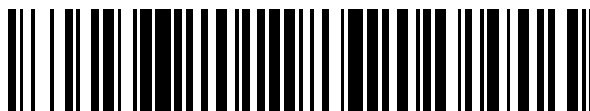


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 032**

51 Int. Cl.:

**C08L 17/00** (2006.01)

**C08L 53/02** (2006.01)

**C08L 91/00** (2006.01)

**C08L 95/00** (2006.01)

**C08J 3/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2012 E 12775530 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 2773703**

54 Título: **Compuesto para la realización de betún modificado para asfalto**

30 Prioridad:

**03.11.2011 IT AN20110150**

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

**03.12.2015**

73 Titular/es:

**TECNOFILM S.P.A. (100.0%)**

**6968 Via Fratte**

**63811 Sant' Elpidio A Mare (FM), IT**

72 Inventor/es:

**CARDINALI, BRUNO**

74 Agente/Representante:

**MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia**

**Observaciones :**

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

**ES 2 553 032 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

**Compuesto para la realización de betún modificado para asfalto**

5

La presente solicitud de patente de invención industrial se refiere a un compuesto para la realización de betún modificado.

10 Aunque el término "betún" se usará predominantemente en la descripción a continuación, se entiende que la presente invención se extiende al campo de los asfaltos, en particular, para superficies de carreteras.

15 Los betunes son productos termoplásticos complejos compuestos de elementos muy diferentes: asfaltenos y maltenos. Los betunes tienen propiedades adhesivas excelentes, pero propiedades mecánicas deficientes, especialmente de acuerdo con la temperatura. De hecho, los betunes tienen una dureza muy baja a temperatura ambiente (25 °C). Además, a temperaturas por debajo de 0 °C (frío), los betunes son rígidos y frágiles, mientras que a temperaturas por encima de 38 °C (caliente), los betunes son plásticos, blandos y muy adhesivos. Por este motivo, los betunes no se pueden usar para la mayoría de las aplicaciones en carreteras o edificios.

20 La modificación de betunes por medio de aditivos químicos y poliméricos es extremadamente importante a fin de modificar esencialmente la naturaleza de los betunes, de esta manera haciendo adecuados a los betunes modificados para la mayoría de los usos industriales más variopintos.

25 Es conocida la modificación de asfaltos y betunes usando gránulos derivados de la molienda de neumáticos al final de su vida útil. Las ventajas que se pueden obtener a partir de estas iniciativas son tanto de naturaleza técnica como ambiental.

30 Los beneficios técnicos derivan del rendimiento del betún modificado con la adición de caucho triturado, es decir, reducción de ruidos, duración de los productos acabados más larga, elasticidad considerablemente incrementada, reducción de fracturas y su propagación en artículos fabricados. Obviamente, lo anterior está de acuerdo con la capacidad del caucho triturado para humedecerse debido al betún base. En otras palabras, las partículas de caucho se deben hinchar y, en términos fisicoquímicos, esto quiere decir que el parámetro de solubilidad de los dos productos (caucho y betún) debe ser numéricamente muy próximo, de modo que la parte de disolvente del betún, la fracción malténica, pueda penetrar en las partículas sólidas de los gránulos de caucho y formar, fuera de la partícula

35 sólida, una fase prácticamente gelatinosa que sea muy activa en la adhesión y cohesión con la parte de betún restante. Por ejemplo, el caucho de nitrilo (NBR) se hincha considerablemente menos en betunes que el caucho de estireno-butadieno (SBR). Por lo tanto, con la misma concentración y granulometría, el rendimiento de betún modificado con gránulos de NBR será considerablemente menor que el del betún modificado con gránulos de SBR.

40 Los beneficios ambientales derivan de la posibilidad de usar un material que apenas se pueda usar en otras actividades y esté disponible en grandes cantidades, en aplicaciones altamente tecnológicas, reemplazando los polímeros elastómeros de alto valor y coste.

45 Una modificación interesante de los betunes que ha sido descubierta recientemente se refiere al uso de una variante desvulcanizada de gránulos de caucho. Esta variante permite producir una porción de material con bajo peso molecular, soluble en betún o asfalto y permite crear una superficie del gránulo residual más adecuada para la cohesión con betún, mejorando consecuentemente las características mecánicas finales. Sin embargo, tal tecnología es costosa y requiere el uso de un equipo específico, tal como pirolizadores o extrusoras especialmente diseñados para obtener la conversión de energía mecánica a térmica a fin de lograr las temperaturas que sean necesarias para deshacer los enlaces intra e intermoleculares de productos vulcanizados. Además, tal tecnología usa productos

50 molidos a partir de neumáticos con granulometría muy alta.

Se deberá tener en cuenta que la granulometría de los productos molidos obtenidos a partir de neumáticos al final de su vida útil o materiales vulcanizados similares, tales como, por ejemplo, suelas de zapatos, tubos de caucho, conexiones antivibración y juntas de lavadoras o lavavajillas, es mucho más alta que un tamaño mínimo de 0,5 milímetros. En general, sus bases poliméricas están compuestas de copolímeros de estireno-butadieno, (SBR), acrilonitrilo butadieno (NBR), etileno-propileno-dieno (EPDM), caucho natural (NR) y polímeros de butadieno (Br). Una granulometría más alta de 0,5 milímetros reduce considerablemente la capacidad de los polvos de caucho vulcanizado para obtener cambios radicales de betunes.

60 En la actualidad se conoce un procedimiento conocido como "procedimiento en seco" para la producción de asfalto modificado. Dicho procedimiento proporciona el uso de polvos derivados de la molienda de productos vulcanizados (generalmente neumáticos) con un tamaño más alto de 0,4 mm, y el reemplazo de parte de la arenilla mineral en asfalto por dichos polvos. Dichos polvos también se usan para producir asfalto de caucho obtenido con un procedimiento en húmedo (en fase húmeda), para obtener betunes con mejores características reológicas que el

65

betún básico. Sin embargo, los asfaltos y betunes obtenidos con los procedimientos conocidos no son adecuados para obtener el rendimiento que se requiere en la actualidad por las especificaciones nacionales o internacionales para aplicaciones específicas en los campos de carreteras o edificios.

5 Varios documentos describen betunes modificados con polvo de neumáticos reciclados:

SINIS "Literature review of recycling of by-product in road construction in Europe"  
 AHMED "Use of Waste materials in Highway construction"  
 Departamento de Transporte de EE. UU. "Crumb Rubber Modifier, Workshop Notes"  
 10 JEONG "Interaction effects of crumb rubber modified asphalt binders"

Sin embargo, estos documentos no describen la producción de un compuesto extrudido específico para modificar asfaltos y no especifican las cantidades de los diversos componentes a fin de obtener un rendimiento de asfaltos específico.

15 Se conoce que los betunes modificados con caucho triturado de neumáticos reciclados se ven alterados por problemas de compatibilización del caucho triturado con el betún. Tal inconveniente se resuelve usando catalizadores mezclados en betún.

20 El documento WO2001/074003 divulga el uso de un catalizador para una planta de FCC (craqueo catalítico), que comprende el aceite y polímeros de bajo valor, tales como polímeros de poliolefina. Sin duda, el SBS no es un polímero de bajo valor.

25 KHALDOUN "Effect of furfural activated crumb rubber on the properties of rubberized asphalt" describe el uso de un catalizador de furfural para mejorar la adhesión del caucho triturado al betún.

30 De acuerdo con la técnica anterior, el mejor rendimiento de betunes modificados se obtiene con copolímeros de bloque de estireno-butadieno-estireno termoplásticos (SBS) en configuraciones lineales o radiales que son los productos poliméricos más usados para la modificación de betún. De hecho, dichos copolímeros de bloque termoplásticos (SBS) son los de mejor rendimiento en la modificación de betún, permitiendo lograr las características deseadas de ablandamiento a alta temperatura, penetración a temperatura ambiente, y flexibilidad a baja temperatura.

35 Se pueden usar otros copolímeros de bloque en las modificaciones de betún, como SBS. Son copolímeros de bloque estireno-isopreno-estireno (SIS) y sus derivados hidrogenado SEBS y SEPS, además de otros copolímeros de bloque que se pueden obtener con la modificación de las fases elastoméricas no basados en mezclas de butadieno e isopreno, pero escasamente usados en la práctica debido al alto coste.

40 Se usan homo-, co- o terpolímeros termoplásticos y se pueden usar para modificaciones de betún. Se obtienen a partir de monómeros, tales como etileno-acetato de vinilo (EVA), etileno-propileno (EPM), etileno-propileno-dieno (EPDM), propileno atáctico e isotáctico (PPa/iso), polietileno (LLDPE, HDPE, LDPE), polibutadieno y polibuteno, pero ninguno de ellos, bien individualmente o en combinación, puede ofrecer características similares al SBS.

45 BAHA "Laboratory comparison of crumb-rubber and SBS modified bitumen and hot mix asphalt" describe una comparación entre el betún modificado con caucho triturado y el betún modificado con SBS. La conclusión de este documento es que el betún modificado con SBS tiene un rendimiento mucho mejor que el betún modificado con caucho triturado. Por lo tanto, a fin de reemplazar el SBS por caucho triturado, mientras se mantiene el mismo rendimiento del asfalto, se debe aplicar una proporción de 1:3, lo que quiere decir que la cantidad de caucho triturado debe ser al menos el triple que de SBS. Esto se confirma por los productos encontrados en el mercado. De hecho, los betunes modificados con SBS generalmente tienen una cantidad de SBS de un 10 % en peso. En cambio, los betunes modificados con caucho triturado tienen una cantidad de caucho triturado de un 30 % en peso.

55 El documento US 6 818 687 divulga un betún modificado con SBS o SBr después de la vulcanización y molienda; no se afirma que el betún se modifica simultáneamente con SBS y SBr. Tal betún tiene problemas de almacenamiento y, por lo tanto, se añaden un regulador de viscosidad (aceite) y un catalizador con ácido y base sulfurosa.

60 El documento WO2008/083451 divulga un producto que comprende SBS, caucho triturado y agentes de vulcanización, plastificación, lubricación y expansión. Se obtiene un producto termoendurecible y vulcanizado. Por lo tanto, dicho producto no es un producto soluble en asfalto termoplástico. De hecho, tal producto se usa para fabricar suelas de zapatos y los cauchos triturados se ofrecen como relleno, es decir, puede ser cualquier material que no necesite tener reacciones especiales para obtener características técnicas especiales. En cualquier caso, las suelas de zapatos se obtienen a través de moldeo, no extrusión.

El documento EP2055745 divulga una composición que comprende betún, caucho triturado, un polímero que se puede vulcanizar y un agente de vulcanización. Un ejemplo divulga un procedimiento en el que se mezclan SBS, caucho triturado y aceite con una pala y la mezcla se mezcla con betún.

- 5 El documento EP1314525 divulga composiciones elastoméricas que pueden incluir partículas elastoméricas molidas recuperadas y particularmente divulga la comolienda de SBS, caucho triturado y agente humectante.

10 El documento WO01/59008 y Manuel Navarro Gonzales *et al.* "influence of rubber pre-processing on the Rheological Behavior of SBS/Crumb Rubber - Modified Bitumen" ANNUAL TRANSACTIONS OF NORDIC RHEOLOGY SOCIETY, VOL. 17, 2009 son ejemplos de divulgaciones que analizan el efecto beneficioso de premezclar caucho triturado y SBS con aceite.

15 El propósito de la presente invención es eliminar las desventajas de la técnica anterior, proporcionando un compuesto que, en comparación con el SBS, se pueda usar para modificar betún, pueda ofrecer el mismo rendimiento que el SBS con la misma cantidad, sea menos costoso y, al mismo tiempo, tenga altas características técnicas y rendimiento a fin de ser usado en carreteras y cubiertas de edificios.

20 Este propósito se logra de acuerdo con la invención, con las características enumeradas en las reivindicaciones independientes adjuntas.

Las realizaciones ventajosas aparecen a partir de las reivindicaciones dependientes.

25 Por medio de pruebas experimentales, el solicitante ha descubierto que reduciendo la granulometría de las partículas de caucho vulcanizado, con un parámetro de solubilidad no excesivamente diferente del betún usado, es posible incrementar considerablemente el efecto de modificación del producto final.

Cuanto menor sea la granulometría de las partículas de caucho y cuanto más próximo sea el parámetro de solubilidad al del betún usado, mejor será el efecto de modificación.

30 El parámetro de solubilidad del betún generalmente es bastante diferente del producto polimérico vulcanizado obtenido a partir de molienda de neumáticos. Por este motivo, las fuerzas de cohesión adecuadas no se desarrollan entre los dos elementos. En términos técnicos, el betún no humedece lo suficiente el caucho triturado vulcanizado.

35 Se obtienen considerables resultados para partículas de caucho vulcanizado con una granulometría menor que 0,4 mm, preferentemente con una granulometría de 90-320 micrómetros.

40 Al mezclar dichas partículas de caucho vulcanizado con betún y llevando el betún al estado fundido, se obtiene betún modificado, con características muy similares y comparables con betunes modificados únicamente con el uso de polímeros elastoméricos, tales como copolímeros de bloque de SBS, que son los mejores y los de más rendimiento. El porcentaje en peso de las partículas de caucho vulcanizado es un 4-20 %, preferentemente un 15 % con respecto al peso total de betún modificado.

45 A fin de obtener buenos resultados, es necesario seleccionar los productos elastoméricos vulcanizados, que deben tener la adhesión al betún como característica. La selección de la naturaleza química del caucho triturado se hizo en el laboratorio, preparando muestras a escala reducida de mezclas de betún y caucho triturado vulcanizado con una granulometría menor que 0,4 mm. Dichas pruebas midieron la capacidad humectante de un betún estándar con penetración de 160/220 a 25 °C en varios tipos de caucho triturado. Dicha capacidad humectante se midió evaluando la flexibilidad a menor temperatura de dichas muestras.

50 Los análisis de espectroscopia infrarroja de muestras demostraron que se obtienen los mejores resultados con cauchos vulcanizados reciclados compuestos de polímeros de estireno-butadieno, de tipo butadieno e isopreno y mezclas apropiadas. Los neumáticos de vehículos son ideales para tal aplicación, al estar formados de los elementos poliméricos mencionados anteriormente, aunque en concentraciones considerablemente diferentes.

55 Se obtuvo caucho triturado vulcanizado reciclado con una granulometría controlada a partir de molienda, en algunos casos también criomolienda, con equipos provistos de sistemas de enfriamiento muy eficaces y adecuados para el cribado de polvos conforme al tamaño deseado.

60 La tabla 1 muestra la granulometría de los polvos de caucho vulcanizado obtenidos a partir de la molienda de neumáticos fuera de uso (NFU) y cribado apropiado.

Tabla 1

Tamaño de malla de cribado en $\mu\text{m}$	MUESTRAS y CANTIDADES en g		
	NFU 1	NFU 2	NFU 3
500	0	0	0
400	41	0	0
300	36	15	0
200	23	44	10
100	0	37	64
50	0	4	21
< 50	0	0	5
<b>Media ponderada en micrómetros</b>	<b>318</b>	<b>172</b>	<b>&lt; 99</b>

Como se muestra en la tabla 1, las tres muestras de polvos de caucho vulcanizado NFU 1, NFU 2 y NFU 3 respectivamente tienen una granulometría de 318, 172 y aproximadamente 99 micrómetros. Dicha granulometría se obtuvo a partir de la media ponderada de las fracciones obtenidas durante el cribado.

5

La tabla 2 muestra los ejemplos de pruebas comparativas llevadas a cabo en cinco muestras (C0, C1, C2, C3, C4, Cp): una primera muestra (C0) compuesta de betún estándar (no modificado) con penetración de 160/220 a 25 °C; tres muestras de betún modificado (C1, C2, C3) obtenidas mezclando betún estándar de la muestra C0 con tres muestras de polvos de caucho vulcanizado NFU 1, NFU 2 y NFU 3 en proporción en peso (85/15); una quinta muestra de comparación (Cp) obtenida mezclando betún estándar de la muestra (C0) con un copolímero de bloque de SBS de tipo radial en proporción en peso (85/15).

10

Tabla 2

MUESTRA	C0	C1	C2	C3	Cp
Betún 169/220	100	85	85	85	85
NFU 1		15			
NFU 2			15		
NFU 3				15	
SBS radial					15
<b>Resultados analíticos</b>					
Viscosidad a 180 °C (mPa s)	menor de 1000	56000	48000	39000	3000
Anillo-bola (°C)	38	105	113	121	114
<b>Resultados analíticos</b>					
Penetr. a 25 °C (dmm)	175	27	32	45	50
Flexibilidad en frío (°C)	> 0	-15	-17	-23	- 27

15 Las características mostradas en la tabla (viscosidad a 180 °C (mPa\*s), anillo-bola (°C); penetración a 25 °C (dmm); flexibilidad en frío (°C)) se determinaron con los siguientes procedimientos UNI, respectivamente: EN13 702, EN 1427, EN 1426 y EN 1109.

20 Como se muestra en la tabla 2, las pruebas sobre las muestras (C1, C2, C3) de betún modificado con caucho triturado que tenía una granulometría baja mostraron diferentes características en comparación con la muestra de prueba (Cp) modificada con SBS.

25 Cuanto menor sea la granulometría del caucho triturado, más alta será la superficie de exposición al betún, logrando, de esta manera, una fuerza cohesiva total más alta, por contacto, desarrollada entre el betún y las partículas sólidas, mejorando consecuentemente las principales características físicas del producto modificado, como se describe a continuación en el presente documento.

Además, la resistencia del betún modificado frente a temperaturas calientes se incrementa cuando disminuye la granulometría de los polvos. La prueba de anillo-bola mostró que la muestra de betún modificado (C1) comienza a

deformarse a 105 °C; al disminuir la granulometría de los polvos, se incrementa la temperatura a la que se deforma el betún modificado.

5 Asimismo, la resistencia frente a temperaturas frías de betún modificado mejora al reducir la granulometría de los polvos. La prueba de flexibilidad en frío mostró que la muestra de betún modificado (C1) comienza a rigidizarse y romperse a -15 °C; al disminuir la granulometría de los polvos, disminuye la temperatura a la que se rompe el betún modificado. En cambio, la dureza del betún modificado (medida a 25 °C) disminuye ligeramente cuando disminuye la granulometría del polvo.

10 La prueba de penetración de aguja a 25 °C muestra que la muestra de betún modificado (C1) experimenta una penetración de 27 dmm; al disminuir la granulometría del polvo, se incrementa ligeramente la penetración de aguja. En cualquier caso, también en la muestra C3 con granulometría del polvo menor que 99 micrómetros, la dureza es mejor que la muestra de comparación (Cp) modificada con SBS y mucho mejor que la muestra de betún no modificado estándar (C0).

15 Sin embargo, las muestras (C1, C2, C3) de betunes modificados con caucho triturado con granulometría baja no ofrecen resultados satisfactorios en términos de flexibilidad en frío o resultados comparables con la muestra de prueba (Cp) representada por betún modificado con SBS. A pesar de minimizar la granulometría del caucho triturado (NFU 3), la muestra C3 no es comparable con la muestra de comparación Cp. Por lo tanto, el caucho triturado no puede reemplazar por sí mismo al SBS en igual cantidad.

20 A fin de incrementar la flexibilidad en frío, se sometió a prueba una muestra (C4) de betún modificado con caucho triturado, con la adición de SBS y aceite mineral, como se muestra en la tabla 3. En la muestra (C4), se disminuyó la cantidad de caucho vulcanizado reciclado a partir de neumáticos al final de su vida útil (NFU 1) y se añadieron aceite de lubricación y SBS radial. Se añadieron por separado caucho triturado (NFU 1), SBS y aceite de lubricación y se mezclaron con betún.

Tabla 3

COMPONENTE	PORCENTAJE EN PESO
BETÚN 160/220	85
NFU 1	5
SBS radial	5
Aceite de lubricación	5
<b>Resultados analíticos</b>	
Viscosidad a 180 °C (mPa*s)	3500
Anillo-bola (°C)	92
Penetración a 25 °C (dmm)	80
Flexibilidad en frío (°C)	-24

30 Como se muestra en la tabla 3, la muestra (C4) tampoco mostró el rendimiento deseado en términos de flexibilidad en frío.

35 Por lo tanto, el solicitante sometió a prueba una nueva muestra (C5) de betún modificado, incrementando la cantidad de caucho triturado (NFU 1) y SBS desde 5 a 7,5 partes cada uno, esto es, el principio activo (NFU 1 + SBS) es 15 partes, el aceite de lubricación es 5 partes y el betún permanece en 85 partes. Consecuentemente, en tal caso, se usó una muestra de comparación (Cp1) compuesta de betún modificado que comprendía 15 partes de SBS, 5 partes de aceite de lubricación y 85 partes de betún.

40 La tabla 4 muestra una comparación entre la muestra (C5) y la muestra de comparación (Cp1).

Tabla 4

MUESTRA	Cp 1	C5
Betún 169/220	85	85
NFU 1		7,5
SBS radial	15	7,5

ACEITE de lubricación	5	5
<b>Resultados analíticos</b>		
Viscosidad a 180 °C (mPa s)	3500	3300
Anillo-bola (°C)	105	97
Penetr. a 25 °C (dmm)	46	65
Flexibilidad en frío (°C)	- 28	- 26

Como se muestra en la fig. 4, el rendimiento de la muestra C5 mejoró en comparación con la muestra C4. Sin embargo, el rendimiento de la muestra C5 todavía no es comparable con la muestra de comparación Cp1. Por este motivo, se dedujo que no se obtiene el mismo rendimiento de betún modificado con SBS al añadir NFU y SBS al betún.

5 En vista de estos resultados insatisfactorios, el solicitante intentó preparar un compuesto extrudido (CMP) compuesto de una mezcla de tres productos:

- 10 A) caucho triturado NFU 1 en un 37,5 % en porcentaje en peso  
 B) SBS radial en un 37,5 % en porcentaje en peso  
 B) aceite de lubricación en un 25 % en porcentaje en peso.

15 A continuación, se preparó una muestra (C6) de betún modificado con compuesto extrudido (CMP). La muestra (C6) comprende 85 partes de betún y 20 partes de compuesto extrudido (CMP). Las 20 partes de compuesto extrudido (CMP) están compuestas de 7,5 partes de NFU 1, 7,5 partes de SBS radial y 5 partes de lubricación.

20 La tabla 5 compara la muestra de comparación (Cp1) (betún modificado con SBS y aceite de lubricación), la muestra (C5) (betún modificado con caucho triturado, SBS y aceite de lubricación añadidos por separado) y la muestra (C6) (betún modificado con compuesto extrudido CMP).

Tabla 5

MUESTRA	Cp 1	C5	C6
Betún 169/220	85	85	85
NFU 1		7,5	7,5
SBS radial	15	7,5	7,5
ACEITE de lubricación	5	5	5
<b>Resultados analíticos</b>			
Viscosidad a 180 °C (mPa s)	3500	3300	3100
	105	97	116
Penetr. a 25 °C (dmm)	46	65	48
Flexibilidad en frío (°C)	- 28	- 26	- 30

25 Como se muestra en la tabla 5, es destacable el rendimiento de la muestra (C6). Las características mostradas por la muestra (C6) son, con mucho, mejores que la muestra (C5) y comparables o incluso mejores que la muestra de comparación (Cp1). En consecuencia, la muestra (C6) hizo posible lograr el propósito de la presente invención, esto es, reemplazar el SBS usado para modificar betunes por un producto económico con el mismo rendimiento que el SBS con la misma cantidad.

30 La considerable diferencia en las propiedades físicas entre las muestras C5 y C6 deriva del procedimiento de preparación diferente del betún modificado: en la muestra C5 se añadieron individualmente los elementos activos (NFU 1 y SBS) sin ningún pretratamiento, mientras que en la muestra C6 se combinaron y extrudieron los mismos elementos activos (NFU 1 y SBS) antes de la adición.

35 Las características físicas de la muestra C6 son definitivamente mejores que la C5: la flexibilidad en frío es menor en 4 °C, la prueba de anillo-bola es más alta en 19 °C y la penetración es menor en 17 °C; esto es lo que normalmente se desea en la modificación de betún.

Lo siguiente es una explicación de los resultados obtenidos.

En la muestra C5, cuando el caucho triturado NFU se mezcla directamente con el betún, a pesar del estado en polvo, el NFU sólido tiene una densidad muy diferente del betún fluido llevado a 160-190 °C. La homogeneización de dicha mezcla requiere una geometría especial de agitadores usados para mezclar betún para permitir la incorporación del sólido (NFU) en el fluido bituminoso, sin ninguna garantía de que una dispersión eficaz correcta de NFU afecte al resultado final de las propiedades deseadas.

En términos prácticos, el NFU se comporta como un relleno inerte, pero al estar provisto de buena elasticidad intrínseca, ofrece una determinada característica resiliente al betún, que, por supuesto, no es comparable con el SBS con las mismas cantidades de reemplazo. Además, los gránulos de NFU están rodeados de componentes bituminosos, que tienen parámetros de solubilidad diferentes, no comparables con el NFU. Por este motivo, no se desarrollan suficientes fuerzas cohesivas y, consecuentemente, se generan interrupciones de fase.

Cuando se mezcla directamente el SBS en betún caliente, el SBS se disuelve. Sin embargo, a temperaturas frías tiene lugar una separación de fase y el betún se incorpora en la red tridimensional de copolímero de bloque de SBS. El bloque de poliestireno no es soluble en el betún y actúa como elemento de conexión entre las diversas moléculas de SBS, promoviendo la formación de una estructura tridimensional, esto es, una red polimérica, que ofrece elasticidad y resistencia al betún modificado. Es aproximadamente el mismo fenómeno que tiene lugar en el hormigón usado para suelos: si no se ha insertado en su interior una armadura metálica, por ejemplo, una malla, los suelos serán débiles y se podrían romper fácilmente.

En cambio, al combinar SBS con NFU a una dimensión reducida (menos de 400 micrómetros) (plastificar el aceite de lubricación es una ayuda para la extrusión), se obtiene una conexión íntima entre SBS y NFU, debido a que sus parámetros de solubilidad son compatibles. Generalmente el NFU está compuesto de cadenas poliméricas insaturadas y grupos estirénicos que son perfectamente compatibles y humectables por SBS, un polímero con el mismo tipo de insaturación olefínica y grupos estirénicos. Por lo tanto, el enlace cohesivo desarrollado entre el SBS y el gránulo de NFU sólido es fuerte y se incrementa cuando disminuye el tamaño de gránulo, con el consiguiente incremento de la superficie disponible para el contacto, en este caso, se obtiene la máxima actividad de dispersión de NFU sólido en la matriz polimérica de SBS.

Este es el principio en el que están basados los elastómeros TPV (polímeros termoplásticos vulcanizados dinámicamente), que a partir de polímeros rígidos, tales como polipropileno, permiten preparar cauchos de alto rendimiento.

Si las partículas de EPDM vulcanizado con un tamaño micrométrico y submicrométrico se incorporan en PP, el EPDM tiene un parámetro de solubilidad próximo al polipropileno, por lo tanto, la partícula sólida de EPDM vulcanizado se humedece y se conecta al PP, que es un producto rígido, y a partir de esta combinación se obtiene un elastómero adecuado para los usos más variopintos e interesantes.

En vista de lo anterior, el compuesto de SBS y NFU se combinan en fusión con el betún, pero después del enfriamiento su red tridimensional formada de SBS y NFU sólido incorpora la fase bituminosa mientras se mantiene su estructura elástica con las características físicas divulgadas en la presente invención. En el campo de los polímeros, este fenómeno se conoce como IPN (red de polímeros interpenetrantes) y, cuando se conectan al fenómeno descrito en el procedimiento de TPV, contribuye a explicar la diferencia en el rendimiento entre la muestra C5 y la muestra C6 de acuerdo con la invención.

El procedimiento de producción del compuesto de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas:

- molienda de caucho vulcanizado para obtener caucho triturado vulcanizado con una granulometría menor que 0,4 mm;
- mezclado de caucho triturado vulcanizado, SBS y lubricante en el interior de una extrusora, en el que el porcentaje en peso de lubricante está entre un 1% y un 50 % con respecto al peso de la mezcla, y el caucho triturado vulcanizado está en un porcentaje en peso igual al porcentaje en peso de SBS;
- extrusión de un compuesto que contiene dicho caucho triturado vulcanizado, SBS y lubricante, en el que la extrusión tiene lugar a una temperatura entre 160 y 200 °C.

De forma ventajosa:

- la granulometría del caucho triturado vulcanizado está entre 0,09 y 0,32 mm;
- el caucho triturado se obtiene a partir de neumáticos fuera de uso (NFU);
- el SBS es preferentemente de tipo radial, pero también puede ser lineal o una mezcla de SBS radial y SBS lineal;
- el lubricante está en un porcentaje en peso entre un 20-30 % con respecto al peso total de compuesto;
- el lubricante es un aceite mineral;
- tanto el caucho triturado como el SBS están en un porcentaje en peso entre un 35 % y un 42 % con respecto al peso total de compuesto;



5 El compuesto obtenido de la extrusora se corta en fragmentos de cualquier tamaño. Dichos fragmentos de compuesto extrudido se usan para modificar betunes. El betún se modifica añadiendo un porcentaje en peso de compuesto extrudido entre un 5 % y un 30 % con respecto al peso total de betún modificado. Dicho betún modificado con compuesto extrudido tiene un rendimiento similar a betunes modificados con SBS, con la misma cantidad de SBS y compuesto extrudido, pero el coste del compuesto extrudido es considerablemente menor que el SBS.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de producción de un compuesto para la realización de betún modificado para asfaltos, que comprende las siguientes etapas:
- 5 - molienda de caucho vulcanizado para obtener caucho triturado vulcanizado con una granulometría menor que 0,4 mm;
- 10 - mezclado de caucho triturado vulcanizado, SBS y lubricante en el interior de una extrusora, en el que el porcentaje en peso de lubricante está entre un 1 % y un 50 % con respecto al peso de la mezcla, y el caucho triturado vulcanizado está en un porcentaje en peso igual al porcentaje en peso de SBS;
- extrusión para obtener un compuesto extrudido que contiene dicho caucho triturado vulcanizado, SBS y lubricante, en el que la extrusión tiene lugar a una temperatura entre 160 y 200 °C.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** la granulometría del caucho triturado vulcanizado está entre 0,09 y 0,32 mm.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el caucho triturado se obtiene a partir de neumáticos fuera de uso (NFU).
- 20 4. Procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el SBS es de tipo radial.
5. Procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el SBS es de tipo lineal.
- 25 6. Un procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el SBS es una mezcla de SBS radial y SBS lineal.
- 30 7. Procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el lubricante está en un porcentaje en peso entre un 20-30 % con respecto al peso total de compuesto.
8. Procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el lubricante es aceite mineral.
- 35 9. Procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** tanto el caucho triturado como el SBS están en un porcentaje en peso entre un 35 % y un 42 % con respecto al peso total de compuesto.
- 40 10. El procedimiento de modificación de betún para la producción de asfaltos, **caracterizado porque** proporciona la adición del compuesto extrudido obtenido con el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicho compuesto extrudido se añade al betún en un porcentaje en peso entre un 5 y un 30 % con respecto al peso total de betún modificado.