en peso, ácido bórico y ácidos carboxílicos tal como, por ejemplo, ácido adípico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido tartárico, ácido maleico, ácido valérico, ácido succínico, ácido fumárico, ácido glutámico, ácido ftálico, ácido acético y combinaciones de los ácidos anteriores. La invención no está limitada en este aspecto y en el ligante asfáltico modificado puede utilizarse cualquier ácido adecuado conocido por aquellos expertos en la técnica.

[0015] El ácido puede añadirse al ligante asfáltico tanto en forma sólida como en una solución líquida. Cuando se utiliza una forma sólida del ácido, el ácido puede ser o bien un ácido puro, como el ácido bórico o el ácido polifosfórico, o bien el componente ácido puede combinarse con un componente inerte para una mayor facilidad de manejo, tal como por ejemplo, un aditivo SiO₂-PPA.

[0016] Entre los agentes reticulantes preferidos se incluyen compuestos basados en azufre tal como, por ejemplo, benzotiazol, difenilguanidina, ditiocarbamato y azufre elemental y/o mezclas de estos. El agente reticulante Butaphalt también es adecuado, así como los reticulantes nombrados en las siguientes patentes estadounidenses y solicitudes publicadas: Patente estadounidense; n° 6.451.886; solicitud n° ser. 2003144387 y patente estadounidense n° 5.256.710 La invención no está limitada en este aspecto y en la presente invención puede utilizarse cualquier agente reticulante de caucho adecuado conocido por aquellos expertos en la técnica.

[0017] En aquellas formas de realización de la presente invención en las que se utiliza un polímero sintético, entre los polímeros sintéticos preferidos se incluye estireno butadieno, tribloque estireno butadieno estireno ("SBS"), etilvinilacetato, copolímeros etileno propileno, cloruro de polivinilo (PVC), nylon, poliestireno, polibutadieno, resinas de acrilato, resinas de fluorocarbono, resinas fenólicas, resinas alquídicas, poliésteres, polietileno (lineal o reticulado), terpolímero epoxi, polipropileno (atáctico o isotáctico) y combinaciones de estos.

La invención no está limitada en este aspecto y en el ligante asfáltico modificado puede utilizarse cualquier polímero sintético adecuado conocido por aquellos expertos en la técnica.

[0018] En un segundo aspecto, la presente invención está dirigida a un método para producir el ligante asfáltico modificado. Para aquellas formas de realización de la presente invención que no incluyen un aditivo de polímero sintético, el método preferido de fabricación del ligante asfáltico modificado comprende las etapas de (1) calentar el asfalto a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C, (2) añadir un primer ingrediente modificador, (3) mezclar el asfalto y el primer ingrediente modificador con una mezcladora de alto cizallamiento, tal como, por ejemplo, una mezcladora de tipo rotor-estátor (es decir, una mezcladora del tipo SILVERSON) durante un periodo de entre 5 minutos y 10 horas, (4) añadir un segundo ingrediente modificador al ligante asfáltico modificado, (5) mezclar el segundo ingrediente modificador y el ligante asfáltico modificado en una mezcladora de alto cizallamiento durante un periodo de entre 5 minutos y 10 horas, (6) añadir un tercer ingrediente modificador al material ligante modificado, y (7) agitar el tercer ingrediente modificador y el ligante asfáltico modificado en una mezcladora de bajo cizallamiento (tal como, por ejemplo, una mezcladora de tipo hélice accionada mediante un motor a 250 rpm, similar a una mezcladora de laboratorio del tipo IKA) durante un periodo de entre 5 minutos y 48 horas.

[0019] El primer agente modificador es o bien caucho granulado o uno o más ácidos. En los casos en los que el primer ingrediente modificador es caucho granulado, el segundo ingrediente modificador es el agente reticulante y el tercer ingrediente modificador es uno o más ácidos. De forma alternativa, en los casos en los que el primer ingrediente modificador es uno o más ácidos, el segundo ingrediente modificador es caucho granulado y el tercer ingrediente modificador es un agente reticulante. Preferiblemente, se añade caucho granulado al asfalto para conseguir un nivel de caucho granulado de entre 0,1 % en peso y 30 % en peso en el material asfáltico modificado final, se añaden uno o más ácidos para conseguir una concentración de ácido total de entre 0,05 % en peso y 5 % en peso en el material asfáltico modificado y el agente reticulante se añade para conseguir un nivel de entre 0,01 % en peso y 5 % en peso del agente reticulante.

[0020] En otras formas de realización del método de la presente invención, se añaden uno o más polímeros sintéticos a la composición de asfalto modificado. En estas formas de realización de la presente invención, el método preferido para modificar el ligante asfáltico incluye las etapas de (1) calentar el asfalto a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C, (2) añadir un primer ingrediente modificador, (3) mezclar el asfalto y el primer ingrediente modificador con una mezcladora de alto cizallamiento, tal como, por ejemplo, una mezcladora de tipo rotor-estátor (es decir, una mezcladora del tipo SILVERSON) durante un periodo de entre 5 minutos y 10 horas, (4) añadir un segundo ingrediente modificador al ligante asfáltico modificado, (5) mezclar el segundo ingrediente modificador y el ligante asfáltico modificado en una mezcladora de alto cizallamiento durante un periodo de entre 5 minutos y 10 horas, (6) añadir un tercer ingrediente modificador al material ligante modificado, (7) de forma opcional, mezclar el tercer ingrediente modificador y el ligante asfáltico modificado durante un periodo de entre 5 minutos y 10 horas, (8) añadir uno o más polímeros sintéticos como cuarto agente modificador al material asfáltico modificado y (9) agitar el cuarto ingrediente modificador y el ligante asfáltico modificado en una mezcladora de bajo cizallamiento (tal como, por ejemplo, una mezcladora de tipo hélice accionada mediante un motor a 250 rpm, similar a una mezcladora de laboratorio del tipo IKA) durante un periodo de entre 5 minutos y 48 horas.

[0021] Los ingredientes modificadores utilizados en las presentes formas de realización del método son caucho granulado, uno o más ácidos, uno o más polímeros sintéticos y un agente reticulante según se ha descrito anteriormente. El agente reticulante se añade al asfalto después de haber añadido el caucho granulado, pero el agente reticulante puede añadirse antes o después de los ácidos.

[0022] En estas formas de realización del método de la presente invención, se añade caucho granulado al asfalto para conseguir un nivel de caucho granulado de entre 0,1 % en peso y 30 % en peso en el material asfáltico modificado, se añaden uno o más ácidos para conseguir una concentración de ácido total de entre 0,05 % en peso y 5 % en peso en el material asfáltico modificado, se añaden uno o más polímeros sintéticos para conseguir una concentración de polímero total de entre 0,5 % en peso y 30 % en peso y el agente reticulante se añade para conseguir un nivel de entre 0,01 % en peso y 5 % en peso del agente reticulante.

[0023] Los expertos en la técnica entenderán que pueden utilizarse mezcladoras de bajo cizallamiento en lugar de mezcladoras de alto cizallamiento en el método descrito anteriormente dependiendo de las temperaturas y los tiempos de mezcla utilizados, y un experto en la técnica puede determinar fácilmente los tiempos de mezcla adecuados basándose en la temperatura y los materiales de adición utilizados.

[0024] Los polímeros sintéticos preferidos y los ácidos preferidos utilizados en el método de la presente invención se han descrito anteriormente.

[0025] A continuación se describen diferentes formas de realización de ejemplo del método de la presente invención:

Sistema caucho granulado-ácido-agente reticulante

Ejemplo 1:

[0026]

Se calienta el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C.

- 5 Se añade entre 0,1 % en peso y 10 % en peso de caucho granulado.
Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
Se añade entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
Se añade entre 0,5 % en peso y 3 % en peso de uno o más ácidos.
- 10 Se agita el asfalto modificado obtenido con una mezcladora de bajo cizallamiento de 5 minutos a 48 horas.

Ejemplo 2:

[0027]

- Se calienta el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 3 % en peso de uno o más ácidos.
- 15 • Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,1 % en peso y 10 % en peso de caucho granulado.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
- Se agita el asfalto modificado obtenido con una mezcladora de bajo cizallamiento de 5 minutos a 48 horas.

20 Sistema caucho granulado-polímero-ácido-agente reticulante

Ejemplo 3 (Método no según la invención)

[0028]

- Se calienta el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de uno o más polímeros sintéticos.
- 25 • Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,1 % en peso y 10 % en peso de caucho granulado.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 3 % en peso de uno o más ácidos.
- Se añade entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
- 30 • Se agita el asfalto modificado obtenido con una mezcladora de bajo cizallamiento de 5 minutos a 48 horas.

Ejemplo 4 (Método no según la invención)

[0029]

- Se calienta el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de uno o más polímeros sintéticos.
- 35 • Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 3 % en peso de uno o más ácidos.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.

- Se añade entre 0,1 % en peso y 10 % en peso de caucho granulado.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
- Se agita el asfalto modificado obtenido con una mezcladora de bajo cizallamiento de 5 minutos a 48 horas.

5 Ejemplo 5 (Método no según la invención)

[0030]

- Se calienta el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C.
- Se añade entre 0,1 % en peso y 10 % en peso de caucho granulado.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- 10 • Se añade entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de uno o más polímeros sintéticos.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 3 % en peso de uno o más ácidos.
- Se añade entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
- Se agita el asfalto modificado obtenido con una mezcladora de bajo cizallamiento de 5 minutos a 48 horas.

15 Ejemplo 6 (Método no según la invención)

[0031]

- Se calienta el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C.
- Se añade entre 0,1 % en peso y 10 % en peso de caucho granulado.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- 20 • Se añade entre 0,5 % en peso y 3 % en peso de uno o más ácidos.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de uno o más polímeros sintéticos.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
- 25 • Se agita el asfalto modificado obtenido con una mezcladora de bajo cizallamiento de 5 minutos a 48 horas.

Ejemplo 7 (Método no según la invención)

[0032]

- Se calienta el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 3 % en peso de uno o más ácidos.
- 30 • Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de uno o más polímeros sintéticos.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,1 % en peso y 10 % en peso de caucho granulado.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- 35 • Se añade entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
- Se agita el asfalto modificado obtenido con una mezcladora de bajo cizallamiento de 5 minutos a 48 horas.

Ejemplo 8 (Método no según la invención)

[0033]

- Se calienta el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 3 % en peso de uno o más ácidos.
- 5 • Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,1 % en peso y 10 % en peso de caucho granulado.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- Se añade entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de uno o más polímeros sintéticos.
- Se mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento durante un intervalo de entre 5 minutos y 10 horas.
- 10 • Se añade entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
- Se agita el asfalto modificado obtenido con una mezcladora de bajo cizallamiento de 5 minutos a 48 horas.

[0034] Los ensayos se llevaron a cabo para medir las propiedades de los ligantes asfálticos modificados utilizando agentes reticulantes de acuerdo con la presente invención. En un conjunto de ensayos, se preparó un ligante asfáltico modificado utilizando únicamente caucho granulado y PPA, mientras que se preparó un segundo ligante asfáltico modificado utilizando caucho granulado, 0,1 % de azufre como agente reticulante y PPA. En ambos casos, el caucho granulado se añadió al ligante asfáltico y se removió con una mezcladora de alto cizallamiento durante dos horas. Para el primer ligante modificado, se añadió PPA y se mezcló utilizando una mezcladora de alto cizallamiento durante 30 minutos. Para el segundo ligante modificado, se añadió azufre y se mezcló utilizando una mezcladora de alto cizallamiento durante 15 minutos, seguido de la adición de PPA y una mezcla adicional con una mezcladora de alto cizallamiento durante 30 minutos. Las propiedades medidas de los ligantes asfálticos modificados resultantes se resumen a continuación la Tabla 1.

Tabla 1

25

% CR	5	5
% PPA	0,5	0,5
Agente reticulante	Ninguno	0,1 % S
Asfalto	PG 64-22	PG 64-22
Temperatura	320 °C	160 °C
Visc, cP, 135 °C	890	1020
ER, %, 25 °C	35	45
TruGrade gama superior	72	72,9
BBR, Rigidez, MPa	180	205
BBR, valor-m	0,323	0,321

30

[0035] Se llevó a cabo una serie de ensayos en los que el ligante asfáltico modificado se producía mediante la adición de SBS, ácido polifosfórico y caucho granulado a un ligante asfáltico. En uno de los ligantes asfálticos modificados, se añadió un agente reticulante al ligante asfáltico tras la adición del caucho granulado. Los tiempos de mezcla utilizando una mezcladora de alto cizallamiento fueron los siguientes (los tiempos de mezcla tras la adición de cada componente fueron los mismos independientemente del orden de adición): tras la adición de caucho granulado, 2 horas; tras la adición de SBS, 6 horas; tras la adición de azufre, 30 minutos; tras la adición de PPA, 30 minutos. Las propiedades de los ligantes asfálticos modificados obtenidos en los ensayos se resumen en la Tabla 2.

40

Tabla 2

Orden de adición	SBS-PPA-CR	SBS-CR-PPA	CR-Agente reticulante-SBS-PPA
% CR	5	5	5
% PPA	0,5	0,5	0,5
% SBS	1,0	1,0	1,0
Agente reticulante, %	Ninguno	Ninguno	1 % AZUFRE
Temperatura	160 °C	160 °C	160 °C
Visc, cP, 135 °C,	1400	1320	1320
ER, %, 25 °C	50	50	57,5
TruGrade gama superior, °C	74,4	75,6	74,8
BBR, Rigidez, MPa	143	156	163
BBR, valor-m	0,329	0,326	0,321

[0036] Tal y como puede verse en las tablas anteriores, en cada caso, el ligante asfáltico modificado que contiene caucho granulado y un agente reticulante demostró una elasticidad mejorada en comparación con fórmulas que no incluían un agente reticulante.

5 **[0037]** La composición de asfalto modificado puede utilizarse en un proceso de tipo emulsión para aplicar el material ligante asfáltico. En una forma de realización, el proceso de emulsión comprende las siguientes etapas:

1. - la composición de asfalto modificado se prepara según se describe anteriormente;
2. - se prepara una emulsión de la composición de asfalto modificado obtenida en la etapa 1 mediante la mezcla de agua, de la composición de asfalto modificado y un emulsionante a temperatura ambiente;
- 10 3. - la emulsión obtenida en la etapa 2 se extiende con el fin de conseguir una capa uniforme del ligante asfáltico emulsionado y
4. - se rompe la emulsión.

15 **[0038]** Antes de romper la emulsión, se puede extender un material agregado sobre el ligante asfáltico emulsionado. De forma alternativa, el proceso descrito anteriormente puede incluir una etapa adicional en la que se añade un agregado, con agitación y a temperatura ambiente, a la emulsión obtenida en la etapa 2 del proceso para formar un material de pavimentación asfáltico. El material de pavimentación asfáltico se extiende con el grosor deseado y se rompe la emulsión. El emulsionante puede ser cualquier emulsionante adecuado conocido por los expertos en la técnica. Asimismo, la emulsión puede romperse utilizando métodos convencionales para romper emulsiones de asfalto.

20 **[0039]** Los expertos en la técnica reconocerán que las composiciones o métodos descritos anteriormente pueden modificarse de diferentes formas sin alejarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, se pueden omitir una o más de las etapas de mezcla descritas anteriormente, se pueden añadir dos o más ingredientes modificadores al asfalto juntos o al mismo tiempo, o se pueden añadir agentes modificadores adicionales a la composición para modificar de forma adicional las propiedades de la composición. Por consiguiente, las formas de realización descritas en el presente documento pretenden ser ilustrativas más que tener carácter limitativo.

25

REIVINDICACIONES

1. Una composición de ligante asfáltico modificado, que comprende:
 - a. de 60 % en peso a 98,9 % en peso de material ligante asfáltico.
 - b. de 0,1 % en peso a 30 % en peso de caucho granulado.
 - c. de 0,05 % en peso a 5 % en peso de al menos un ácido; y
 - d. de 0,01 % en peso a 5 % en peso de un agente reticulante.
2. Composición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que una parte considerable del caucho granulado presenta un tamaño de partícula inferior a 2 mm.
3. Composición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que al menos un ácido se elige del grupo consistente en ácido fosfórico, ácido polifosfórico (más del 100 % expresado como contenido ortofosfórico), ácido sulfúrico con más del 90 % en peso, ácido bórico y ácidos carboxílicos tal como, por ejemplo, ácido adípico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido tartárico, ácido maleico, ácido valérico, ácido succínico, ácido fumárico, ácido glutámico, ácido ftálico, ácido acético y combinaciones de estos.
4. Composición de acuerdo con la reivindicación 3, en la que el agente reticulante es azufre elemental.
5. Composición de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además uno o más polímeros sintéticos.
6. Composición de acuerdo con la reivindicación 5, en la que al menos un polímero sintético se elige del grupo consistente en estireno butadieno, tribloque estireno butadieno estireno, etilvinilacetato, copolímeros etileno propileno, cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno, polibutadieno, resinas de acrilato, resinas de fluorocarbono, resinas fenólicas, resinas alquídicas, poliésteres, polietileno (lineal o reticulado), terpolímero epoxi, polipropileno (atáctico o isotáctico) y combinaciones de estos.
7. Composición de acuerdo con la reivindicación 6, en la que al menos un ácido se elige del grupo consistente en ácido fosfórico, ácido polifosfórico (más del 100 % expresado como contenido ortofosfórico), ácido sulfúrico con más del 90 % en peso, ácido bórico y ácidos carboxílicos tal como, por ejemplo, ácido adípico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido tartárico, ácido maleico, ácido valérico, ácido succínico, ácido fumárico, ácido glutámico, ácido ftálico, ácido acético y combinaciones de estos.
8. Composición de acuerdo con la reivindicación 7, en la que el agente reticulante es azufre elemental.
9. Un método para realizar una composición de ligante asfáltico modificado, que comprende las etapas de:
 - a. proporcionar asfalto puro en un recipiente adecuado;
 - b. calentar el asfalto puro a una temperatura de entre 120 °C y 200 °C;
 - c. añadir un primer ingrediente modificador elegido del grupo consistente en caucho granulado y uno o más ácidos al asfalto puro;
 - d. mezclar el asfalto y el primer ingrediente modificador con uno de entre una mezcladora de alto cizallamiento o una mezcladora de bajo cizallamiento durante un periodo de entre 5 minutos y 10 horas.
 - e. añadir un segundo ingrediente modificador elegido del grupo consistente en caucho granulado y agentes reticulantes al ligante asfáltico modificado;
 - f. mezclar el segundo ingrediente modificador y el ligante asfáltico modificado con uno de entre una mezcladora de alto cizallamiento o una mezcladora de bajo cizallamiento durante un periodo de entre 5 minutos y 10 horas.
 - g. añadir un tercer ingrediente modificador elegido del grupo consistente en agentes reticulantes y uno o más ácidos al material ligante modificado; y
 - h. agitar el tercer ingrediente modificador y el material ligante modificado con uno de entre una mezcladora de alto cizallamiento o una mezcladora de bajo cizallamiento durante un periodo de entre 5 minutos y 48 horas;
 con la condición de que cuando el primer agente modificador es uno o más ácidos, el segundo agente modificador sea caucho granulado y el tercer ingrediente modificador sea un agente reticulante o que cuando el primer ingrediente modificador es caucho granulado, el segundo ingrediente modificador sea un agente reticulante y el tercer ingrediente modificador sea uno o más ácidos.
10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además antes de la etapa de agitación del tercer ingrediente modificador y el material ligante modificado con uno de entre una mezcladora de alto cizallamiento o una mezcladora de bajo cizallamiento, la mezcla del tercer ingrediente modificador y el material ligante modificado con uno de entre una mezcladora de alto cizallamiento o una mezcladora de bajo cizallamiento durante un periodo de entre 5 minutos y 10 horas.

11. Método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el primer ingrediente modificador es entre 0,5 % en peso y 30 % en peso de caucho granulado, el segundo ingrediente modificador es entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante y el tercer ingrediente modificador es entre 0,05 % en peso y 5 % en peso de al menos un ácido.
- 5 12. Método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el primer ingrediente modificador es entre 0,05 % en peso y 5 % en peso de al menos un ácido, el segundo ingrediente modificador es entre 0,1 % en peso y 30 % en peso de caucho granulado, y el tercer ingrediente modificador es entre 0,01 % en peso y 5 % en peso de un agente reticulante.
- 10 13. Método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además la etapa de añadir un cuarto ingrediente modificador al material ligante asfáltico modificado en el que el cuarto agente modificador es uno o más polímeros sintéticos.
- 15 14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el primer ingrediente modificador es entre 0,5 % en peso y 30 % en peso de al menos un polímero sintético, el segundo ingrediente modificador es entre 0,1 % en peso y 30 % en peso de caucho granulado, el tercer ingrediente modificador es entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de al menos un ácido y el cuarto ingrediente modificador es entre 0,01 % y 5 % de un agente reticulante.
- 20 15. Método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el primer ingrediente modificador es entre 0,5 % en peso y 30 % en peso de al menos un polímero sintético, el segundo ingrediente modificador es entre 0,05 % en peso y 5 % en peso de al menos un ácido, el tercer ingrediente modificador es entre 0,1 % en peso y 30 % en peso de caucho granulado y el cuarto ingrediente modificador es entre 0,01 % y 5 % de un agente reticulante.
- 25 16. Método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el primer agente modificador es entre 0,1 % en peso y 30 % en peso de caucho granulado, el segundo agente modificador es entre 0,5 % en peso y 30 % en peso de al menos un polímero sintético, el tercer agente modificador es entre 0,05 % en peso y 5 % en peso de al menos un ácido y el cuarto ingrediente modificador es entre 0,01 % y 5 % de un agente reticulante.
- 30 17. Método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el primer agente modificador es entre 0,1 % en peso y 30 % en peso de caucho granulado, el segundo agente modificador es entre 0,05 % en peso y 5 % en peso de al menos un ácido, el tercer agente modificador es entre 0,5 % en peso y 30 % en peso de al menos un polímero sintético y el cuarto ingrediente modificador es entre 0,01 % y 5 % de un agente reticulante.
- 35 18. Método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el primer agente modificador es entre 0,5 % en peso y 5 % en peso de uno o más ácidos, el segundo agente modificador es entre 0,5 % en peso y 30 % en peso de al menos un polímero sintético, el tercer agente modificador es entre 0,1 % en peso y 30 % en peso de caucho granulado y el cuarto ingrediente modificador es entre 0,01 % y 5 % de un agente reticulante.
- 40 19. Uso del material ligante asfáltico modificado de acuerdo con la reivindicación 1 en un método para preparar un material de pavimentación que comprende las etapas de:
 - (a) mezclar el ligante asfáltico modificado con agua y un emulsionante a temperatura ambiente con el fin de crear una emulsión de asfalto;
 - (b) extender la emulsión de asfalto con un grosor deseado; y
 - (c) romper la emulsión.
20. Uso de acuerdo con la reivindicación 19, en el que antes de la etapa en la que se extiende la emulsión de asfalto, se mezcla el agregado con la emulsión de asfalto.