

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 954**

51 Int. Cl.:

**C08L 17/00** (2006.01)

**C08L 95/00** (2006.01)

**E01C 5/00** (2006.01)

**C08J 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.07.2011 PCT/DE2011/001441**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.01.2012 WO12010150**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2011 E 11770678 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2593509**

54 Título: **Método para producir aglomerados que tienen caucho y cera, aglomerados producidos de acuerdo con dicho método, y uso de dichos aglomerados en asfaltos o compuestos bituminosos**

30 Prioridad:  
**12.07.2010 DE 102010026950**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.05.2017**

73 Titular/es:  
**SASOL WAX GMBH (50.0%)  
Worthdamm 13-27  
20457 Hamburg, DE y  
STORIMPEX IM- UND EXPORT GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:  
**BUTZ, THORSTEN;  
NÖLTING, MATTHIAS y  
WINKELMANN, GUNNAR**

74 Agente/Representante:  
**RUO , Alessandro**

**Observaciones:**

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

**ES 2 610 954 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

Método para producir aglomerados que tienen caucho y cera, aglomerados producidos de acuerdo con dicho método, y uso de dichos aglomerados en asfaltos o compuestos bituminosos.

5

**Campo técnico**

[0001] La invención se refiere a un método para producir un material a granel de aglomerados que tienen partículas de caucho y cera, especialmente en forma de gránulos. Además, la invención se refiere a la composición de aglomerado producida con este proceso, particularmente en forma de un gránulo, y el uso de este material a granel para la producción de asfalto o de un material mixto con un material bituminoso o de un material bituminoso que tiene propiedades mejoradas.

10

**Estado de la técnica**

15

[0002] Es bien sabido que estos asfaltos pueden ser modificados con diversos aditivos para mejorar el rendimiento y la durabilidad en la construcción de carreteras, por ejemplo, para evitar deformaciones tales como surcos y para evitar simultáneamente el agrietamiento de la exposición al frío o fatiga mecánica. Por ejemplo, se usan como aditivos elastómeros (por ejemplo, SBS y SBR), plastómeros (por ejemplo, EVA y PE) o partículas de caucho procedentes del reciclado de neumáticos. Además, se usa un segundo grupo de aditivos, que se clasifican como ceras, por ejemplo, parafinas Fischer-Tropsch, ceras de turba y ceras de amida. Estos aditivos también mejoran la resistencia contra la deformación, pero muestran poca o ninguna mejora en las propiedades de la fatiga y de baja temperatura del asfalto debido a la falta de un componente elástico. Un efecto importante de los aditivos de cera es la reducción de la viscosidad del betún y de la mezcla de asfalto a las temperaturas de producción y procesamiento. Esto permite una simplificación de la producción de la mezcla de asfalto y las capas de asfalto y una reducción de la temperatura de producción y procesamiento. Esto da como resultado un ahorro de energía y un menor impacto ambiental.

20

25

[0003] Básicamente, los aditivos se mezclan homogéneamente en el betún aglutinante antes de que el asfalto se produzca o se añada directamente durante la producción de los asfaltos.

30

[0004] La modificación con caucho se produce en un proceso húmedo o en un proceso seco. En un proceso húmedo, aproximadamente el 5-20 % de las partículas de caucho se introducen en betún caliente (160-200 °C) y se agitan durante 1-4 horas. Sólo una pequeña parte del caucho va a la solución, mientras que el resto se hincha absorbiendo los componentes oleosos del betún. La mezcla resultante permanece homogénea y requiere una agitación continua hasta que se produce el asfalto para evitar que las partículas de caucho se asienten. La viscosidad del betún se aumenta en gran medida por el caucho y cambia con el tiempo de almacenamiento debido a procesos de hinchamiento y despolimerización, como describe Diedrich en su artículo "Der Einsatz von modifiziertem Altgummimehl in nordamerikanischen Straßenbelägen", Asphalt 5/2000, 6-10.

35

40

[0005] En el proceso seco, las partículas de caucho se añaden directamente a la mezcladora de asfalto y se mezclan con betún y minerales. De manera desventajosa, el tiempo de mezclado debe aumentarse para conseguir una distribución homogénea. Incluso cuando se aumenta el tiempo de mezclado, el tiempo de interacción con el betún es demasiado corto para conseguir un hinchamiento y disolución comparables con el proceso húmedo. Existe el riesgo de que no se puedan conseguir las películas de aglutinante gruesas deseadas ni una alta resistencia de unión del aglutinante. Por lo tanto, la calidad del asfalto modificado con caucho producido con el proceso seco es generalmente menor.

45

[0006] Para evitar las desventajas del proceso en seco, también se puede producir un lote maestro a partir de partículas de caucho y betún, que se produce en forma granular, como se realiza, por ejemplo, en el denominado producto Tecroad.

50

[0007] Específicamente, los expertos han intentado reiteradamente sugerir mejoras en el uso del caucho para asfaltos.

55

[0008] Se conoce a partir del documento EP 1 873 212 B1 modificar el polvo de caucho mediante hinchamiento con aceites aromáticos al 2-40 % y posteriormente modificar el betún en un proceso húmedo, en el que el pre-hinchamiento reduce la temperatura y el tiempo de mezclado en la modificación del betún. Desventajosamente, sin embargo,

60

- los polvos de caucho hinchados no son necesariamente reductores de la viscosidad,
- la resistencia a la deformación se reduce a temperaturas ambiente,
- no hay compatibilidad del caucho y el betún,

- se utilizan aceites aromáticos nocivos para la salud y el medio ambiente,
- el producto se encuentra en una forma que no puede almacenarse, transportarse y dispensarse con facilidad y seguridad con los sistemas que típicamente existen en las plantas mezcladoras de asfalto (transporte neumático, transporte de tornillo),
- el producto no es adecuado para la adición directa en la mezcladora asfalto, lo que aumenta la complejidad (tiempo, energía, inversión para una planta de modificación) para la modificación del betún convencional, y
- debido al riesgo de explosiones de polvo, tales aditivos sólo pueden suministrarse de esta manera como un polvo fino cumpliendo con requisitos costosos.

**[0009]** Además, se conocen a partir del documento WO/1997/026299 y el documento DE 196 01 285 A1, un granulado que incluye caucho, un proceso para su producción, y un proceso para producir una mezcla de asfalto usando el granulado.

**[0010]** Por consiguiente, se describe un granulado de flujo libre del 50-95 % de caucho y betún o plástico polimérico (elastómeros o plastómeros termoplásticos), cuyos constituyentes están uniformemente distribuidos a temperaturas >130 °C bajo exposición a las fuerzas de cizalladura. Pueden estar presentes hasta el 25 % de aditivos (azufre, aceleradores de la vulcanización, aceite pesado, ácidos grasos, fibras de celulosa). El granulado se puede preparar a partir de una masa que se homogeneiza o se combina químicamente a alta temperatura en una amasadora o prensando los componentes individuales a baja temperatura (molino de muelas, disco perforado). Esto permite la fabricación de mezcla de asfalto de caucho para superficies de carreteras mediante la adición del granulado en el proceso de mezcla de asfalto a los minerales o al betún.

**[0011]** Las desventajas que actúan contra una reducción de la viscosidad y permiten emisiones y deformaciones son también abrumadoras. Además, los constituyentes aceitosos pueden ser eliminados del betún, lo que puede provocar el endurecimiento del betún.

**[0012]** Cuando el experto en la técnica procede de acuerdo con el método para la producción de gránulos de cal hidratada para su uso en la producción de asfalto y/o acondicionamiento del suelo granulando la cal hidratada y un aglutinante (del 0,5 al 69 %) según el documento U.S. 2008/0216712 A1, se apreciará que la cal hidratada mejora la resistencia al agua del asfalto y la adhesión del aglutinante a los minerales y que el caucho y la cera en esta publicación actúan como un aglutinante.

**[0013]** Aquí, el aglutinante puede estar aquí basado en agua o ser hidrófobo y puede incluir al menos uno de los siguientes componentes: betún, plastómeros, elastómeros, caucho, caucho de neumáticos triturado, caucho de neumático triturado pre-reaccionado. El gránulo puede contener hasta el 30 % de un aditivo (destilado de aceite mineral alifático, plastómeros, elastómeros, caucho, neumáticos de caucho pre-reaccionados). También puede contener como componente adicional: modificadores de la reología, aditivos estructurales, disolventes, tintes.

**[0014]** Los aceites y ceras se mencionan como aglutinantes orgánicos adecuados para el gránulo, y el gránulo puede estar hecho en una realización de un núcleo de cal hidratada y una envoltura compuesta por el aglutinante, pudiendo la envoltura, a su vez, consistir en betún y ceras de alta temperatura.

**[0015]** El experto no encuentra evidencia en este análisis que conduzca a una viscosidad reducida y una resistencia mejorada contra la deformación. En su lugar, debe concluir que los constituyentes aceitosos aquí pueden también eliminarse desventajosamente del betún.

**[0016]** Además, los documentos WO 94/14896 y CA 2.152.774 desvelan un método para preparar una composición bituminosa. Las partículas de caucho de neumáticos usados se hinchan aquí por calentamiento y cizalladura en un aceite de hidrocarburo altamente aromático y al menos parcialmente despolimerizado. Este material se dispersa en betún y un compatibilizador (caucho líquido) y, si es necesario, se puede añadir un agente de reticulación para obtener un aglutinante estable al almacenamiento. Se producen los llamados lotes madre con el 25-80 % de caucho estabilizado dispersado en betún, que se forma en un gránulo con cargas y polímeros.

**[0017]** No se encuentran beneficios para una compactación fiable, ahorro de energía, reducción de emisiones y resistencia a la deformación. Desventajosamente, se utilizan incluso aceites aromáticos que son nocivos para la salud/medio ambiente.

**[0018]** La patente DE 601 21 318 T2 se refiere a un método para producir un material de caucho granular y su uso en betún, y desvela la producción de gránulos de caucho, por ejemplo, a partir de neumáticos usados, y un adhesivo térmico (poliolefinas, PE, PP, EVA) con adición opcional de fibras en un proceso de extrusión. El calor generado por fricción de 80-300 °C tiene el objeto de fundir el adhesivo de fusión en caliente. Las poliolefinas producen un aumento de la viscosidad del asfalto. Todavía existe el riesgo de que los componentes aceitosos se eliminen del

betún, lo que provoca el endurecimiento del betún.

5 **[0019]** En un procedimiento para la preparación de la mezcla bituminosa desvelada en la patente DE 44 30 819 C1, en particular asfalto de carretera, con la adición de caucho y carbón activo, el carbón activado reduce las emisiones de vapor/gases en la producción de asfalto caliente y elución de sustancias nocivas debido al agua en asfalto frío producido con asfalto reciclado que contiene alquitrán. El caucho se añade aquí al mineral caliente antes del betún junto con o por separado del carbón activo o mezclado previamente con el betún. Sin embargo, no se indican los efectos reductores de la viscosidad y una mayor resistencia a la deformación.

10 **[0020]** En un asfalto colado según CH 694 430 A5, a través de la adición de un granulado de caucho, preferiblemente de neumáticos usados, se asume que la menor densidad del granulado de caucho en comparación con el asfalto colado provoca una acumulación en la superficie de la capa de asfalto para producir una superficie más elástica, reducción del ruido, propiedades antideslizantes mejoradas. El experto no es capaz repetidamente de reducir la viscosidad, aumentar la resistencia contra la deformación, simplificar el almacenamiento y el transporte, mejorar la dispensación y evitar el endurecimiento del betún.

15 **[0021]** También se desvelan las siguientes publicaciones

20 - El documento JP 2004060390 A desvela un con una resina epoxi de 2 componentes, en la que el componente principal de la resina epoxi se añade a la mezcla del asfalto mixture y el endurecedor se incorpora en forma de un agente de hinchamiento absorbido en las partículas de caucho,

- el documento JP 2008050841 A, en el que una placa inferior de rejilla protege la "superficie pavimentada" y reduce el ruido y mejora el agarre, y en el que la placa se produce a partir de neumáticos de residuos de caucho y polietileno,

25 - el documento JP 10338812 A, con una composición hinchable en agua y un "material de protección contra el agua" que consiste en arcilla hinchable en agua, betún, potenciadores sensibles a la temperatura, incluyendo caucho y cargas de refuerzo,

30 - el documento DE 42 32 907 A1 desvela productos hinchables en agua que, sin embargo, son resistentes al agua y muchos productos químicos para la fabricación de sellos con estructura sólida o celular, en los que también se usa una emulsión de betún como un reactivo en lugar de agua para modificar las propiedades del producto y en el que, por ejemplo, puede añadirse polvo de caucho como un relleno económico; sin embargo, no hay ninguna referencia al asfalto, y

35 - el documento DE 24 08 690 C2 desvela materiales termoplásticos producidos mezclando piezas de material de caucho, por ejemplo a partir de neumáticos usados, y aglutinantes termoplásticos, tales como PE, EVA, SBS.

**[0022]** Por último, el documento U.S. 2010/0056669 A1 desvela la producción de un gránulo estable al almacenamiento para la producción de asfalto, que consiste en

40 - un núcleo compuesto por el 15-30 % de caucho de neumáticos triturado y el 70-85 % de betún para la construcción de carreteras, y

- una envoltura que recubre el núcleo, de manera que el gránulo tenga un tamaño máximo de 1/16 a 2 pulgadas, compuesto por un polímero o cera resistente al agua, o partículas finas.

45 **[0023]** El núcleo que se ha mencionado anteriormente contiene menos del 10 % en peso de azufre; las partículas finas son cal hidratada (o asfalto triturado [reivindicación 4]) que constituyen menos del 40 % en peso de todo el gránulo.

50 **[0024]** El gránulo también puede contener harina de roca, aglutinantes bituminosos adicionales, aglutinantes no bituminosos, aditivos estructurales, colorantes, sales, modificadores de la viscosidad.

**[0025]** Se mencionan materiales con comportamiento no newtoniano, por ejemplo, polisacáridos. Por lo tanto, se puede concluir que esto no incluye reductores de viscosidad.

55 **[0026]** El proceso para preparar estos gránulos incluye la adquisición de caucho de neumático triturado y betún de construcción de carreteras, hacer reaccionar el caucho y el betún durante al menos 45 minutos, combinar la mezcla de reacción con partículas finas para formar el núcleo, y revestir el núcleo con una envoltura para formar el gránulo. El método para producir asfalto incluye la licuefacción de los gránulos por calentamiento y la combinación con minerales, y opcionalmente la adición de betún adicional.

60 **[0027]** Se supone que el material de la llamada envoltura incluye, entre otros, cera de petróleo en bruto, Sasol Wax y Sasobit, y también Sasol Wax como componente del aglutinante para el denominado núcleo junto con betún y caucho, porque Sasol Wax es conocido por ser útil para reducir las temperaturas para la preparación y descarga de

asfalto de aproximadamente 325-300 °F (162-150 °C) a 280-250 °F (139-121 °C).

Las reacciones de caucho y betún que se han mencionado anteriormente han realizarse a altas temperaturas de 350-380 °F (aproximadamente 175-195 °C).

5 **[0028]** Un experto en la técnica deducirá a partir del documento U.S. 2010/0056669 A1 que incluso

- una pre-reacción del caucho puede tener lugar (mediante mezcla con betún caliente), y
- la adición de cera para reducir las temperaturas para la producción y aplicación de asfalto ha demostrado ser un éxito.

10 **[0029]** Sin embargo, después de una investigación analítica exhaustiva, el experto en la técnica reconocerá que estos denominados gránulos no representan un aditivo para modificar asfalto en asfalto de caucho, sino más bien una clase de aglutinante para producir asfalto aglutinante granulado que representa el aglutinante del asfalto exclusivamente o con limitadas fracciones adicionales de betún, con las consiguientes desventajas. Los actuales  
15 sistemas de almacenamiento, sistemas transportadores y sistemas de medición de las plantas de mezcla de asfalto no están contruidos para el uso de un aglutinante sólido y granular.

**[0030]** El experto en la técnica puede deducir a partir de lo mismo una enseñanza de endurecimiento del betún, pero no junto con un hinchamiento integrado.

20 **[0031]** Incluso cuando se consulta también el documento WO 2010/023173 A1, no se encuentra ningún enfoque para resolver la siguiente cuestión en la combinación de las fuentes analizadas de la técnica anterior.

**[0032]** La última publicación mencionada desvela una composición bituminosa de un "proceso húmedo". De  
25 manera desventajosa, se usa un aglutinante acabado modificado con caucho, y el usuario en la planta mezcladura de asfalto necesita un tanque de aglutinante adicional para el almacenamiento, que normalmente no está disponible. También hay una falta de flexibilidad para el ajuste, ya que sólo está contenido en el tanque un aglutinante con una concentración de caucho definida y una clase de dureza definida. Como una desventaja adicional, se requieren tiempo, energía y una instalación de modificación para la producción de la composición bituminosa. Además, el  
30 hinchamiento del caucho no impide el endurecimiento del betún eliminando los componentes aceitosos del betún. La viscosidad de la composición bituminosa sigue siendo la misma que en un betún modificado con caucho convencional, y no se reduce.

### 35 Descripción del espíritu de la invención

**[0033]** La invención tiene el objeto de proporcionar un método para producir un material a granel de aglomerados de partículas de caucho y cera, especialmente en forma de gránulos, así como una nueva composición del aglomerado, particularmente en un gránulo, y el uso de este material a granel para la fabricación de asfalto y de asfalto mejorado, o de una mezcla de materiales con un material bituminoso o de un material bituminoso, en el que  
40 las partículas de caucho se combinan con la cera de tal forma que

- las partículas de caucho se activan sin sustancias peligrosas para la salud/medio ambiente y se humedecen homogéneamente con cera,
- el aglomerado, como los gránulos, puede almacenarse y transportarse de forma fácil y segura, y puede  
45 dispensarse con los sistemas que están normalmente presentes en las plantas mezcladoras de asfalto para la adición directa,
- el asfalto fabricado tiene tales efectos funcionales combinados, que aumentan su resistencia a la deformación a temperatura ambiente y mejoran el asfalto debido a las propiedades de las partículas activas de caucho y su interacción intensiva con el betún, en el que los constituyentes oleosos no se eliminan del  
50 betún en el asfalto y el betún no se endurece, y
- los efectos beneficiosos en el aglomerado dan como resultado una incorporación logísticamente más flexible o un procesamiento del asfalto o un material mixto con un material bituminoso o un material bituminoso.

55 **[0034]** Por lo tanto, en particular, las desventajas descritas en el documento US 2010/0056669 A1 se eliminan, de manera que

- no tiene lugar una reducción del endurecimiento del betún incorporando componentes bituminosos durante el hinchamiento del caucho,
- no puede tener lugar el hinchamiento del caucho mediante el aceite añadido (pero implícitamente por el  
60 betún añadido),
- no se mejora la resistencia a la deformación debido a la cera,
- no tiene lugar una adición opcional de polioctenámico para mejorar la compatibilidad del betún y el

caucho, y

- únicamente es posible una pequeña fracción de un máximo del 30 % de caucho.

5 **[0035]** Como parte de la cadena tecnológica, como la producción de aglomerados, la composición aglomerada y la producción del asfalto mejorado, han de conseguirse beneficios para el procesamiento y una compactación fiable, ahorro de energía, reducción de emisiones, han de evitarse explosiones de polvo y puede realizarse un transporte neumático o mecánico (transportador de tornillo) para reducir la complejidad, tal como el tiempo, la energía, las inversiones para las instalaciones de modificación en comparación con la modificación del asfalto convencional.

10 **[0036]** Este objeto complejo se consigue por las características de las reivindicaciones 1 a 23.

15 **[0037]** El método indicado en la reivindicación 1 para la preparación de un material a granel de aglomerados que incluyen partículas de caucho y cera con un punto de solidificación por encima de 50 °C, preferiblemente parafinas de petróleo, parafinas Fischer-Tropsch, ceras de amida, ceras de turba, ceras poliméricas, ésteres de glicerol, por pre-reacción de hinchamiento de las partículas de caucho y adición de cera y comprende las etapas del método de

20 a) activación del caucho por hinchamiento a un mínimo de 83 °C hasta un máximo de 120 °C y el uso de un agente de hinchamiento de aceites minerales nafténicos o parafínicos, aceites lubricantes reciclados, aceites naturales o parafinas que se funden a 20-40 °C de la síntesis de Fischer-Tropsch, excluyendo aceites ricos en aromáticos,

b) adición de un material fundido de cera que se funde por encima de 50 °C que tiene un efecto reductor de la viscosidad sobre el betún, en el que, por el aumento del consumo de corriente (medición de gradiente) de la mezcladora a aprox. 85 °C, se detecta la fusión de la cera y el proceso de mezcla se detiene, y del polioctenámico opcional a las partículas de caucho activadas por hinchamiento,

25 c) aglomeración de las partículas de caucho activadas por hinchamiento con la cera reductora de la viscosidad y materiales potenciadores de las adhesiones opcionales como resinas o poliisobutenos mezclando la amalgama o por la acción de una presión de tal manera que el agente de hinchamiento penetre en los espacios entre las moléculas de caucho y separe las moléculas y las fuerzas físicas de atracción se reduzcan o se interrumpan, en el que

30 d) por el mayor volumen que conduce a una reducción de la viscosidad y el ablandamiento, tiene lugar en el aglomerado una humectación más íntima y homogénea con la cera, así como una mayor estabilidad de la reticulación de las moléculas de caucho entre sí y se puede hacer en 7 min 50 s.

35 **[0038]** El efecto combinado sorprendente e inventivo se determina debido al mayor volumen que conduce a una reducción de la viscosidad y debido al ablandamiento, se produce una humectación más íntima y homogénea con la cera y un aumento de la estabilidad de la reticulación de las moléculas de caucho entre sí. Este efecto es la base, o el potencial, de los efectos beneficiosos en el asfalto que se va a producir, en un material mixto con un compuesto bituminoso, o en un compuesto bituminoso.

40 **[0039]** De acuerdo con el método, mediante la adición de cera, se forma una capa sobre los artículos de caucho activados por la hinchazón.

45 **[0040]** El método se mejora adicionalmente añadiendo el 1-50 % en peso, preferiblemente el 25-35 % en peso del material fundido de la cera con respecto a la fracción de caucho.

**[0041]** La adición de polioctenámico con una fracción del 1-50 % en peso en el material fundido de cera, preferiblemente con una fracción del 25-35 % en peso en el material fundido de cera, también es ventajosa.

50 **[0042]** Además, es útil añadir adicionalmente el 0,1-5 % en peso de materiales potenciadores de la adhesión, por ejemplo, resinas o poliisobutenos, para intensificar la aglomeración.

**[0043]** El material fundido de cera debe añadirse a las partículas de caucho para activarse por hinchamiento en aproximadamente 2-3 minutos.

55 **[0044]** Una amalgama de mezcla, particularmente en un gránulo, se puede hacer mediante

- un mezclador mecánico caliente,

- un proceso de compresión con un molino de muelas y una matriz de conformación,

- un proceso de extrusión, o

60 - un mezclador generador de calor materializado como una mezcladora de fricción, una mezcladora de fluido o una turbomezcladora.

**[0045]** La adición de cera a las partículas de caucho y la formación de aglomerados son posibles en dos etapas de

proceso sucesivas.

5 **[0046]** El aglomerado producido por los métodos se usa en la preparación de asfaltos o compuestos bituminosos a través de la adición directa en una planta mezcladora para materiales de asfalto mixtos o materiales bituminoso, particularmente en forma de un gránulo hecho por partículas de caucho y cera, y que comprende:

- 10 - partículas de caucho que tienen una distribución del tamaño de partícula entre 0,05 y 5 mm,  
- un material fundido de cera en o sobre las partículas de caucho con una fracción del 1-50 % en peso en base al componente de caucho, y  
10 - un agente de hinchamiento absorbido en las partículas de caucho en un intervalo del 1 % y el 100 % de la cantidad absorbible máxima del agente de hinchamiento.

15 **[0047]** El aglomerado se prepara ventajosamente en 15 minutos como un material a granel con una superficie seca mediante procesos de mezcla o aglomeración.

20 **[0048]** Para la preparación del asfalto, se usa un material a granel mediante mezcla con betún caliente, en el que para reducir las temperaturas para la preparación y aplicación del asfalto, los aglomerados se añaden directamente en la mezcladora de asfalto durante o después de la adición del betún con una fracción del 1-30 % en peso, preferiblemente con una fracción del 5-20 % en peso en base a la fracción de betún.

25 **[0049]** El uso tecnológico se contempla por un método en el que

- 25 a) la adición se realiza de 3 a 15 segundos antes de la adición del betún,  
b) debido al aumento de la temperatura y el aumento de las fuerzas de cizalladura, los aglomerados se desintegran rápidamente y las partículas de caucho se pre-distribuyen dentro de este periodo, activándose térmicamente el caucho,  
c) el calor licua la cera en el proceso de mezcla de asfalto, liberando rápidamente las partículas de caucho activadas,  
30 d) las partículas de caucho activadas por el pre-hinchamiento producen una interacción más intensa, tal como un revestimiento con el betún, y/o  
e) la temperatura de mezcla se ajusta en un intervalo de 130 a 190 °C.

35 **[0050]** En una mezcla de asfalto o una mezcla con un compuesto bituminoso, el método se perfecciona por

- 35 f) una temperatura de extendido de 120 a 230 °C,  
g) un grado de compactación en un intervalo del 98 al 103 %,  
h) una resistencia a la tracción por hendimiento en un intervalo de 1,70 a 3,00 N/mm<sup>2</sup>,  
i) una resistencia a la tracción por hendimiento después del almacenamiento en agua en un intervalo de 1,50 a 2,50 N/mm<sup>2</sup>, y  
40 j) una resistencia a la deformación, medida como una tasa de elongación en un ensayo de compresión uniaxial en un intervalo de 0,6 a 0,9\*10<sup>-4</sup>/n %.

45 **[0051]** El proceso para la producción de asfalto o un mezcla de materiales con un material bituminoso o un material bituminoso mediante el uso de un material a partir de los aglomerados producidos se determina de modo que el agente de hinchamiento penetra en los intersticios de las moléculas de caucho durante la mezcla, empuja a las moléculas y reduce o interrumpe las fuerzas físicas de atracción, en el que se produce una reducción de la viscosidad que es estable en el material mezclado hasta 180 min y en el que durante la reducción de la viscosidad eficaz durante este tiempo se obtiene un aumento de la estabilidad de la reticulación de las moléculas de caucho entre sí tras la incorporación de los aglomerados, acompañado de una estabilidad de tal formulación que dura hasta 50 180 min.

55 **[0052]** Por lo tanto, la mezcla de asfalto o el material mezclado con la composición bituminosa o la composición bituminosa puede presentar una reducción de la viscosidad de la composición bituminosa con respecto a su viscosidad inicial debido a la interacción tanto con el material de hinchamiento como con la cera, siendo la reducción de la viscosidad estable durante <180 min en el material mezclado, así como una mayor estabilidad de la reticulación de las moléculas de caucho, y tener estabilidad.

60 **[0053]** Tales composiciones bituminosas con aglomerados se pueden utilizar también para el tratamiento superficial de vías de circulación por pulverización de las composiciones bituminosas y aplicación de minerales.

**[0054]** Las partículas de caucho pueden obtenerse a partir del procesamiento de neumáticos usados (automóviles, camiones, o partes de neumáticos) a temperatura ambiente, ya que las partículas de caucho producidas en frío presentan relaciones de superficie/volumen desfavorablemente inferiores.

- 5 **[0055]** Por lo tanto, las partículas de caucho pueden hincharse con el 5-100 % en peso, preferiblemente el 10-40 % en peso en base a la fracción de caucho con aceites minerales nafténicos, aceites minerales parafínicos, aceites lubricantes reciclados, aceites naturales, ácidos grasos, o parafinas que se funden a 20-40 °C, de la síntesis de Fischer-Tropsch, y después se proporcionan, en base a la fracción de caucho, con el 1-50 % en peso, preferiblemente el 10-30 % en peso de un material fundido hecho de cera, incluyendo una adición opcional de polioctenámico, y se aglomeran.
- 10 **[0056]** La fracción de los polioctenámicos opcionales en el material fundido de cera es del 1-50 % en peso, preferiblemente del 25-35 % en peso. Aquí, el material fundido de cera sirve como un aglutinante para las partículas de cera.
- 15 **[0057]** Opcionalmente, la aglomeración puede intensificarse a través de la adición del 0,1-5 % en peso de sustancias potenciadoras de la adhesión, tales como resinas o poliisobutenos. Todas las ceras que se funden por encima de 50 °C, tal como parafinas de petróleo, parafinas Fischer-Tropsch, ceras de amida, ceras de turba, ceras poliméricas o ésteres de glicerol, pueden usarse como ceras.
- 20 **[0058]** Por ejemplo, todos los aceites nafténicos utilizados en la industria del caucho o comunes en otras aplicaciones son adecuados como aceites minerales nafténicos, que se producen por destilación al vacío a partir de petróleo crudo adecuado sin o con un refinado posterior.
- 25 **[0059]** Todas las fracciones de destilación parafínica refinada o no refinada obtenidas de petróleos adecuados por destilación al vacío pueden usarse como aceites minerales parafínicos.
- 30 **[0060]** También son adecuados los aceites minerales, que se reciclan a partir de aceites lubricantes usados.
- 35 **[0061]** Los aceites naturales adecuados son naturales, reciclados o están químicamente alterados, por ejemplo, ésteres de glicerol refinados o transesterificados con ácidos grasos.
- 40 **[0062]** Las parafinas que se funden a 20-40 °C se caracterizan por una fracción de alquenos lineales entre el 60 y el 90 % y una densidad de 700-800 kg/m<sup>3</sup> a 70 °C, como se mide por cromatografía de gases, y se obtienen a partir de la materia prima de la síntesis de Fischer-Tropsch por destilación.
- 45 **[0063]** Por ejemplo, se pueden usar resinas de hidrocarburo sintéticas alifáticas, aromáticas o parcialmente aromáticas, o ésteres de resina y politerpenos derivados de resinas de madera (colofonia) como resinas promotoras de la adhesión.
- 50 **[0064]** La invención tiene el efecto global de que el agente de hinchamiento penetra en los intersticios de las moléculas de caucho y empuja a las moléculas, mientras que los sitios de reticulación química entre las cadenas poliméricas permanecen sin cambios. Entonces, las fuerzas físicas de atracción se reducen o se interrumpen. El volumen mayor resultante y el ablandamiento provocan una humectación más íntima y homogénea con la cera.
- 55 **[0065]** Después de que la cera se funda en la mezcladora de asfalto, el betún puede hacer un contacto más intenso con la estructura hinchada de las moléculas de caucho, sin requerir grandes cantidades de componentes oleosos del betún para el hinchamiento. El cambio o endurecimiento del betún mediante la eliminación de los componentes aceitosos se reduce de este modo. La cera fundida reduce la viscosidad del betún en la mezcla de asfalto caliente y, por lo tanto, permite una compactación fiable del asfalto y la reducción de las temperaturas para producir e instalar el asfalto. Después de que el asfalto se haya enfriado, la cera se solidifica, mejorando así la resistencia del asfalto contra deformaciones debido a su dureza. El polioctenámico opcional forma enlaces durante la producción de asfalto que aumentan la compatibilidad del caucho y el asfalto.
- 60 **[0066]** A diferencia de las partículas de caucho fino, los aglomerados producidos de acuerdo con la invención pueden transportarse fácilmente con las técnicas de distribución existentes en las plantas mezcladoras de asfalto, tales como transportadores sinfín o transportadores neumáticos, que también se utilizan para gránulos de fibra. El tratar con aglomerados libres de polvo también reduce el riesgo de explosiones de polvo.
- [0067]** Los aglomerados se dosifican directamente en la mezcladora de asfalto en la producción de asfalto, en base a la composición bituminosa con una fracción del 1-30 % en peso, preferiblemente del 5-20 % en peso.
- [0068]** Los aglomerados se pueden añadir a las sustancias minerales calientes antes, durante o después de la adición del betún.
- [0069]** Se prefiere la adición en pocos segundos antes de que se añada el betún, debido a que la temperatura es

más alta en este momento y las fuertes fuerzas de cizalladura provocan una desintegración rápida de los aglomerados, una pre-distribución de las partículas de caucho, así como la activación térmica del caucho.

5 **[0070]** En el proceso de mezcla del asfalto, el calor licua la cera, así como las sustancias potenciadoras de la adhesión opcionales, y libera rápidamente las partículas de caucho activadas. La activación por pre-hinchamiento provoca una interacción más rápida y más intensa con el betún, de modo que se consiguen mejores propiedades del asfalto que con la adición convencional de partículas de caucho en un proceso de mezcla en seco.

10 **[0071]** Con el polioctenámico opcional como polímero reactivo, se mejora la compatibilidad del betún y del caucho mediante la formación de enlaces químicos. La cera fundida reduce la viscosidad aumentada de la mezcla de asfalto debido al caucho, de manera que las capas de asfalto producidas con pavimentadoras de asfalto pueden procesarse mejor y el grado de compactación requerido durante la compresión por laminado se consigue de manera fiable.

15 **[0072]** A diferencia de los reductores de la viscosidad que son líquidos a temperatura ambiente, la cera usada en el presente documento no se ablanda a temperatura ambiente, sino que aumenta la resistencia.

20 **[0073]** La reducción de la viscosidad permite una reducción de las temperaturas típicamente altas necesarias con partículas de caucho en la producción de la mezcla de asfalto y la capa de asfalto. Esto ahorra energía de calentamiento, y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y vapores de betún y aerosoles protege el medio ambiente y mejora la seguridad en el lugar de trabajo.

25 **[0074]** Un efecto positivo adicional sobre el medio ambiente es la reutilización de un alto valor de los neumáticos usados en el contexto de la Ley de Reciclaje y Gestión de Residuos. Hasta la fecha, gran parte de los neumáticos usados acumulados se usaban sólo con una baja recuperación de energía.

30 **[0075]** Además, se conservan polímeros para producir aglutinantes modificados con polímeros, ya que se reemplazan por el asfalto de caucho de la invención.

35 **[0076]** El uso de aceites naturales o aceites lubricantes reciclados como agentes de hinchamiento también conserva los limitados recursos petrolíferos.

40 **[0077]** La invención proporciona efectos tecnológicamente sorprendentes y beneficiosos, comenzando con la producción del aglomerado a partir de caucho activado y cera hasta el uso para asfaltos o compuestos bituminosos o aplicaciones adicionales, que sólo pueden descubrirse con éxito mediante las siguientes consideraciones complejas con lo siguientes resultados

1. La composición del asfalto se describe generalmente utilizando un modelo coloidal. Por consiguiente, consiste en pequeñas partículas sólidas submicroscópicas (coloides), denominadas asfaltenos, y una fase líquida circundante (similar al petróleo) de un agente de dispersión, denominados maltenos. Este sistema es permanentemente estable porque los maltenos estabilizan los asfaltenos. Las propiedades mecánicas del betún se determinan por los siguientes factores:

- fracción de la fase de asfalteno,
- viscosidad de la fase de maltenos.

La fracción en volumen de la fase de asfalteno aumenta con la disminución de la temperatura. Es decir, las moléculas cambian de la fase de malteno a la fase de asfalteno a bajas temperaturas. Con el aumento de las temperaturas, las moléculas cambian de nuevo de la fase de asfalteno a la fase de malteno.

Este modelo explica la mayor dureza y rigidez del betún a bajas temperaturas debido al crecimiento de la fase de asfalteno sólido.

Por el hinchamiento de las partículas de caucho en el betún, los componentes aceitosos (maltenos) se eliminan del betún y se fijan en el caucho. Las partículas de caucho aumentan así en volumen (hasta dos veces) y se vuelven más blandas. El efecto sobre el betún es similar al del enfriamiento: La fracción de la fase de asfalteno sólido aumenta y el betún se endurece.

Cuanto más completa es la hinchazón del caucho, ya prevista por la adición de los agentes de hinchamiento, menor es la absorción de componentes del betún y menor es la modificación de las propiedades del betún. La flexibilidad y, por lo tanto, las propiedades favorables a baja temperatura del betún permanecen en gran parte intactas.

2. Se pudo descubrir la "acción de bloqueo" virtual alcanzada del aceite en el caucho, ya que de acuerdo con la invención, el granulado de caucho está pre-hinchado con un agente de hinchamiento. Esta hinchazón anticipa un proceso que utiliza el procedimiento húmedo del método de la técnica anterior. De acuerdo con la invención, el granulado de caucho se incorpora por la presente en el betún caliente, a menudo muy caliente. Durante un denominado "periodo de maduración", los componentes de bajo peso

molecular migran desde el betún caliente al granulado de caucho e hinchan este granulado, es decir, partes de la fase oleosa (maltenos) del betún migran al caucho. El betún deficiente en malteno es menos flexible y, por tanto, frágil y menos resistente a las bajas temperaturas.

5 **[0078]** El pre-hinchamiento de acuerdo con la invención provoca ahora una reducción de la capacidad de absorción del caucho antes de la producción del asfalto. Esto reduce, al menos parcialmente, la eliminación de los aceites del betún en la fase caliente durante el mezclado y el transporte, asegurando así que la mezcla de betún resultante conserva sus características originales.

10 **[0079]** Por lo tanto, se puede asumir que los tipos de betún más duros pueden usarse ahora en el contexto de la modificación de caucho de una manera más específica, ya que un "efecto de acción" para la eliminación de los aceites en el proceso húmedo puede controlarse y gestionarse mejor.

15 **[0080]** De acuerdo con la invención, el agente de hinchamiento puede actuar como una variable manipulada para las propiedades del betún, o incluso puede utilizarse como se indica a continuación:

Dependiendo del betún disponible y/o de la calidad del asfalto recuperado empleado en la formulación de asfalto, la calidad de la fracción de betún resultante contenida en una mezcla de asfalto puede verse afectada y puede controlarse a través de esta variable manipulada.

20 **[0081]** Una fase tecnológica final de la invención es la adición del aglomerado preparado según la invención en una planta mezcladora de asfalto; sin embargo, la invención también se puede usar con aglutinantes especiales. El aglomerado también produce efectos muy positivos cuando se usa en lugar de polvo de caucho no tratado en un proceso húmedo. Tanto el agente de hinchamiento como los componentes de cera mejoran la viscosidad. Este efecto se puede utilizar para aumentar la eficiencia de producción en este proceso, ya sea aumentando la velocidad de producción o reduciendo significativamente el consumo de energía.

25 **[0082]** Además, se obtienen también ventajas en aplicaciones en las que se utiliza betún modificado con caucho en tratamientos de superficie para carreteras. El betún se aplica aquí a una superficie por rociado en caliente. En una etapa de proceso posterior, los agregados se distribuyen entonces sobre la superficie caliente y se laminan. La viscosidad mejorada resulta de nuevo ventajosa para el procedimiento de pulverización. Asimismo, el proceso se mejora significativamente debido a la posibilidad más específica ya mencionada para formular el betún.

30 **[0083]** Las partículas de caucho hinchadas incorporadas en la matriz de asfalto permanecen altamente elásticas cuando el asfalto se ha enfriado. Dado que no se espera que las fases de malteno precipiten en el caucho incluso durante largos periodos de almacenamiento, el comportamiento elástico mejorado a bajas temperaturas se puede usar para emplear aglutinantes más duros para la producción de asfalto. De este modo, es posible desarrollar formulaciones de asfalto con un tiempo de almacenamiento mucho más largo. La producción económica de la mezcla de asfalto actualmente es sólo posible cuando se reutiliza el asfalto reciclado. Dado que los asfaltos reciclados típicamente carecen de aglutinantes modificados con elastómero, es necesaria una compensación con la adición de betún fresco. Para ello, se han desarrollado variantes denominadas de RC (recicladas) con betunes modificados con polímeros, que son adecuadas para la reutilización de hasta el 20 % del asfalto. Cuando se desea el uso de fracciones de asfalto más elevadas, se debe seleccionar otro aglutinante con una fracción más alta de componentes poliméricos incorporados. Por lo general, sólo dos opciones están disponibles por tipo, es decir, hasta un 20 % de RC añadido y hasta un 50 % de asfalto reciclado. Por ejemplo, cuando se usa un 30 % de RC, debe seleccionarse necesariamente la variante con hasta un 50 %. Esto aumenta el coste, porque los tipos de betún con mayor modificación son más caros. Aún no se dispone de aglutinantes adecuados para más de un 50 % de RC añadido. En el futuro, las nuevas técnicas de procesamiento posibilitarán eficiencias económicas particularmente altas.

35 **[0084]** Con la implementación tecnológica de la invención, es posible igualar exactamente la fracción de caucho requerida con el respectivo proceso de producción en cada planta mezcladora, es decir, cada mezcla contiene - como se ha ilustrado anteriormente con el efecto de ajuste- la cantidad exacta de modificación del granulado de caucho. Además, puede ahorrarse espacio de depósito y energía en cada planta mezcladora.

40 **[0085]** Cabe destacar las propiedades de la mezcla acabada, ya que las mezclas de asfalto previamente probadas requerían instalaciones de recepción de alta calidad para terminales de contenedores y carreteras adecuadas para un uso intensivo. Por ejemplo, las masillas de piedra (SMA) se distinguen por su muy buena estabilidad y alta resistencia al desgaste. Típicamente, se usan aglutinantes modificados con polímeros para este propósito. Los resultados de la evaluación de la técnica anterior han demostrado que, con el uso convencional, no existen diferencias significativas entre los tipos de mezcla modificada con caucho y modificada con polímero. Respecto a la durabilidad, como se mide por la prueba de rodadura, se observan beneficios significativos en la prueba de rodadura cuando se usa el aglomerado de acuerdo con la invención.

**[0086]** Por lo tanto, la preparación del aglomerado sustancialmente puede comprender en la práctica las siguientes etapas:

5 Etapa 1: Obtención de una fracción de cribado de partículas de caucho que tienen una distribución de tamaño de partícula de entre 0,05 y 5 mm, preferiblemente 0,2-1,2 mm, que se obtienen a temperatura ambiente mediante procesos mecánicos a partir de neumáticos usados, donde impurezas y las fibras de  
 10 caucho y las fibras de tela se separan por procesos magnéticos y mecánicos.  
 Etapa 2: Activación del caucho por hinchamiento utilizando líquidos adecuados, tales como los aceites nafténicos introducidos ahora en la industria del caucho en lugar del uso de aceites altamente aromáticos, en los que se ha descubierto sorprendentemente que también los aceites naturales, tales como aceite vegetal, aceites parafínicos, aceites lubricantes reciclados y parafinas que se funden a aproximadamente 20-40 °C, que se obtienen como una fracción de destilación de la corriente de producto de la síntesis de Fischer-Tropsch, son adecuados para producir hinchamiento.  
 15 Una realización preferida del hinchamiento implica la adición de menos de la cantidad máxima absorbible de agentes de hinchamiento en agitación mecánica, lo que asegura la distribución homogénea del agente de hinchamiento.  
 Etapa 3: Con la adición de cera, las partículas de caucho activadas por hinchamiento están de hecho recubiertas con aditivo de cera reductor de la viscosidad, opcionalmente polioctenámico y sustancias que mejoran la adherencia opcionales y, por lo tanto, una producción de aglomerados a partir de estos componentes, dando como resultado así la distribución uniforme de la cera reductora de la viscosidad sobre el caucho de acuerdo con la presente invención. Todos los procesos continuos o discontinuos son adecuados para este propósito, que mezclan una cera/material fundido potenciador de la adhesión de polioctenámico con las partículas de caucho precalentadas. Particularmente adecuados son, por ejemplo,  
 20 mezcladores que agitan las partículas de caucho con estructuras internas giratorias o brazos mezcladores y que alcanzan una distribución uniforme de la cera a través del contacto repetido de las partículas agitadas. Como alternativa, la cera, y opcionalmente el polioctenámico, y opcionalmente el promotor de adhesión, también pueden suministrarse a los mezcladores en forma sólida controlando el calor del proceso. Una realización preferida es la aplicación de mezcladores de fricción, tales como mezcladores de fluido o turbomezcladores. Tales mezcladores generan el calor necesario por fuerzas de fricción y cizalladura. Después de proporcionar las partículas de caucho y el comienzo del proceso de mezclado, el agente de hinchamiento, la cera, el polioctenámico potenciador de la adhesión opcional y los materiales opcionales se pueden añadir en cualquier orden o simultáneamente. Los componentes se pueden añadir, la cera se puede mezclar homogéneamente y fundirse en una operación. El polioctenámico opcional aumenta la compatibilidad entre el caucho y el betún a través de la reticulación química.  
 25 Son particularmente adecuados para el recubrimiento de las partículas de caucho todos los métodos que, además de la distribución del material fundido de cera, aglomeran al mismo tiempo las partículas para formar agregados mayores de 1-40 mm de diámetro. En este caso, el material fundido de polioctenámico de cera actúa como un aglutinante para las partículas de caucho. La adición opcional de sustancias potenciadoras de la adhesión puede aumentar la aglomeración. Esto puede incluir los siguientes métodos comúnmente utilizados en el procesamiento de plásticos y otras áreas:

- extrusión con molino de muelas y matriz de conformación,
- extrusión.

45 Etapa alternativa: La producción separada de aglomerados.  
 La adición de cera a las partículas de caucho de acuerdo con la invención y la formación de aglomerados con las etapas de procedimiento que se han descrito anteriormente también puede tener lugar en dos etapas de proceso consecutivas, por lo que aquí, el polioctenámico opcional mejora la compatibilidad del caucho y el betún mediante reticulación química.  
 50

**[0087]** La composición del aglomerado se caracteriza por

- Partículas de caucho que tienen un diámetro de 0,05-5 mm
- Hinchamiento a temperatura ambiente o a temperatura elevada por encima del punto de fusión del agente de hinchamiento, aceite nafténico absorbido, o aceite parafínico, o aceite lubricante reciclado, o aceite natural, o parafina de Fischer-Tropsch que se funde a 20-40°C. La fracción del agente de hinchamiento puede alcanzar la misma masa de las partículas de caucho
- Una fracción del 1-50 % en peso, en base a las partículas de caucho, de una cera con un punto de solidificación por encima de 50 °C.
- Una fracción del 0,1-10 % en peso, en base a las partículas de caucho, de la cera del polímero de polioctenámico (Vestenamer®)
- Una fracción del 0,1-5 % de sustancia potenciadoras de la adhesión, tales como resinas y poliisobutenos

**[0088]** Los valores cuantitativos y cualitativos alcanzables de las propiedades en el asfalto se mejoran con las siguientes características en la fabricación del asfalto y en el asfalto incorporado:

- 5 - los aglomerados se distribuyen directamente en mezcladoras de asfalto convencionales durante la producción de asfalto con una fracción del 1-30 % en peso, preferiblemente del 5-20 % en peso, en base a la composición bituminosa,  
 - los aglomerados se añaden a las sustancias minerales calientes antes, durante o después de la adición del betún, en los que se ha demostrado su eficacia cuando se añaden los aglomerados varios segundos antes de añadir el betún, debido a que la mayor temperatura en este momento y la mayor fuerza de cizalladura en la mezcladora asfalto provocan la desintegración rápida de los aglomerados, la pre-distribución de las partículas de caucho, así como la activación térmica del caucho,  
 10 - después, el calor licua instantáneamente la cera en el proceso de mezcla de asfalto y libera rápidamente las partículas de caucho activadas, en el que la activación por pre-hinchamiento provoca una interacción acelerada e intensa con el betún, de manera que se obtienen mejores propiedades de asfalto en comparación con una adición seca de partículas de caucho,  
 15 - los gránulos hinchados introducen un componente de cera adicional que reduce la viscosidad, es ventajoso para el procesamiento, una compactación infalible, ahorra energía y reduce las emisiones y aumenta la resistencia del asfalto contra la deformación a temperatura ambiente,  
 20 - las propiedades de asfalto se mejoran con las partículas de caucho activadas por hinchamiento y por interacción intensiva con el betún,  
 - el hinchamiento antes de la aglomeración evita la eliminación de los constituyentes aceitosos del betún en el asfalto cuando el caucho se hincha, contrarrestando así el endurecimiento del betún.

25 **[0089]** A continuación se describirán realizaciones ejemplares de la invención, basadas en primer lugar en tablas, y después con referencia a experimentos documentados en las figuras 1 a 3.

**[0090]** En las figuras se muestra:

30 **Figura 1**

- un diagrama en función del tiempo de la viscosidad de los betunes modificados del proceso de modificación, con las variantes

- 35 1) 20 % en peso de partículas de caucho, 2 % en peso de aceite aromático  
 2) 19,1 % en peso de partículas de caucho, 0,9 % en peso de polioctenámico (Vestenamer®), 2 % en peso de aceite aromático  
 3) 22 % en peso de material a granel activado compuesto por 9/10 de partículas de caucho y 1/10 de cera de bajo punto de fusión de la síntesis de Fischer-Tropsch  
 4) 22 % en peso de material a granel activado de 9/10 de partículas de caucho y 1/10 de aceite mineral  
 40 5) 22 % en peso de material a granel activado de 4/6 de partículas de caucho, 1/6 de aceite mineral y 1/6 de cera FT con punto de solidificación a 102 °C (Sasobit®)  
 6) 22 % en peso de material a granel activado de 4/6 de partículas de caucho, 1/6 de parafina de bajo punto de fusión de la síntesis FT y 1/6 de cera FT (Sasobit®);

45 **Figura 2**

Un diagrama en función del tiempo del punto de ablandamiento reblandecimiento por anillo y bola (medido según la norma DIN EN 1427) de betún modificado con caucho de neumático producido por agitación a 180 °C; 78 % en peso de betún base B 80/100 con las variantes mostradas en la figura 1,

- 50 1) 20 % en peso de partículas de caucho, 2 % en peso de aceite aromático  
 2) 19,1 % en peso de partículas de caucho, 0,9 % en peso de polioctenámico (Vestenamer®), 2 % en peso de aceite aromático  
 55 3) 22 % en peso de material a granel activado de 9/10 de partículas de caucho y 1/10 de cera de bajo punto de fusión de la síntesis Fischer-Tropsch  
 4) 22 % en peso de material a granel activado de 9/10 de partículas de caucho y 1/10 de aceite mineral  
 5) 22 % en peso de material a granel activado de 4/6 de partículas de caucho, 1/6 de aceite mineral y 1/6 de cera FT con punto de solidificación a 102 °C (Sasobit®)  
 60 6) 22 % en peso de material a granel activado de 4/6 de partículas de caucho, 1/6 de parafina de bajo punto de fusión de la síntesis FT y 1/6 de cera FT (Sasobit®);

**Figura 3**

Un diagrama en función del tiempo de flujo (medido según SABITA BR 4 T, TG1 MB 12) de betún modificado con caucho de neumático producido por agitación a 180 °C, 78 % en peso de betún base B 80/100, con las variantes mostradas en las figuras 1 y 2, tales como

- 5 1) 20 % en peso de partículas de caucho, 2 % en peso de aceite aromático
- 2) 19,1 % en peso de partículas de caucho, 0,9 % en peso de polioctenámico (Vestenamer®), 2 % en peso de aceite aromático
- 3) 22 % en peso de material a granel activado de 9/10 de partículas de caucho, y 1/10 de cera de bajo punto de fusión de la síntesis Fischer-Tropsch
- 10 4) 22 % en peso de material a granel activado de 9/10 de partículas de caucho y 1/10 de aceite mineral
- 5) 22 % en peso de material a granel activado de 4/6 de partículas de caucho, 1/6 de aceite mineral y 1/6 de cera FT con punto de solidificación a 102 °C (Sasobit®)
- 15 22 % en peso de material a granel activado de 4/6 de partículas de caucho, 1/6 de parafina de bajo punto de fusión de la síntesis FT y 1/6 de cera FT (Sasobit®).

**Mejor modo de realizar la invención**

[0091] La siguiente Tabla 1 documenta en primer lugar la producción de un aglomerado de acuerdo con la invención, en el que un producto ligeramente aglomerado del 66,6 % en peso de partículas de caucho (0,2-0,8 mm de diámetro), 16,7 % en peso de diversos agentes de hinchamiento y el 16,7 % en peso de cera de parafina de Fischer-Tropsch con un punto de solidificación de 102 °C se producen en una mezclador de fluido FM10 a una velocidad de rotación de 3600 RPM:

**Tabla 1**

Producto	Agente de hinchamiento	Orden de adición	Tiempo de mezcla [minutos]	Temperatura de mezcla máxima [°C]	Calidad del producto
1	Parafina FT*	Agente de hinchamiento, cera FT**	7:50	83	De flujo libre, homogéneo#
2	Parafina FT	Agente de hinchamiento, cera FT	5:00	120	De flujo libre, homogéneo
3	Aceite vegetal#	Agente de hinchamiento, Cera FT	4:40	86	De flujo libre, homogéneo
4	Aceite lubricante reciclado	Agente de hinchamiento, Cera FT	5:05	86	De flujo libre, homogéneo
5	Aceite lubricante reciclado	Cera FT, Agente de hinchamiento	3:45	86	De flujo libre, homogéneo

\*: Waksol A (Parafina Fischer Tropsch, Punto de fusión 32 °C)

#: Storflux Nature

\*\* : Sasobit® (Cera de parafina Fischer Tropsch, Punto de solidificación 102 °C)

###: La homogeneidad de la distribución de la cera de parafina Fischer Tropsch se examinó determinando el contenido de cera en muestras aleatorias por DSC

[0092] El granulado de caucho se suministra en la mezcladora, se inicia el proceso de mezclado y la generación de calor asociada, y posteriormente el agente de hinchamiento y la cera se miden y se añaden en diferentes órdenes secuenciales. La fusión de la cera se detecta mediante un aumento repentino del consumo de corriente (medición del gradiente) de la mezcladora a aproximadamente 85 °C, y se termina el proceso de mezclado. La uniformidad de la distribución de la cera puede detectarse en muestras aleatorias mediante calorimetría diferencial de barrido.

[0093] El ejemplo enumerado en la Tabla 1 muestra el carácter concluyente, en particular en cuando a su repetibilidad, con respecto a las características de las reivindicaciones 1 a 10.

[0094] El efecto de algunos aglomerados de cera de parafina del agente de hinchamiento de caucho descritos en la siguiente Tabla 2 sobre las propiedades del betún por la adición del 12 % en peso de caucho y/o el 18 % en peso de algunos de los productos de la Tabla 1 anterior se ilustra a continuación, en la que se utiliza un betún Nybit E60 que tiene una penetración de aguja de 64 1/10 mm:

**Tabla 2**

Producto	PEN <sup>#</sup> [1/10 mm]	Anillo y bola [°C]*	Ductilidad** [mm]	Recuperación elástica <sup>##</sup> [%]	Viscosidad [mPas]
Caucho	43	59,2	173	60	1380
1	62	94,5	76	54	510
3	52	87,5	90	56	640
4	46	86,5	103	61	650

\*: Punto de ablandamiento por anillo y bola (DIN EN 1427)  
 #: Penetración de agua a 25 °C (DIN EN 1426)  
 \*\*: Ductilidad a 25 °C DIN EN 13389)  
 ##: Recuperación elástica a 25 °C (DIN EN 13389)

5 **[0095]** Los aglomerados se mezclan con el betún a 160 °C mediante agitación. Como una prueba comparativa, la cantidad correspondiente de partículas de caucho puro se introdujo en el betún de la misma manera. Los valores más altos de penetración de aguja de las mezclas con los productos 1, 3 y 4 en comparación con la modificación con caucho puro muestran que el endurecimiento del betún debido a la absorción de componentes bituminosos se reduce considerablemente y se evita casi completamente con el producto 1. Además, el efecto reductor de la viscosidad en comparación con la prueba con caucho puro se hace evidente.

10 **[0096]** Un primer ejemplo para la producción e instalación de asfalto con aglomerados producidos según la invención se explicará con referencia a las Tablas 3 y 4, en el que se selecciona la adición de los aglomerados como un material a granel de sacos.

15 **[0097]** Un asfalto colado de piedra SMA 16 S se fabricará usando partículas de caucho que se activan de acuerdo con la invención y se añaden directamente en la mezcladora de asfalto y se instalan en una carretera.

20 **[0098]** Se utilizan las siguientes partículas de caucho activadas preparadas en un mezclador de fluido, que tienen un tamaño de partícula de 0,2-0,4 mm antes del hinchamiento:

**Tabla 3**

Composición de las partículas de caucho activadas usadas		
	Producto de caucho M	Producto de caucho P
Proporción de las partículas de caucho [% en peso]	66,7	66,7
Tipo de agente de hinchamiento	Aceite lubricante reciclado, refinado*	Aceite vegetal <sup>#</sup>
Proporción del agente de hinchamiento [% en peso]	16,65	16,65
Proporción de la cera FT** [% en peso]	16,65	16,65

\* : Storflux Premium  
 #: Storflux Nature  
 \*\*: Sasobit®

25 **[0099]** Las partículas de caucho activadas se transportan de una manera sencilla directamente en la mezcladora de asfalto en sacos de PE con una cinta transportadora antes de la adición del betún. La cantidad añadida es de 11 kg por tonelada de mezcla de asfalto, con el fin de alcanzar una fracción de caucho al 12 % en base al betún B 50/70. La mezcla de asfalto se produce a 170 °C.

30 **[0100]** Cuando se aplica sobre la carretera, la temperatura de la mezcla de asfalto en las pavimentadoras es de 160 °C.

**[0101]** La mezcla de asfalto y los núcleos de muestra instalados experimentalmente de la capa de asfalto terminada tienen los siguientes valores enumerados en la Tabla 4:

**Tabla 4**

Propiedades de los asfaltos producidos y puntos de ablandamiento de los aglutinantes extraídos		
	Producto de caucho M	Producto de caucho P
Minerales que pasan a través de un tamiz		
0,063 mm [% en peso]	14,1	13,5
0,25 mm [% en peso]	15,5	14,5
0,71 mm [% en peso]	17,0	16,4
1,00 mm [% en peso]	26,5	23,9

2,00 mm [% en peso]	31,9	30,1
5,00 mm [% en peso]	43,0	40,4
8,00 mm [% en peso]	65,8	52,6
11,20 mm [% en peso]	67,4	63,0
16,00 mm [% en peso]	98,2	98,4
22,40 mm [% en peso]	100,0	100,0
Fracción de aglutinante soluble [% en peso]	6,0	5,9
Fracción de caucho insoluble [% en peso]	0,6	0,6
Fracción de aglutinante total [% en peso]	6,6	6,5
Punto de ablandamiento por anillo y bola [°C]	75,0	74,4
Fracción de intersticios MPK* [% en vol.]	2,8	2,2
Núcleo de fracción de intersticios [% en vol.]	2,6	2,5
Tasa de elongación en punto de inflexión $\epsilon_w 10^{-4} \%/\eta^{**}$	0,9	0,6
Elongación después de 10.000 cambios de carga**	9,8	8,0
Resistencia a la tracción de hendimiento de residuos sensibles al agua [%]	15,3	8,9
*: Muestras de ensayo Marshall		
**: Parte StB de asfalto TP: Prueba de compresión uniaxial, 1999		

5 **[0102]** La fracción de la cera de FT da lugar a un mayor ablandamiento por anillo y bola (RuK) en los aglutinantes extraídos. Las propiedades ensayadas de los asfaltos confirman con los experimentos que la adición directa de partículas de caucho activadas y que contienen cera da como resultado propiedades de asfalto sobresalientes con alta resistencia a la deformación y baja sensibilidad al agua.

**[0103]** El pre-hinchamiento, y la activación lograda de este modo, del caucho mejora la producción de un betún modificado con caucho convencional que muestra nuevas y sorprendentes propiedades.

10 **[0104]** Un segundo ejemplo para la producción e instalación de asfalto con aglomerados de acuerdo con la invención se explicará con referencia a la Tabla 5, en la que los aglomerados se añaden como material a granel con transporte neumático.

15 **[0105]** Se producirá un asfalto colado de piedra SMA 8 Hmb a 170 °C con el producto de caucho M según el primer ejemplo de la Tabla 3 y un betún B 50/70.

20 **[0106]** Las partículas de caucho ceroso activadas se transportan a la mezcladora de asfalto con un sistema neumático antes de añadir el betún. Aunque el sistema de transporte neumático se utiliza normalmente para la adición de gránulos de fibra de celulosa, también puede utilizarse ventajosamente para la adición de los aglomerados producidos de acuerdo con la invención. Además, cuando se utiliza caucho, no se requiere celulosa para la producción de asfalto colado de piedra.

25 **[0107]** Al determinar muestras de ensayo de asfalto, las muestras pueden tomarse en diferentes lugares y ensayarse, las cuales muestran entonces los siguientes valores enumerados en la Tabla 5:

Tabla 5

Propiedades de las muestras de asfalto y el aglutinante extraído en diferentes posiciones de un asfalto instalado experimentalmente			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Minerales que pasan a través de un tamiz			
0,063 mm [% en peso]	12,9	13,1	13,1
0,126 mm [% en peso]	14,8	15,1	15,1
2,00 mm [% en peso]	32,4	32,5	32,6
5,50 mm [% en peso]	61,4	62,0	61,1
8,00 mm [% en peso]	95,8	96,1	96,8
11,2 mm [% en peso]	100	100	100
Fracción de aglutinante soluble [% en peso]	6,7	6,9	6,8
Fracción de aglutinante total [% en peso]	7,0	7,2	7,1
Punto de ablandamiento por anillo y bola [°C]	87,5	87,5	88,4
Fracción de intersticios MPK* [% en vol.]	2,5	2,5	2,3
Recuperación elástica** [%]	60	60	69
*: Muestras de ensayo Marshall			
**: A 25 ° de acuerdo con la norma DIN EN 13398			

- 5 **[0108]** Cabe destacar que los puntos de ablandamiento y las recuperaciones elásticas de los aglutinantes extraídos de muestras de asfalto físicamente separadas tienen valores que demuestran que se puede obtener una distribución homogénea de las partículas de caucho activado por adición directa en la mezcladora de asfalto, así como que se puede producir un asfalto que está uniformemente modificado con aglomerados de la invención y que tiene propiedades mejoradas.
- 10 **[0109]** El proceso de la invención se presenta claramente con referencia a los ejemplos ilustrados en las figuras 1, 2 y 3, comenzando con la etapa de modificación 1) correspondiente a la técnica anterior hasta la transición al efecto completo de acuerdo con la invención mostrada en las etapas de modificación 5) y 6).
- 15 **[0110]** Los sorprendentes efectos y ventajas de la invención para el proceso húmedo en comparación con el betún de caucho habitual de acuerdo con la técnica anterior se ilustran en un diagrama que muestra mediciones de propiedades importantes. En todos los experimentos, el betún modificado con caucho se preparó a partir del 78 % en peso de betún del grado de penetración 80/100 y partículas de caucho de neumático, así como otros aditivos y el material a granel hinchado activado de acuerdo con la invención por agitación a 180 °C.
- 20 **[0111]** La figura 1 muestra la dependencia temporal de la viscosidad de los betunes modificados en un diagrama del proceso de modificación. Una primera modificación 1) con el 20 % de caucho de neumático y el 2 % de aceite aromático corresponde a la técnica anterior. La viscosidad del betún modificado aumenta con el aumento del tiempo de agitación debido al hinchamiento del caucho. Después de pasar a través de un máximo, la viscosidad disminuye de nuevo debido a la disolución parcial del caucho. Para obtener las propiedades deseadas con respecto a la estabilidad frente a la deformación y la elasticidad del asfalto producido, sólo se ha de disolver una parte del caucho.
- 25 Por lo tanto, el betún modificado con caucho puede utilizarse para la producción de asfalto sólo en un intervalo de tiempo corto, que se sitúa en torno al máximo de la viscosidad. Cuando se producen retrasos debido a problemas en la cadena de suministro y se produce una disolución excesiva del caucho, el aglutinante ya no puede usarse. El aglutinante debe entonces devolverse a la planta de modificación para su reprocesamiento. Esto representa una pérdida económica significativa para el fabricante del aglutinante y otras pérdidas económicas debido al retraso en la aplicación del asfalto a la carretera.
- 30 **[0112]** De acuerdo con una segunda modificación 2), una parte del caucho se reemplazó por un polioctenámico. Esto cambia ligeramente el curso de la curva de viscosidad, pero la viscosidad permanece en el mismo alto nivel.
- 35 **[0113]** De acuerdo con una tercera modificación 3), el betún se modificó con material a granel hinchado activado compuesto por 9/10 partículas de caucho y 1/10 de cera de bajo punto de fusión de la síntesis de Fischer-Tropsch. Este material a granel y los otros tres materiales a granel, se prepararon en una mezcladora de fluido generadora de calor. El betún modificado obtenido ya tenía una viscosidad significativamente reducida.
- 40 **[0114]** Se realizó una cuarta modificación 4) en analogía a 3). Sin embargo, el material a granel se produjo a partir de 9/10 de partículas de caucho y 1/10 de aceite mineral. Esto reduce aún más la viscosidad del betún modificado.
- 45 **[0115]** La quinta y sexta modificaciones 5) y 6) se realizaron en analogía a 3). Sin embargo, se produjo el material de la invención a partir de 4/6 de partículas de caucho, 1/6 de cera FT (punto de solidificación a 102 °C, Sasobit®) y 1/6 de agente de hinchamiento, es decir, aceite mineral en 5), así como bajo una parafina de bajo punto de fusión producida a partir de la síntesis de Fischer-Tropsch en 6).
- 50 **[0116]** Estos betunes modificados 5) y 6) según la invención tienen las viscosidades más bajas y, por lo tanto, las mayores ventajas con respecto a la compactación intencionada de la mezcla de asfalto preparada a partir de los mismos y el mayor potencial para reducir la temperatura en la producción e instalación de asfalto. Esto reduce ventajosamente el consumo de energía y las emisiones (vapores y aerosoles del betún). La viscosidad está al menos reducida a la mitad en comparación con la técnica anterior.
- 55 **[0117]** También se ha observado sorprendentemente en la modificación 5) y 6) con los materiales a granel hinchados activados que se alcanzó una viscosidad esencialmente constante después de un tiempo de agitación de aproximadamente 100 minutos. Una viscosidad constante representa ventajas de procesamiento y logísticas significativas para el uso adicional del betún modificado, ya que la ventana de tiempo con una viscosidad constante, es decir, la proporción requerida de hinchamiento y sólo una ligera dilución del caucho, se aumenta muchas veces. El betún modificado se puede utilizar entonces en la producción de asfalto durante un período de tiempo mucho más largo. Esto simplifica la logística, y las propiedades deseadas del aglutinante modificado que se pueden lograr de forma más fiable, reduciendo significativamente el riesgo de tener que volver y evaluar de nuevo lotes que se han vuelto inutilizables debido a la disolución excesiva del caucho.
- 60

[0118] La figura 2 muestra los efectos de las modificaciones en el punto de ablandamiento de anillo y la bola del asfalto. Un alto punto de ablandamiento representa una buena resistencia a la deformación y estabilidad a altas temperaturas en verano. En comparación con la modificación de caucho según lo anterior 1), es decir, la técnica anterior, el uso de partículas de caucho activadas sólo con el agente de hinchamiento en las modificaciones 3) y 4) reduce desventajosamente el punto de ablandamiento. Por el contrario, el uso de materiales a granel activados producidos con agentes de hinchamiento y cera en las modificaciones 5) y 6) provocó ventajosamente un fuerte aumento del punto de ablandamiento.

[0119] La figura 3 muestra los efectos de las modificaciones sobre las propiedades de flujo del betún. En el método de ensayo Sabita BR 4 T, el betún modificado con caucho se soporta sobre una placa metálica inclinada de 35 a 60 °C. La trayectoria de flujo se mide después de 4 horas. En comparación con la modificación de caucho convencional según lo anterior 1), el uso de partículas de caucho activadas sólo con el agente de hinchamiento amplió la trayectoria de flujo. Esto se correlaciona con la viscosidad reducida. La modificación del material a granel activado con agente de hinchamiento y cera producida de acuerdo con la presente invención en las modificaciones tales como 5) y 6) impidió completamente el flujo. Esto es especialmente notable porque la viscosidad es al mismo tiempo al menos reducida a la mitad en el intervalo de temperatura en el que se procesa y se aplica el betún modificado.

[0120] Estas explicaciones también proporcionan evidencia de que la invención es un proceso uniforme, partiendo del proceso para producir un material a granel de aglomerados que incluyen partículas de caucho y cera, a través de la composición del aglomerado producido según el proceso, hasta el uso de este material a granel para la producción de asfalto o materiales bituminosos con propiedades mejoradas.

[0121] La invención que se ha descrito anteriormente satisface el objetivo perseguido sobre el producto final, tal como asfalto o materiales bituminosos, como resultado del método proporcionado para la preparación de un material a granel de aglomerados, el producto intermedio proporcionado de la composición del aglomerado producido de acuerdo con el proceso y el uso de este material a granel para la producción de asfalto o materiales bituminosos con propiedades mejoradas. El elemento estructural esencial y recién combinado de "partículas de caucho y cera" con sus sorprendentes propiedades y efectos novedosos representa un innovador y estrecho contexto técnico y funcional hasta el producto final.

#### Aplicabilidad industrial

[0122] En comparación con las soluciones conocidas, analizadas inicialmente, tal como se desvela en

- el documento EP 1 873 212 B1, según la cual la modificación del polvo de caucho tiene lugar por hinchamiento con el 2-40 % de aceites aromáticos y la posterior modificación del betún en el proceso húmedo, y el pre-hinchamiento reduce la temperatura y el tiempo de mezclado en la modificación del betún;
- los documentos WO/1997/026299 y DE 196 01 285 A1, en los que se describe un granulado de flujo libre hecho del 50-95 % de caucho y betún o plástico polimérico (elastómeros termoplásticos o plastómeros), cuyos componentes se distribuyen uniformemente a temperaturas >130 °C al exponerse a fuerzas de cizalladura, en los que pueden incluir hasta el 25 % de aditivos (azufre, aceleradores de la vulcanización, aceite pesado, ácidos grasos, fibras de celulosa), y el granulado se produce a partir de un material que se homogeneiza/se combina químicamente en una amasadora a altas temperaturas, o puede producirse comprimiendo los componentes individuales a baja temperatura (molino de muelas, disco perforado), para producir una mezcla de asfalto de caucho para pavimentos de carreteras por adición del granulado en un proceso de mezcla de asfalto a los minerales o al betún;
- el documento Usw712 A1 para la preparación de gránulos de cal hidratados para su uso en la producción de asfalto y/o acondicionamiento del suelo por granulación de la cal hidratada con un aglutinante (del 0,5 al 69 %), en el que la cal hidratada se utiliza para mejorar la resistencia al agua del asfalto. Método para la preparación de gránulos de cal hidratada para su uso en la producción de asfalto y/o acondicionamiento del suelo. Granulación de la cal hidratada con un aglutinante (0,5 al 69 %), en la que la cal hidratada se utiliza para mejorar la resistencia al agua del asfalto y también la adhesión del aglutinante sobre los minerales. El caucho y la cera pueden funcionar en esta solicitud como un aglutinante, el aglutinante puede ser a base de agua o hidrófobo, y puede contener al menos uno de los componentes, tal como betún, plastómeros, elastómeros, caucho, caucho de neumático triturado, caucho de neumático triturado pre-reaccionado, el gránulo puede contener hasta un 30 % de un aditivo (destilado de petróleo crudo alifático, plastómeros, elastómeros, caucho, caucho de neumático pre-reaccionado), y puede incluir además como un componente adicional de modificadores de reología, aditivos estructurales, disolventes, tintes. Además se mencionan aceites y ceras como aglutinantes orgánicos para el gránulo, y el gránulo puede consistir en un núcleo de cal hidratada y una envoltura del aglutinante, y la envoltura puede consistir en betún y ceras de alta temperatura;
- el documento WO 94/14896/CA 2152774 para la preparación de una composición bituminosa, en la que

las partículas de caucho de los neumáticos usados se hinchan por calentamiento y cizalladura en un aceite de hidrocarburo altamente aromático y al menos parcialmente despolimerizado, y este material se dispersa en betún, y se puede añadir un compatibilizador (caucho líquido) y, si es necesario, un agente de reticulación, para obtener un aglutinante estable al almacenamiento, después de lo cual se forma un lote maestro con un caucho estabilizado dispersado al 25-80 % en betún con cargas y polímeros en un gránulo;

5 - el documento DE 601 21 318 T2 para la preparación de un material de caucho granulado y su utilización en betún con gránulos de caucho, por ejemplo de neumáticos usados, y un adhesivo térmico (poliolefinas, por ejemplo PE, PP, EVA) con la adición opcional de fibras en un proceso de extrusión, en el que el calor de 80-300 °C generado por fricción funde el adhesivo termoplástico;

10 - el documento DE 44 30 819 C1, en el que se añaden caucho y carbón activado para producir mezclas bituminosas, en particular asfalto de carretera, y el carbón activado reduce las emisiones de vapor/gaseosas producidas durante la producción de asfalto caliente y la elución de sustancias peligrosas a través del agua en asfalto frío producido con asfalto reciclado que contiene alquitrán, y en el que el caucho se añade a los minerales calientes antes del betún, ya sea junto con o por separado del carbón activado, o mezclado previamente con el betún;

15 - el documento CH 694 430 A5 con un asfalto colado con la adición de granulado de caucho, preferiblemente de neumáticos usados, en el que la menor densidad del granulado de caucho en comparación con el asfalto colado conduce a una acumulación en la superficie de la capa de asfalto, con la finalidad de hacer la superficie más elástica, para reducir el ruido, mejorar las propiedades antideslizantes del asfalto colado;

20

la invención proporciona las ventajas de que

25 - Los gránulos hinchados introducen un componente de cera adicional que reduce la viscosidad (ventajas para el procesamiento, compactación fiable, ahorro de energía, reducción de emisiones) y aumenta la resistencia del asfalto contra la deformación a temperatura ambiente;

- las partículas de caucho se activan por hinchamiento y las propiedades del asfalto se mejoran a través de la intensa interacción con el betún,

30 - el hinchamiento previo a la aglomeración impide la eliminación de constituyentes oleosos del betún cuando el caucho en el asfalto se hincha, provocando el endurecimiento del betún,

- el polioctenámico opcional aumenta la compatibilidad del caucho y el betún por reticulación química,

- no se utilizan aceites aromáticos nocivos para la salud/medio ambiente; en su lugar, se utilizan aceites minerales nafténicos seguros, aceites minerales parafínicos, aceites lubricantes reciclados, parafinas de la síntesis Fischer-Tropsch o aceites naturales renovables, y

35 - el producto de acuerdo con la invención está disponible en forma aglomerada que puede ser fácil y seguro (explosiones de polvo) de almacenar, transportar y distribuir con sistemas normalmente presentes en las plantas mezcladoras de asfalto (transporte neumático, transportador sinfín), de modo que sea adecuado para la adición directa en la mezcladora de asfalto y reduzca los costes (tiempo, energía, inversión para la planta de modificación) de la modificación del betún de la técnica anterior,

40

por lo que puede preverse un amplio uso comercial.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un proceso para preparar material a granel de aglomerados que contiene partículas de caucho y ceras seleccionadas que tienen un punto de solidificación por encima de 50 °C del grupo de parafinas de petróleo, parafinas Fischer-Tropsch, ceras de amida, ceras de montana, ceras poliméricas, y ésteres de glicerol por pre-reacción de hinchamiento de las partículas de caucho y una adición de cera, comprendiendo el proceso las etapas de
- 10 a) activación del caucho por hinchamiento a un mínimo de 83 °C hasta un máximo de 120 °C y el uso de un agente de hinchamiento de aceites minerales nafténicos o parafínicos, aceites lubricantes reciclados, aceites naturales o parafinas que se funden a 20-40 °C de la síntesis de Fischer-Tropsch, excluyendo aceites ricos en aromáticos,
- 15 b) adición de un material fundido de cera que se funde por encima de 50 °C que tiene un efecto reductor de la viscosidad sobre el betún, en el que, por el aumento del consumo de corriente (medición de gradiente) de la mezcladora a aprox. 85 °C, se detecta la fusión de la cera y el proceso de mezcla se detiene, y del polioctenámico opcional a las partículas de caucho activadas por hinchamiento,
- 20 c) aglomeración de las partículas de caucho activadas por hinchamiento con la cera reductora de la viscosidad y materiales potenciadores de la adhesión opcionales como resinas o poliisobutenos mezclando la amalgama o por la acción de una presión de tal manera que el agente de hinchamiento penetre en los espacios entre las moléculas de caucho y separe las moléculas y las fuerzas físicas de atracción se reduzcan o se interrumpan, en el que
- 25 d) por el mayor volumen que conduce a una reducción de la viscosidad y el ablandamiento, tiene lugar en el aglomerado una humectación más íntima y homogénea con la cera, así como una mayor estabilidad de la reticulación de las moléculas de caucho entre sí.
- 30 2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** el uso de partículas de caucho puro obtenidas a temperatura ambiente a partir de fracciones de cribado generadas mecánicamente.
- 35 3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** el uso de partículas de caucho puro obtenido criogénicamente de fracciones de cribado generadas mecánicamente.
- 40 4. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** el uso de partículas de caucho puro obtenido tanto a temperatura ambiente como criogénicamente a partir de fracciones de cribado generadas mecánicamente.
- 45 5. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por** la formación de una capa en las partículas de caucho activadas por hinchamiento, que está causada por la adición de cera.
- 50 6. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por** la adición de una fracción de cera del 1-50 % en peso del material fundido de cera con respecto a la fracción de las partículas de caucho.
- 55 7. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por** la adición de una fracción de cera del 25 - 35 % en peso del material fundido de cera con respecto a la fracción de las partículas de caucho.
- 60 8. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por** la adición de polioctenámico con una fracción del 1-50 % en peso en el material fundido de cera.
9. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por** la adición de polioctenámico con una fracción del 25-35 % en peso en el material fundido de cera.
10. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por** la adición de 0,1 - 5 % en peso de materiales potenciadores de la adhesión, tales como resinas o poliisobutenos, para intensificar la aglomeración.
11. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por** la adición del material fundido de cera a las partículas de caucho a activar por hinchamiento en aprox. 2 - 3 min.
12. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por** el uso de los aglomerados en la preparación de asfaltos y materiales bituminosos por adición directa en una planta mezcladora para mezclas asfálticas o materiales bituminosos.
13. Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por** la amalgama de mezcla en un gránulo por medio de
- a) un mezclador mecánico caliente,

- b) un proceso de compresión con un molino de muelas y una matriz de conformación,
- c) un proceso de extrusión, o
- d) un mezclador generador de calor materializado como una mezcladora de fricción, una mezcladora de fluido o una turbomezcladora.

5 **14.** Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado por** la adición de las partículas de caucho con cera y la formación de aglomerados en dos etapas de proceso sucesivas.

10 **15.** Aglomerado preparado por el proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, en particular gránulos, de partículas de caucho y cera, que comprende

- a) partículas de caucho con una distribución del tamaño de partícula entre 0,05 y 5 mm,
- b) un material fundido de cera que recubre las partículas de caucho con una fracción del 1-50 % en peso con respecto a una fracción de caucho, y
- c) un agente de hinchamiento absorbido en las partículas de caucho en un intervalo del 1 % y el 100 % de la cantidad absorbible máxima del agente de hinchamiento.

15 **16.** Aglomerado de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado por** su preparación como un material a granel con una superficie seca en 15 min, mediante procesos de mezcla o aglomeración.

20 **17.** Un proceso para preparar asfalto o un material mixto con un material bituminoso o un material bituminoso usando un material a granel de aglomerados preparados de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 14 y aglomerados de acuerdo con la reivindicación 15 o 16, **caracterizado por que**, durante la mezcla, el agente de hinchamiento penetra en los espacios entre las moléculas de caucho, las moléculas se separan y las fuerzas físicas de atracción se reducen o se interrumpen, en el que se produce una reducción de la viscosidad que permanece estable en el material mixto durante hasta 180 min y, con la reducción de la viscosidad eficaz durante este periodo, se obtienen un aumento de la estabilidad de la reticulación de las moléculas de caucho entre sí después de la incorporación de los aglomerados, y una estabilidad de tal preparación que dura hasta 180 min.

25 **18.** Un proceso de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizado por que**, para reducir las temperaturas en la preparación y aplicación del asfalto, los aglomerados se añaden directamente con una fracción del 1-30 % en peso con respecto a la fracción del betún, antes, durante o después de la adición del betún en la mezcladora de asfalto.

30 **19.** Un proceso de acuerdo con la reivindicación 17 o 18, **caracterizado por** la adición directa de los aglomerados con una fracción del 5-30 % en peso.

35 **20.** Un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 17 a 19, **caracterizado por que**

- a) la adición se realiza de 3 a 15 segundos antes de la adición del betún,
- b) debido al aumento de la temperatura y el aumento de las fuerzas de cizalladura, los aglomerados se desintegran rápidamente y las partículas de caucho se pre-distribuyen dentro de este periodo, activándose térmicamente el caucho,
- c) el calor licua la cera en el proceso de mezcla y libera rápidamente las partículas de caucho activadas,
- d) las partículas de caucho activadas por el pre-hinchamiento producen una interacción más intensa, tal como un revestimiento con el betún, y
- e) la temperatura de mezcla se ajusta en un intervalo de 130 a 190 °C.

40 **21.** Mezcla de asfalto o material mixto con material bituminoso o material bituminoso, preparados por el proceso de acuerdo con las reivindicaciones 17 a 20, **caracterizados por**

- a) una temperatura de extendido de 120 a 230 °C,
- b) un grado de compactación en un intervalo del 98 al 103 %,
- c) una resistencia a la tracción por hendimiento en un intervalo de 1,70 a 3,00 N/mm<sup>2</sup>,
- d) una resistencia a la tracción por hendimiento después del almacenamiento en agua en un intervalo de 1,50 a 2,50 N/mm<sup>2</sup>, y
- e) una resistencia a la deformación, medida como una tasa de elongación en un ensayo de compresión uniaxial en un intervalo de 0,6 a 0,9\*10<sup>-4</sup>/n %.

45 **22.** Mezcla de asfalto o material mixto con material bituminoso o material bituminoso de acuerdo con la reivindicación 21, **caracterizada por** una reducción de la viscosidad del material bituminoso con respecto a su viscosidad inicial realizada debido a la cooperación del agente de hinchamiento y la cera con una estabilidad de la reducción de la viscosidad en la mezcla que dura hasta <180 min y un aumento de la estabilidad de la reticulación de las moléculas de caucho, así como la estabilidad de la mezcla de asfalto o el material mixto con material

bituminoso o el material bituminoso.

- 5 **23.** Uso de materiales bituminoso con aglomerados de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 16 para un tratamiento superficial de las vías de circulación mediante la aplicación por pulverización de los materiales bituminosos y la aplicación de materia mineral.

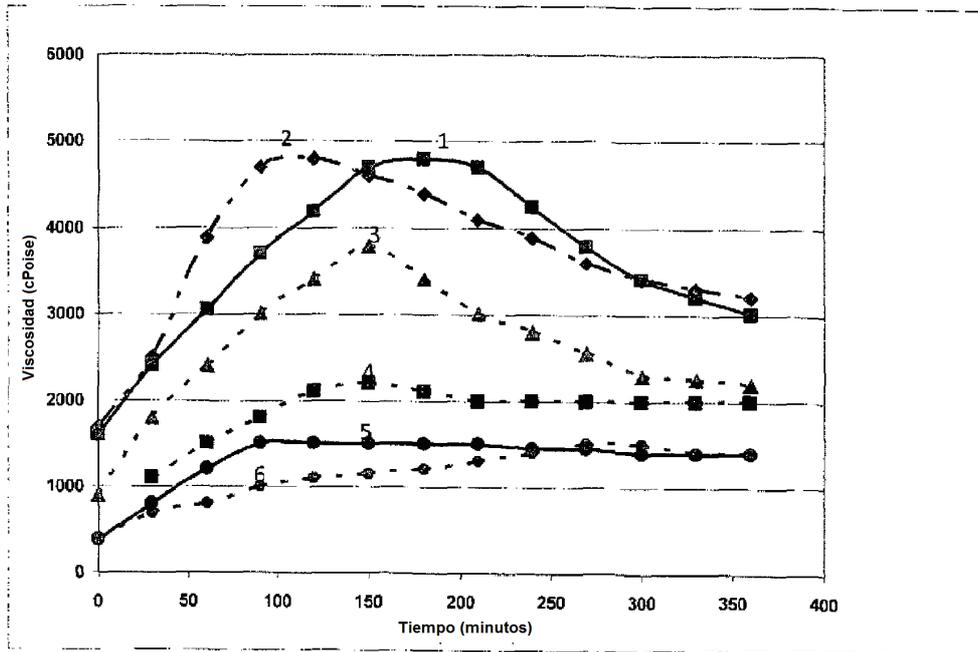


Fig. 1

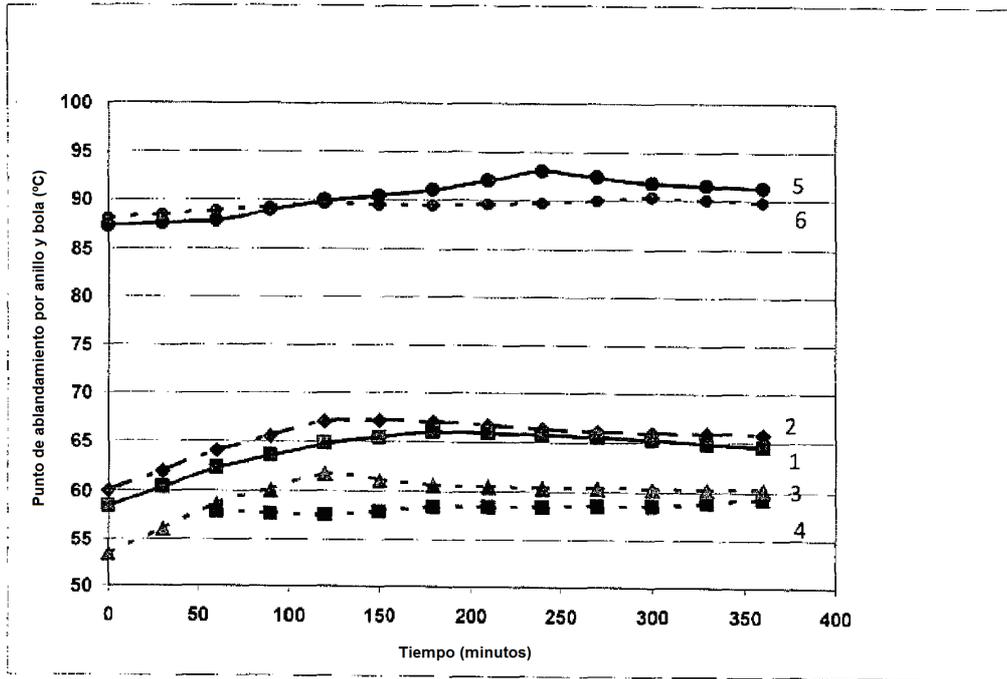


Fig. 2

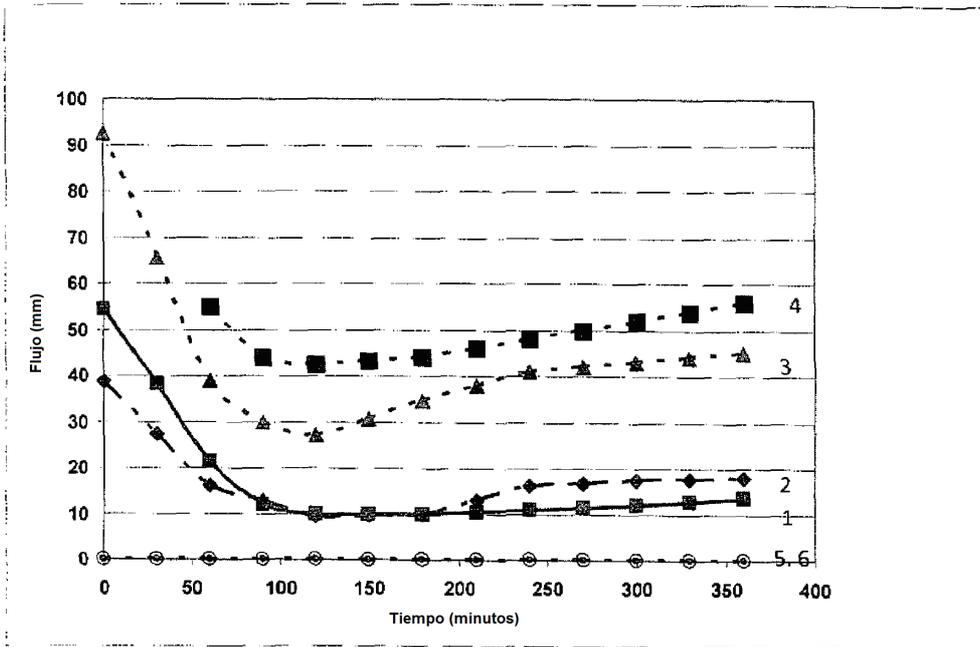


Fig. 3