

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 815 530**

51 Int. Cl.:

C08L 95/00 (2006.01)

E01C 7/32 (2006.01)

C04B 26/26 (2006.01)

E01C 7/18 (2006.01)

C08K 3/22 (2006.01)

C04B 111/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.07.2015 PCT/EP2015/065880**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2016 WO16005583**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2015 E 15738608 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020 EP 3167009**

54 Título: **Procedimiento de preparación de revestimientos bituminosos en frío**

30 Prioridad:

10.07.2014 BE 201400528

10.07.2014 FR 1456678

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

30.03.2021

73 Titular/es:

**S.A. LHOIST RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT
(100.0%)**

**Rue Charles Dubois 28
1342 Ottignies-Louvain-la-Neuve, BE**

72 Inventor/es:

LESUEUR, DIDIER

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 815 530 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

Procedimiento de preparación de revestimientos bituminosos en frío

5 La presente invención se refiere a un procedimiento que permite mejorar la adherencia (en la interfaz) del ligante al granulado, la cohesión (en la masa) y la velocidad de fraguado (cohesión en el tiempo) de revestimientos bituminosos en frío, en particular de los recubrimientos superficiales de desgaste (ESU). Más particularmente, la presente invención se refiere a un procedimiento de preparación de revestimientos bituminosos en frío, en particular de recubrimientos superficiales de desgaste (ESU), que comprende las etapas de

- a) Preparación de un ligante bituminoso en forma de una emulsión catiónica de betún,
- b) Preparación de un granulado que comprenda al menos una primera fracción de granulado, y
- 10 c) Formación de dicho revestimiento bituminoso en frío formado por al menos dicho granulado interpenetrado en dicho ligante.

Tales procedimientos de preparación de revestimientos bituminosos en frío son bien conocidos.

15 En general, los revestimientos bituminosos se obtienen a partir de una mezcla de granulados y de un ligante bituminoso. De modo más preciso, se distinguen los revestimientos bituminosos en frío de los revestimientos bituminosos en caliente o templados en función de la manera en que se aporta este ligante bituminoso.

Así, en el caso de los revestimientos bituminosos en caliente, al ser el betún demasiado viscoso a temperatura ambiente, debe ser ablandado por calentamiento a temperaturas del orden de 160 °C para que sea manipulable. Asimismo, se deben secar los granulados para permitir un buen recubrimiento por el betún caliente. En consecuencia, el revestimiento se fabrica a una temperatura del orden de 160 °C.

20 Para evitar o al menos reducir el consumo energético y las emisiones asociadas (humos, gases de efecto invernadero...), se han desarrollado otras técnicas. A este respecto, los revestimientos bituminosos templados (llamados también a veces semi-templados) permiten, mediante el empleo de aditivos y/o por una modificación ingeniosa del procedimiento industrial en caliente, reducir las temperaturas de fabricación de 10 a 60 °C. Sin embargo, la etapa de secado de los granulados siempre es necesaria y el procedimiento industrial sigue siendo muy similar al del revestimiento bituminoso en caliente. Asimismo, el betún sigue siendo manipulado a temperaturas del orden de 160 °C. A este respecto, las mezclas bituminosas templadas son presentadas por la industria viaria como comparables en todos los aspectos a las mezclas bituminosas en caliente, excepto por su temperatura de aplicación.

30 En el caso de los revestimientos bituminosos en frío, el secado sistemático del granulado ya no es necesario y estas técnicas utilizan por lo tanto, procedimientos completamente diferentes de los utilizados para el procedimiento en caliente o el templado. En efecto, el betún se vuelve entonces manipulable a temperatura ambiente principalmente mediante su puesta en emulsión, pero también mediante el empleo de betún fluxado o de espuma de betún. Como consecuencia de esta manera de aportar el ligante, los revestimientos bituminosos en frío se ven sometidos a un fenómeno de fraguado, que se manifiesta por el hecho de que sus propiedades finales no se obtienen instantáneamente y que se pasa de un estado inicial suficientemente "fluido" que permite la aplicación, a un estado final cohesivo que resiste el tráfico, según una cinética que va desde algunas decenas de minutos hasta varios años. Por lo tanto, el formulador debe controlar la cohesión (capacidad global de resistir los esfuerzos vinculados al tráfico), la adhesión (capacidad de mantener un vínculo duradero entre el ligante y el granulado) y la velocidad de fraguado (cinética de cambio del estado inicial al estado final).

40 Las emulsiones de betún son emulsiones que comprenden betún emulsionado en una fase acuosa. En la práctica, las emulsiones de betún son sobre todo emulsiones catiónicas, es decir, obtenidas con ayuda de emulsionantes cargados positivamente. Los emulsionantes catiónicos más comunes son compuestos orgánicos procedentes de la clase de las aminas, pastosos o líquidos a temperatura ambiente. Dado que estos emulsionantes generalmente son insolubles en agua, se añade una cantidad suficiente de un ácido mineral u orgánico para ionizar las funciones aminas de los emulsionantes para permitir su disolución en agua. En algunos casos, también puede ser ventajoso utilizar conjuntamente otro emulsionante, por ejemplo, un tensioactivo anfótero.

Se conocen también emulsiones de betún aniónicas. Sin embargo, los emulsionantes aniónicos no desempeñan el papel adicional de activador de adherencia descrito más adelante, para los granulados calcáreos, que son generalmente excluidos de las capas de superficie de carreteras debido al hecho de su baja resistencia al pulimento.

50 El betún fluxado es una mezcla de betún y de un fluidificante de origen petrolero, hullero o vegetal que permite reducir su viscosidad. Sin embargo, su empleo generalmente implica emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) que se busca disminuir favoreciendo las técnicas de emulsión.

La espuma de betún es un medio de hacer que el betún sea manipulable a temperatura ambiente, por adición de pequeñas cantidades de agua (un pequeño %) al betún caliente, provocando así su formación de espuma. Esta técnica se ha utilizado con éxito para fabricar los ESU, pero adolece de la necesidad de máquinas dedicadas y de

formulaciones muy específicas, lo que hace que su empleo en los ESU casi ha desaparecido. Sin embargo, sigue siendo utilizada para el reprocesado en el lugar de calzadas, en particular en presencia de cantidades importantes de materiales granulares no aglutinados ni tratados con ligantes hidráulicos.

5 Todas estas técnicas viarias que combinan el empleo de betún manipulable a temperatura ambiente y de granulado se conocen conjuntamente con el nombre de "técnicas en frío". Las técnicas en frío permiten prescindir ventajosamente de la etapa, de gran consumo de energía, de secado del granulado, necesaria en las técnicas en caliente o templadas para asegurar un buen pegado del ligante al granulado en presencia de ligante anhidro. Por ejemplo, en los revestimientos bituminosos en frío a base de emulsión de betún, este pegamiento está asegurado a pesar de la presencia de agua, porque el emulsionante se elige de manera que desempeñe también el papel de activador de adherencia (véase más adelante).

10 En los revestimientos bituminosos en frío, el ligante bituminoso se prepara, por tanto, típicamente en forma de una emulsión bituminosa o de un betún fluxado y se aplica sobre la superficie a recubrir, por ejemplo, la superficie de una calzada. El ligante bituminoso se puede aplicar sobre una capa de granulado ya colocada sobre la superficie o antes de colocar la capa de granulado. Alternativamente, el ligante bituminoso y el granulado se pueden mezclar primero juntos, y extender a continuación sobre la superficie a revestir. En todos los casos, los dos materiales (el granulado y el ligante) se interpenetran y fraguan conjuntamente.

15 Por revestimiento bituminoso en frío se entiende, en el sentido de la presente invención, los recubrimientos superficiales de desgaste (ESU) y las mezclas bituminosas en frío, donde la emulsión se amasa con el granulado que puede estar constituido exclusivamente o en parte por agregados de mezclas bituminosas (en el sentido de la norma EN 13108-8), que incluyen las mezclas bituminosas densas en frío, las grava-emulsiones o incluso el reprocesado de la emulsión (véase el documento "Les Emulsions de Bitume" citado más adelante).

La técnica de los ESU consiste en aportar el ligante en una o varias capas, seguida y/o precedida por el aporte de una o varias capas de granulados. En este caso, el ligante generalmente se aporta en forma de emulsión de betún.

25 Las mezclas bituminosas densas en frío y las grava-emulsiones son mezclas bituminosas obtenidas por la mezcla en central de recubrimiento, de granulados y de emulsión de betún. Las mezclas bituminosas densas en frío se caracterizan por un mayor contenido en ligante que las grava-emulsión, lo que permite una mejor estabilidad al agua y una mejor resistencia al desprendimiento, lo que permite su empleo como capa de rodamiento bajo tráfico intenso. Las grava-emulsiones, debido a su menor contenido en ligante, son mucho más manejables y permiten así un empleo preferencial en capa de reperfilado o de recargo, en particular para restricciones de espesores variables vinculadas a un soporte heterogéneo, donde pueden ser sometidas directamente a poco tráfico, o ser recubiertas, por ejemplo, con un ESU o una mezcla bituminosa densa en frío bajo tráfico más intenso. Ellas pueden servir igualmente como capa de base en una calzada nueva.

30 El reprocesado con la emulsión o con la espuma de betún corresponde a la producción de una grava-emulsión o una grava-espuma en central o *in situ* con ayuda de máquinas especializadas. El fresado de calzadas antiguas se mezcla entonces con un ligante añadido en forma de emulsión de betún o de espuma de betún. Las propiedades son similares a las de las grava-emulsiones, con la ventaja económica y medioambiental de utilizar como materia prima los fresados, que serían de otro modo un desecho de construcción, y de limitar así el empleo de granulados nuevos.

35 Existe también otro tipo de revestimiento bituminoso en frío, llamado mezcla bituminosa aplicada en frío (ECF). El ECF es una forma de revestimiento fino que tiene un campo de aplicación similar a los ESU. En cambio, se diferencia de ellos por la formulación, que es sistemáticamente a base de emulsión de betún, y por los procedimientos de aplicación, que utilizan máquinas especializadas que llevan el conjunto de los ingredientes (granulado húmedo, agua, emulsión de betún, lechada de cal y otros aditivos) y los extienden en una única operación con gran rendimiento. La principal diferencia entre los ECF y los otros revestimientos en frío es que constituyen una clase de materiales cuya formulación ha sido optimizada en los últimos años con el fin de controlar la ruptura, por el empleo de pares rompedores/retardadores que permiten controlar finamente la ruptura de la emulsión. En cambio, estas tecnologías no se han difundido en el campo de los ESU ni de las mezclas bituminosas en frío (densas, grava-emulsión o reprocesado en el lugar), donde las tecnologías de aplicación dificultan la multiplicación de los aditivos. Asimismo, los ECF se realizan *in situ* con un tiempo muy corto (del orden de uno a dos minutos) entre la mezcla de los ingredientes y su colocación, permitiendo así una vuelta al tráfico rápido siempre que la emulsión se rompa rápidamente. En cambio, las grava-emulsiones y las mezclas bituminosas en frío se transportan en camión desde la central hasta el lugar de trabajo necesitando un retraso de maniobrabilidad de varias horas.

La norma EN 12271 describe los recubrimientos superficiales de desgaste (ESU), mientras que la norma EN 12273 está dedicada a las mezclas bituminosas aplicadas en frío (ECF).

55 El documento publicado por la Section des Fabricants d'Emulsion Routière de Bitume (SFERB) de l'Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française (USIRF), titulado "Les Emulsions de Bitume" (París: Revue Générale des Routes et Aéroports Ed., 2006) describe en particular las técnicas y procedimientos que utilizan las emulsiones de betún como ligante, tales como los ESU, los ECF y el conjunto de las técnicas en frío.

El problema de las técnicas viarias con la emulsión de betún, es que el agua sirve únicamente de vector para aportar

el betún y, por lo tanto, debe desaparecer después para no dejar más que el ligante. El conjunto de los procesos fisicoquímicos que permiten el paso de la emulsión a la película de betún final se denomina generalmente en la profesión "ruptura de la emulsión". La ruptura se entiende por tanto, como el paso del ligante, desde un estado inicial en el que se dispersa en fase acuosa (emulsión) hasta un estado final en el que constituye una película continua, más o menos rígida, a menudo denominada "ligante residual". Este fenómeno se produce de forma natural, por evaporación progresiva del agua. Sin embargo, dependiendo en particular de las aplicaciones, las restricciones del lugar de trabajo y del clima (temperatura, humedad del aire, viento...), la ruptura de la emulsión se puede acelerar con ayuda de uno o varios aditivos denominados comúnmente rompedores de emulsión.

En estas condiciones, el empleo de cal para provocar la ruptura de la emulsión es una solución conocida pero poco utilizada debido a la violencia de la reacción. El empleo de la cal como rompedor surge del hecho de que neutraliza el ácido y por lo tanto lleva al tensoactivo a un intervalo de pH donde pierde su carga y por lo tanto su carácter tensoactivo. Al constituir la cal una base fuerte, esta reacción es difícil de controlar y genera una ruptura a menudo calificada de violenta.

Debido a la violencia de la ruptura, su aplicación a nivel industrial se limita a casos raros de técnicas viarias con la emulsión de betún donde el formulador ha sabido ajustar esta violencia de ruptura con las especificidades operativas propias de la aplicación. prevista, en particular (i) gracias a la lechada de cal aportada en forma concentrada estabilizada o fabricada *in situ* (aporte de cal hidratada a una formulación que además ya contiene agua) en los ECF donde todos los ingredientes se mezclan conjuntamente durante una única operación (granulado húmedo, agua, emulsión de betún, lechada de cal y otros posibles aditivos tales como retardadores de fraguado) o (ii) gracias a la lechada de cal fabricada *in situ* en el reprocesado en el lugar con la emulsión de betún donde los ingredientes también se mezclan conjuntamente en una única etapa (fresado de asfalto viejo, agua, emulsión de betún, cal hidratada). Esto sólo es posible porque estas tecnologías se llevan a cabo *in situ* con máquinas especiales, que permiten limitar el tiempo entre la puesta en contacto de los ingredientes y la colocación, lo que permite el empleo de rompedores violentos.

La principal aplicación de las emulsiones de betún en términos de revestimiento bituminoso es la técnica de los ESU. Esta técnica es económica y se adapta bien a las vías de tráfico moderado que constituyen la parte esencial de la red de carreteras locales (red departamental en particular en Francia).

Desafortunadamente, el uso de lechada de cal como rompedor añadido directamente a la emulsión no funciona en los ESU porque la ruptura es allí demasiado violenta y favorece la formación de una piel rota en la superficie, que atrapa el agua por debajo.

Los recubrimientos superficiales de desgaste (ESU) adolecen también de una gran desventaja: resisten mal a los esfuerzos ligados al tráfico en los primeros tiempos, es decir, poco después de su aplicación. Esto da como resultado un riesgo de proyección de granulados que puede provocar la rotura de los parabrisas. Con este fin, el formulador busca acelerar la velocidad de fraguado y/o mejorar la adhesión del ligante al granulado y/o la cohesión del ligante. Esta desventaja ha sido objeto de investigaciones y desarrollo que han conducido a ciertas soluciones tales como las descritas en el documento « Code de bonne pratique des enduits superficiels », CRR Ed.: Bruxelles, 2001 - Recommandations R 71/01, <http://www.brrc.be/publications/r/r7101.pdf> - « Centre de Recherche Routière (CRR) ».

Según este documento, las soluciones que permiten mejorar la adherencia del ligante al granulado en los ESU se resumen a continuación:

1) el granulado debe ser tan limpio como sea posible (desprovisto especialmente de finos) y seco,

2) si, a pesar del empleo de un granulado limpio, la adherencia es insuficiente, el uso de un activador es una solución habitual. El activador es típicamente un compuesto orgánico tensoactivo y, a menudo, un tensoactivo aminado, que por tanto se aproxima a los emulsionantes catiónicos para betún. El activador se puede poner en el ligante (en el caso de las emulsiones de betún, el emulsionante se elige para que desempeñe también el papel de activador), sobre el granulado (recubrimiento previo del granulado por el tensoactivo) o en la interfaz entre el ligante y el granulado.

En este segundo caso, uno de los inconvenientes, en particular en lo que se refiere al tratamiento del granulado, es el control de bajos contenidos de aditivos orgánicos (dosis habituales de 0,1 a 0,5 % en peso de soluciones diluidas de tensoactivo con respecto al granulado). Igualmente, estos tensoactivos son generalmente derivados aminados obtenidos por procedimientos de síntesis orgánica complejos y contaminantes, con perfiles ecotoxicológicos desfavorables (en particular, muchos están clasificados como peligrosos para el medio ambiente).

Cabe señalar que la cal hidratada es conocida por tener un papel similar al de los activadores de adherencia, cuando se añade a las mezclas bituminosas en caliente o templadas. Por lo tanto, el formulador que utiliza un emulsionante que también desempeña el papel de activador no se ve tentado a añadir también la cal, porque esto duplicaría el empleo y constituiría por lo tanto un costo adicional innecesario.

Para los recubrimientos (ESU) de betún fluxado, el recubrimiento previo con betún de los granulados es una solución habitual para mejorar la adherencia. En cambio, representa un sobrecoste económico y operativo consecuente, ya que los granulados deben pasar por una instalación industrial (central de recubrimiento) donde se secan y después se

recubren con típicamente un 1 % en peso de betún. Se pierde entonces el beneficio medioambiental de las técnicas en frío, ya que se reintroduce entonces el secado con gran consumo de energía, de los granulados.

En el caso de las mezclas bituminosas en frío, es conocido utilizar técnicas de recubrimiento secuencial y/o de doble recubrimiento con la emulsión y/o de empleo de emulsiones de diferentes grados de betún para obtener un reparto tan homogéneo como sea posible del ligante sobre el conjunto de las fracciones. Estos procedimientos pretenden también aumentar la adherencia, cohesión y velocidad de fraguado de las mezclas bituminosas en frío, pero representan una mayor complejidad industrial que requiere importantes modificaciones en las instalaciones y, en consecuencia, un notable coste económico adicional.

La invención tiene por objeto aliviar los inconvenientes de la técnica actual proporcionando un procedimiento que permita aumentar la adherencia del ligante al granulado y la cohesión del revestimiento bituminoso en frío en los primeros tiempos, sin que suponga un coste económico adicional. y sin presentar riesgos toxicológicos importantes.

Para ello, se proporciona según la invención, un procedimiento tal como se ha indicado al principio, caracterizado porque dicha etapa de preparación de dicho granulado comprende una etapa de recubrimiento de dicha al menos una primera fracción de granulado con cal, que comprende una aplicación de una composición de cal sobre dicha al menos una primera fracción de granulado por inmersión, remojo, vaporización, pulverización o mezcla a razón de un contenido en cal de 0,05 a 2 % en peso expresado en equivalente de hidróxido ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ y/o $\text{Mg}(\text{OH})_2$) con respecto al peso total de granulado, por ejemplo a partir de una composición de cal.

En efecto, se ha observado según la presente invención que el recubrimiento (tratamiento) previo de al menos una primera fracción del granulado de carreteras con cal para formar un revestimiento bituminoso en frío, permitía aumentar la adherencia del ligante al granulado. y la cohesión y la velocidad de fraguado del revestimiento bituminoso, en particular en los primeros tiempos (fenómeno de fraguado), sin representar un coste económico adicional y sin presentar peligros toxicológicos importantes.

Esto permite además la ventaja colateral de extender así el período de aplicación de estos revestimientos, que de otra manera se limitan a condiciones meteorológicas favorables, difíciles de obtener en Europa fuera del período de abril a septiembre (temperatura del soporte idealmente superior a 10 °C y baja humedad). Esto permite también limitar los desprendimientos de granulado en los primeros tiempos, que limitan la traficabilidad de los revestimientos inmediatamente después de su colocación y pueden generar la rotura de parabrisas.

Por el término "cal" se entiende, en el sentido de la presente invención, las cales hidratadas cálcicas, las cales hidratadas dolomíticas, las magnesias hidratadas, las cales hidratadas calco-magnesianas, las cales cálcicas vivas, la magnesia, las cales vivas calco-magnesianas o dolomíticas, las cales vivas con reactividad retardada, como por ejemplo las cales parcialmente prehidratadas, las cales vivas sobrecocidas, las cales parcialmente apagadas con aditivos exógenos y sus mezclas, los polvos de filtros, las cenizas volantes, en particular cálcicas, los cementos portland, las cales hidráulicas, las cales de construcción tales como se definen en la norma EN 459-1, y sus mezclas.

La utilización de cal, en particular de cal hidratada ya es conocida en los revestimientos bituminosos en caliente, donde la cal mejora la adherencia del betún al granulado, ralentiza el envejecimiento del betún y mejora las propiedades mecánicas, aumentando todo esto la duración de la vida de la mezcla bituminosa. En este caso, se añade una lechada de cal al granulado antes de su secado y después su recubrimiento con el betún (véase por ejemplo D. Lesueur, "Increasing the durability of asphalt mixtures with hydrated lime: A critical review of the literature", Report to the European Lime Association, Version 2, April 2010 ; National Lime Association, "How to Add Hydrated Lime to Asphalt - An Overview of Current Methods", National Lime Association Report, 2003 - http://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/how-to-add-lime.pdf). Sin embargo, esta aplicación es distinta de las consideradas aquí, ya que las mezclas bituminosas en caliente son materiales diferentes, fabricados según procedimientos específicos y que responden a normas diferentes (serie EN 13108-1 a 7 en Europa).

Las técnicas que utilizan mezclas bituminosas en caliente están descritas en el documento GB2327669 y en « Development and analysis of cernent coated aggregates for asphalt mixture » de Bayoni Fouad (XP002108078).

La utilización de cal hidratada en las mezclas bituminosas en caliente es igualmente conocida. El documento WO 12/009339 describe el uso de lechada de cal para hacer una mezcla bituminosa templada. Las mezclas bituminosas templadas son procedimientos similares a las mezclas bituminosas en caliente, que buscan obtener las mismas propiedades finales bajando la temperatura de fabricación por diferentes métodos (aditivos, procedimientos o una combinación de los dos). No existe confusión posible entre los revestimientos objeto de la presente invención y el empleo de lechada de cal en el tratamiento de granulados para mezclas bituminosas templadas o en caliente, puesto que los procedimientos industriales son diferentes y los productos finales están sujetos a propiedades y normas diferentes. En efecto, el principal problema a resolver para los revestimientos en frío es el control de la ruptura de la emulsión para asegurar una buena cohesión inicial y un débil desprendimiento de los granulados para permitir una restauración del tráfico rápido, y ninguna solución procedente de las mezclas bituminosas en caliente o templadas es por tanto móvil ya que el betún no está en forma de emulsión.

Además, hasta ahora nunca se había generalizado la utilización de cal en los revestimientos bituminosos en frío.

- En efecto, los revestimientos bituminosos en frío se obtienen principalmente a base de emulsión de betún o de betún fluxado. La cal hidratada es conocida por ser un rompedor de emulsiones a menudo demasiado violento, lo que favorece la rotura de la piel en los ESU y hace así que su aplicación sea muy limitada. El único campo donde se utiliza hasta la fecha de manera notable comprende los ECF y los reprocesados en el lugar, para los cuales debe ser obtenida entonces una formulación adaptada pero gracias a un conocimiento práctico muy específico dominado por un número limitado de actores, y correspondiente a especificaciones que no se pueden transponer a los otros revestimientos en frío obtenidos por recubrimiento, debido al corto tiempo que transcurre entre la mezcla de los componentes y su colocación. Esta limitación ha supuesto, por otra parte hasta la fecha, un perjuicio técnico importante, que separaba en gran medida a los expertos en la técnica de la solución aportada por la presente invención.
- Por ejemplo, el documento US3206174 se refiere a la formación de ECF y da a conocer el añadir, a la mezcla que contiene los agregados y la emulsión de betún, una pequeña cantidad de partículas finas tales como de cemento o de cal.
- El documento US4193816 da a conocer el añadir cal apagada a los granulados antes de mezclarlos con una emulsión aniónica de betún para formar los ECF. Además de estar limitado a los ECF, este documento utiliza emulsiones de betún aniónicas, utilizando por tanto un mecanismo de ruptura completamente diferente al que se encuentra con las emulsiones catiónicas. En efecto, como se ha mencionado antes, la cal permite la ruptura de las emulsiones catiónicas por efecto del pH. En cambio, en este documento, la cal se utiliza por su capacidad de liberar iones Ca^{2+} que pueden formar después complejos insolubles con los emulsionantes aniónicos. Este mecanismo es por lo tanto exclusivo de estos emulsionantes, cuyo empleo en la técnica viaria se ha convertido en anecdótico debido a su baja adherencia.
- El documento GB581 187 describe en cambio un recubrimiento previo de los granulados con cal para la formación de revestimientos bituminosos en frío a base de alquitrán o de betún fluxado, y explica que esta solución no funciona con las emulsiones de betún.
- Es por lo tanto de manera particularmente sorprendente, que la presente invención permita obtener una adherencia del ligante al granulado mejorada y aumentar la cohesión y la velocidad de fraguado de numerosos revestimientos bituminosos en frío utilizando las técnicas viarias con la emulsión de betún, en particular los ESU, por el recubrimiento del granulado o de una fracción del mismo con cal. En efecto, las recomendaciones proponen, particularmente para los ESU, buscar en primer lugar la obtención de un granulado limpio y exento de finos para mejorar la adherencia del ligante. Un granulado recubierto previamente con cal es por lo tanto, una solución que va en contra de las enseñanzas actuales existentes. Esto, combinado con el otro perjuicio de la técnica que reside en el hecho de que la cal es un rompedor de emulsión violento, hace que la presente invención parezca particularmente sorprendente y creativa.
- Además, la solución del recubrimiento previo del granulado o de una fracción del mismo con cal tiene lugar, en su aplicación y en su principio, como un pretratamiento con ayuda de tensioactivo, lo que permite la utilización sin grandes modificaciones de las instalaciones actualmente utilizadas necesarias para los procedimientos existentes, a diferencia de las técnicas de recubrimiento previo con betún. Además, el recubrimiento con cal es una solución mineral poco costosa, sin peligros toxicológicos y medioambientales, fácil de controlar en términos de verificación de las dosis en comparación con los aditivos orgánicos.
- Los mecanismos de acción probables son dobles. En primer lugar, la cantidad de cal aportada por esta vía, consistente en un tratamiento superficial, permite que sea controlada más fácilmente que por una mezcla en peso de todos los componentes. De esta forma, el efecto de ruptura violenta se limita a una pequeña cantidad de emulsión. Después, esta ruptura se produce preferiblemente en la superficie del granulado donde se encuentra la cal, favoreciendo así el anclaje de las gotitas de betún que constituyen la emulsión. Este punto contribuye por tanto, a mejorar la adherencia, lo que a su vez asegura un reparto más homogéneo del ligante en el seno del revestimiento, lo que contribuye entonces también a mejorar la cohesión.
- En una forma ventajosa de la presente invención especialmente dirigida sobre los ESU, el procedimiento comprende
- i) al menos un suministro de dicho ligante bituminoso sobre una superficie a revestir, para formar al menos una capa de ligante sobre dicha superficie a revestir,
 - ii) al menos un suministro de dicho granulado sobre dicha superficie a revestir, antes o después de dicho ligante bituminoso, estando formado dicho revestimiento bituminoso por al menos una capa de dicho granulado interpenetrada en dicho ligante bituminoso.
- En un modo de realización preferido del procedimiento según la presente invención, dicho revestimiento bituminoso formado por al menos una capa de dicho granulado interpenetrado en dicho ligante bituminoso, comprende un número asimétrico o simétrico de capas de ligante bituminoso y de granulados eventualmente de modo alternativo.
- En una variante según la presente invención, especialmente dirigida a las mezclas bituminosas en frío, que incluyen las grava-emulsiones, las mezclas bituminosas densas en frío y los reprocesados de la emulsión,
- i) dicho ligante bituminoso se suministra a una malaxadora,
 - ii) dicho granulado se suministra a dicha malaxadora, durante, antes o después de dicho ligante bituminoso, y

iii) dicho revestimiento bituminoso se forma a partir de la mezcla de dicho granulado interpenetrado en dicho ligante y se aplica sobre una superficie a revestir.

La mezcla del granulado recubierto y del ligante se puede preparar por lo tanto, como una variante de la preparación del revestimiento bituminoso *in situ*, en una central de recubrimiento, eventualmente móvil o instalada sobre una plataforma automotora, antes de su aplicación sobre la calzada.

Se ha observado en efecto, según la presente invención que el intervalo particular de contenido de cal, comprendido entre 0,05 y 2 %, permitía mejorar la cohesión y la velocidad de fraguado, así como la adherencia del ligante al granulado. Como se puede observar, este intervalo de valores representa un consumo relativamente bajo del aditivo, pero suficiente para simplificar las dosificaciones. Como los valores demasiado pequeños son a menudo difíciles de dosificar, el reparto sobre los granulados se vuelve entonces dudoso. En cambio, los valores demasiado elevados conducirían a una ruptura demasiado rápida de la emulsión.

El tratamiento del granulado o de la fracción de granulado se puede realizar por cualquier medio adecuado que permita un buen control del contenido en cal, y puede ser adaptado en función de la naturaleza pulverulenta o líquida de la cal utilizada. De manera no restrictiva, el granulado se puede mezclar con la cal en una malaxadora, por ejemplo, similar a las que se encuentran en las centrales de hormigón. La cal también se puede pulverizar directamente a la superficie del granulado mediante un sistema de rociadores sobre una cinta transportadora o en la salida de un camión gravillador utilizando después dispositivos similares a las rampas de dopado ya comercializadas. El tratamiento se puede realizar justo antes de poner el granulado en contacto con la emulsión o más adelante en la cantera, con un almacenamiento que puede llegar hasta unos días. No se recomienda un almacenamiento más largo porque induciría la carbonatación de la cal que entonces se transformaría en carbonato de calcio y, por lo tanto, perdería su actividad.

En una forma de realización particular, dicha composición de cal se elige del grupo constituido por las cales hidratadas cálcicas, las cales hidratadas dolomíticas, las magnesianas hidratadas, las cales hidratadas calco-magnesianas, las cales cálcicas vivas, la magnesia, las cales vivas calco-magnesianas o dolomíticas, las cales vivas con reactividad retardada, como por ejemplo las cales parcialmente prehidratadas, las cales vivas sobrecocidas, las cales parcialmente apagadas con aditivos exógenos y sus mezclas, los polvos de filtros, las cenizas volantes, en particular cálcicas, los cementos portland, las cales hidráulicas, las cales de construcción tales como se definen en la norma EN 459-1, y sus mezclas.

Según la presente invención, la cal por lo tanto se elegirá, por ejemplo, en función del granulado y en particular en función de su contenido en agua.

En efecto, se prevé según la invención tratar un granulado demasiado húmedo con cal viva a fin de reducir el contenido en agua y obtener una lechada de cal *in situ*, o aportar la cal en forma de cal hidratada seca, sobre un granulado ligeramente húmedo, cuyo contenido en agua no se desea modificar, o incluso aportar la cal en forma de lechada de cal. De esta manera, se puede considerar una solución a medida en función del contenido en agua inicial del granulado y de su contenido en agua final deseado.

También se puede utilizar un exceso de cal viva para disponer de una reserva de exotermicidad en contacto con el agua aportada por la emulsión y/o el granulado y/o el procedimiento en frío.

La cal hidratada cálcica está constituida por un conjunto de partículas sólidas, principalmente de dihidróxido de calcio de fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y es el resultado industrial del apagado de una cal viva con agua, reacción también llamada hidratación. Este producto es conocido también con el nombre de cal apagada. De aquí en adelante, el dihidróxido de calcio se denominará simplemente hidróxido de calcio.

Esta cal apagada puede contener también el óxido de calcio que no se habría hidratado a lo largo del apagado, al igual que puede contener carbonato de calcio CaCO_3 . Este carbonato de calcio puede provenir bien de la piedra caliza inicial de la que se deriva la cal apagada según la invención (restos cortos de cocción), o bien de una reacción de carbonatación parcial de la cal apagada en contacto con el aire. El contenido de óxido de calcio en la cal apagada en el marco de la presente invención es generalmente inferior al 3 % en peso, preferiblemente inferior al 2 % y de manera ventajosa inferior al 1 %. El de carbonato de calcio es inferior al 10 % en peso, preferiblemente inferior al 6 % y de manera ventajosa inferior al 4 %, de manera aún más ventajosa inferior al 3 %.

Esta cal apagada puede contener también óxido de magnesio MgO o fases derivadas del tipo $\text{Mg}(\text{OH})_2$ o MgCO_3 , representando en total unas decenas de gramos por kilogramo. Sin embargo, la suma de estas impurezas, expresadas en forma de MgO , no supera ventajosamente el 5 % en peso, preferiblemente el 3 %, preferiblemente el 2 % o incluso el 1 % del peso de la cal hidratada cálcica según la invención.

La cal hidratada dolomítica está constituida por un conjunto de partículas sólidas, principalmente de dihidróxido de calcio de fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$, de dihidróxido de magnesio $\text{Mg}(\text{OH})_2$ y de óxido de magnesio, y responde a la fórmula general a $\text{Ca}(\text{OH})_2$. b $\text{Mg}(\text{OH})_2$. c MgO . a, b y c representan fracciones máxicas cuya suma vale de 60 a 100 %. Las partículas contienen además de 0 a 40 % en fracción máxica de varios compuestos D, la cual evidentemente puede contener impurezas, a saber, fases derivadas de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , P_2O_5 y/o SO_3 , que representan globalmente unas decenas de gramos por kilogramo de cal. Estas partículas sólidas pueden contener también como compuesto D

el óxido de calcio que no se habría hidratado a lo largo del apagado, así como pueden contener carbonato de calcio CaCO_3 y/o de magnesio MgCO_3 , eventualmente combinados en forma de dolomita.

5 Esta cal hidratada dolomítica es el resultado industrial del apagado de una dolomita viva con agua, reacción llamada también hidratación. Este producto se conoce también como cal dolomítica apagada. De aquí en adelante, el dihidróxido de calcio y de magnesio se denominará simplemente hidróxido de calcio o de magnesio. La proporción de calcio y de magnesio típicamente está impuesta por la proporción nativa existente en los diferentes minerales y típicamente está comprendida entre 0,8 y 1,2.

10 Las magnesias hidratadas están constituidas por un conjunto de partículas sólidas, principalmente de dihidróxido de magnesio de fórmula $\text{Mg}(\text{OH})_2$, y son el resultado industrial del apagado de una magnesia viva con agua, reacción llamada también hidratación.

15 La cal hidratada calco-magnesiana está constituida por un conjunto de partículas sólidas, principalmente de dihidróxido de calcio de fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$, de dihidróxido de magnesio $\text{Mg}(\text{OH})_2$ y de óxido de magnesio, y responde a la fórmula general a $\text{Ca}(\text{OH})_2$. b $\text{Mg}(\text{OH})_2$. c MgO . a, b y c representan fracciones máxicas cuya suma vale de 60 a 100 %. Las partículas pueden contener además de 0 a 40 % en fracción máxica de varios compuestos D, que evidentemente puede contener impurezas, a saber, fases derivadas de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , P_2O_5 y/o SO_3 , que representan en total unas decenas de gramos por kilogramo de cal. Estas partículas sólidas pueden contener también como compuesto D el óxido de calcio que no se habría hidratado a lo largo del apagado, así como pueden contener carbonato de calcio CaCO_3 y/o de magnesio MgCO_3 , eventualmente combinados en forma de dolomita.

20 Esta cal hidratada calco-magnesiana es el resultado industrial del apagado de una dolomita viva con agua, reacción llamada también hidratación, o el resultado de la mezcla de cal cálcica hidratada y/o magnesia hidratada y/o de cal hidratada dolomítica. La proporción de calcio y de magnesio típicamente está impuesta por la proporción de los diversos componentes añadidos y permite salir de la proporción nativa existente en los distintos minerales entre 0,8 y 1,2.

25 Se entiende por cal cálcica viva, una materia sólida mineral, cuya composición química es principalmente de óxido de calcio, CaO . La cal viva se obtiene comúnmente por calcinación de la piedra caliza, principalmente constituida por CaCO_3 . La cal viva contiene impurezas, a saber, compuestos tales como óxido de magnesio, MgO , sílice, SiO_2 o incluso alúmina, Al_2O_3 , etc., por valor de algunos porcentajes. Se entiende que estas impurezas se expresan en las formas mencionadas antes pero en realidad pueden aparecer en fases diferentes. También contiene en general algunos porcentajes de CaCO_3 residual, que se denominan restos cortos de cocción.

30 Se entiende por magnesia, en el sentido de la presente invención, una materia sólida mineral, cuya composición química es principalmente de óxido de magnesio, MgO . La magnesia se puede obtener por calcinación de carbonato de magnesio, principalmente constituido por MgCO_3 o por oxidación de magnesio. La magnesia puede por tanto contener también impurezas, a saber, compuestos tales como óxido de calcio, CaO , sílice, SiO_2 o incluso alúmina, Al_2O_3 , etc., por valor de algunos porcentajes. Se entiende que estas impurezas se expresan en las formas mencionadas antes pero en realidad pueden aparecer en fases diferentes.

35 La cal viva calco-magnesiana o dolomítica es una materia sólida mineral, cuya composición química es principalmente de óxido de calcio, CaO y de óxido de magnesio MgO . La cal viva calco-magnesiana o dolomítica se obtiene comúnmente por calcinación de dolomita, principalmente constituida por CaCO_3 y MgCO_3 . La cal viva contiene impurezas, a saber, compuestos tales como sílice, SiO_2 o incluso alúmina, Al_2O_3 , etc., por valor de algunos porcentajes. Se entiende que estas impurezas se expresan en las formas mencionadas antes pero en realidad pueden aparecer en fases diferentes. También contiene en general algunos porcentajes de CaCO_3 y MgCO_3 residuales, denominados restos cortos de cocción. Dependiendo de si la cal viva comprende además una adición exógena de MgO o CaO para hacer variar la proporción Ca/Mg , se la llamará calco-magnesiana mientras que si se obtiene directamente de la calcinación de dolomita, se la llamará cal viva dolomítica.

45 En el sentido de la presente invención, se denomina cal viva con reactividad retardada a las cales vivas cuya reactividad al agua medida por t_{60} según la norma EN 459-2 está ampliada. Estas cales comprenden típicamente las cales vivas con aditivos exógenos, las cales vivas sobrecocidas y las cales parcialmente prehidratadas.

La cal con aditivo exógeno es una cal en la que las partículas de cal viva son tratadas en superficie, más particularmente son recubiertas con una capa de un aditivo más o menos sensible al agua que actúa como capa protectora para retrasar la puesta en contacto con el agua del núcleo de cal viva.

50 La cal prehidratada es también una cal tratada en la superficie y más particularmente una cal a la que se ha añadido una pequeña cantidad de agua, de manera insuficiente para que se apague la totalidad de las partículas de cal viva. Después, la parte más accesible al agua, es decir la superficie exterior, reaccionará con el agua para formar cal apagada y se obtendrán partículas de cal viva (en su núcleo) recubiertas al menos parcialmente con una capa de cal apagada sobre la superficie exterior.

55 La cal sobrecocida es una cal que ha sufrido un tratamiento en masa, de hecho es una cal densificada, o incluso sinterizada, obtenida por una cocción prolongada y/o a una temperatura más alta de la cal viva. La cal sobrecocida así obtenida es de más difícil acceso para el agua porque de alguna manera está más compactada o más apretada.

En consecuencia, la reacción con el agua es retardada.

En el caso de los polvos de filtros, de las cenizas volantes, en particular cálcicas, de los cementos portland, estos son compuestos que aportan cal de forma inmediata o retardada, la cal se forma como resultado de la hidratación del cemento.

5 Preferiblemente, dicha composición de cal es una composición sólida o una suspensión como, por ejemplo, una lechada de cal o una pasta de cal. Las suspensiones de cal pueden ser diluidas o concentradas, en función del contenido en agua deseado y también pueden estar estabilizadas con ayuda de aditivos que permiten estabilizar la viscosidad dinámica de la lechada de cal.

10 Tales suspensiones de cal apagada o lechadas/pastas o incluso crema de cal se obtienen comúnmente por apagado de cal viva con un exceso de agua (grande o no) o poniendo en suspensión la cal apagada pulverulenta. Las partículas obtenidas están compuestas de manera predominante por hidróxido de calcio o de magnesio, según el tipo de cal viva o hidratada utilizado.

15 La viscosidad de una lechada de cal es una propiedad determinante en cuanto a la aplicación y manipulación (bombeo, transporte en tubería, ...) de la suspensión. Para ello, la experiencia ha permitido establecer que la viscosidad dinámica de la suspensión debe ser inferior a 2000 mPa.s, preferiblemente inferior a 1500 mPa.s.

20 En efecto, como se ha mencionado antes, la presente invención prevé diferentes estados físicos o de acondicionamiento de la cal para tratar el granulado. Así, se prevé tratar un granulado demasiado húmedo con cal viva pulverulenta con el fin de reducir el contenido en agua y obtener una lechada de cal *in situ*, o de aportar la cal en forma de cal hidratada seca sobre un granulado ligeramente húmedo, cuyo contenido en agua no se desea modificar, o incluso de aportar la cal en forma de lechada de cal. De esta manera, se puede considerar una solución a medida en función del contenido en agua inicial del granulado y de su contenido en agua final deseado.

25 En una forma de realización particular del procedimiento, dicha etapa de recubrimiento comprende además una etapa de suministro de una fase acuosa en particular, cuando un aporte de agua es conveniente o si el aporte de cal para el recubrimiento se realiza por mezcla de la cal pulverulenta con el granulado o una primera fracción del granulado en una malaxadora.

De forma ventajosa, dicho granulado se elige del grupo de las gravas, arenas y rellenos, granulados artificiales, como por ejemplo los granulados procedentes de la deconstrucción, granulados especiales (granulados ligeros tales como las arcillas, esquistos o escorias expandidas, granulados con altas características elaborados industrialmente tales como las bauxitas calcinadas...), granulados de subproductos de otras industrias (escorias...) y sus mezclas.

30 Más particularmente, dicho granulado pertenece a una clase granular d/D expresada según la norma EN 13043, en términos de dimensiones inferiores d y superiores D de malla de 0/4 a 0/30, en particular una clase granular seleccionada del grupo constituido por clases granulares de 0/4, 0/6, 0/8, 0/10, 0/14, 0/20, 0/30 y sus mezclas.

35 Para el caso más específico de los ESU, dicho granulado pertenece a una clase granular d/D expresada según la norma EN 13043, en términos de dimensiones inferiores d y superiores D de malla de 2/4 a 10/14, en particular una clase granular seleccionada del grupo constituido por clases granulares 2/4, 2/6, 4/6, 6/10, 10/14 y sus mezclas.

40 En el caso de una fórmula de revestimiento en frío, se pueden utilizar diferentes tipos de granulados. Estos granulados pueden ser por lo tanto, gravas de diversos tamaños, arena y rellenos o incluso una mezcla de estos granulados, utilizando varios calibres de granulado. El conjunto de los calibres o sólo una fracción del granulado pueden ser tratados con cal. En particular, en el caso de mezclas bituminosas en frío, es posible favorecer el tratamiento de los granulados más gruesos con el fin de favorecer el anclaje de la emulsión a su superficie, teniendo si no la emulsión una preferencia por los granulados más finos (arena y rellenos). Se puede favorecer igualmente el tratamiento de los granulados más finos con el fin de acentuar el anclaje sobre esta fracción o incluso tratar una clase intermedia. Por supuesto, el tratamiento preferencial se puede referir a una fracción granular en particular o una combinación de varias fracciones. Igualmente, se puede prever un período de maduración de algunos segundos a algunos días, que permite por ejemplo asegurar una hidratación completa de una cal viva débilmente reactiva en presencia de la humedad natural del granulado.

45 Se entiende por "ligante" todo ligante hidrocarbonado de origen fósil o de síntesis que se pueda utilizar para la producción de materiales para carreteras. El ligante puede ser por tanto un betún obtenido del refinado de petróleo o un betún de síntesis.

50 Según un modo de realización particular del procedimiento según la presente invención, dicho ligante puede comprender uno o varios polímeros y/o uno o varios ácidos y/o uno o varios fluidificantes como aditivo adicional del betún y/o de la emulsión de betún.

55 En particular, dicho ligante puede comprender un aditivo convencional de emulsión de betún, como un tensioactivo catiónico que contiene grupos funcionales de nitrógeno tales como aminas, imidazolinias, amidoaminas que son sobre todo los principales emulsionantes utilizados para las emulsiones de betún catiónicas. Estas últimas se vuelven activas

reduciendo el pH por medio de un ácido, generalmente clorhídrico.

5 Así, el ligante puede comprender aditivos comúnmente utilizados en el sector de las carreteras, tales como los polímeros (EVA o etileno-acetato de vinilo, SBS o estireno-butadieno-estireno, SB o estireno-butadieno) reticulados o no, el polvo de caucho, las ceras vegetales o de origen petroquímico, los activadores de adherencia, los ácidos en particular ácidos polifosfóricos, los fluidificantes o agentes regeneradores de origen petrolífero, hullero, vegetal o animal, así como eventuales agentes reticulantes para estos fluidificantes.

Otras formas de realización del procedimiento según la invención se indican en las reivindicaciones adjuntas.

La invención tiene también por objeto una composición de revestimiento bituminoso en frío que comprende un ligante bituminoso, inicialmente en forma de una emulsión catiónica de betún, y un granulado.

10 La composición según la presente invención se caracteriza porque dicho granulado comprende al menos una primera fracción de granulado recubierto con una composición de cal a razón de un contenido en cal de 0,05 a 2 % en peso expresado en equivalente de hidróxido (Ca(OH)_2 y/o Mg(OH)_2 con respecto al peso total del granulado.

15 En particular, dicha composición de cal se elige del grupo constituido por las cales hidratadas cálcicas, las cales hidratadas dolomíticas, las magnesias hidratadas, las cales hidratadas calco-magnesianas, las cales cálcicas vivas, la magnesia, las cales vivas calco-magnesianas o dolomíticas, las cales vivas con reactividad retardada, como por ejemplo las cales parcialmente prehidratadas, las cales vivas sobrecocidas, las cales parcialmente apagadas con aditivos exógenos y sus mezclas, los polvos de filtros, las cenizas volantes, en particular cálcicas, los cementos portland, las cales hidráulicas, las cales de construcción tales como las definidas en la norma EN 459-1, y sus mezclas.

20 De forma ventajosa, en la composición según la presente invención, dicho granulado se elige del grupo de las gravas, arenas y rellenos, granulados artificiales, como por ejemplo los granulados procedentes de la deconstrucción, los granulados especiales, los granulados de subproductos de otras industrias y sus mezclas.

Preferiblemente, dicho granulado pertenece a una clase granular d/D expresada, según la norma EN 13043, en términos de dimensiones inferiores d y superiores D de malla de 0/4 a 0/30, en particular una clase granular seleccionada del grupo constituido por clases granulares de 0/4, 0/6, 0/8, 0/10, 0/14, 0/20, 0/30 y sus mezclas.

25 En una variante de la composición según la presente invención, particularmente dirigida a los ESU, dicho granulado pertenece a una clase granular d/D expresada en términos de dimensiones inferiores d y superiores D de malla de 2/4 a 10/14, en particular una clase granular seleccionada del grupo constituido por clases granulares 2/4, 2/6, 4/6, 6/10, 10/14 y sus mezclas.

30 En una forma de realización preferencial, dicho ligante puede comprender uno o varios polímeros y/o uno o varios ácidos y/o uno o varios fluidificantes como aditivo adicional del betún o de la emulsión de betún.

35 Más particularmente, en una forma de realización, la composición según la invención comprende además un aditivo convencional de emulsión de betún, como un tensioactivo catiónico que contiene grupos funcionales de nitrógeno tales como aminas, imidazolinas, amidoaminas que son sobre todo los principales emulsionantes utilizados para las emulsiones de betún catiónicas. Estas últimas se vuelven activas reduciendo el pH por medio de un ácido, generalmente clorhídrico.

40 Así, el ligante puede comprender aditivos comúnmente utilizados en el sector de las carreteras, tales como los polímeros (EVA o etileno-acetato de vinilo, SBS o estireno-butadieno-estireno, SB o estireno-butadieno) reticulados o no, el polvo de caucho, las ceras vegetales o de origen petroquímico, los activadores de adherencia, los ácidos en particular ácidos polifosfóricos, los fluidificantes o agentes regeneradores de origen petrolífero, hullero, vegetal o incluso animal, así como eventuales agentes reticulantes para estos fluidificantes.

En una forma particular de realización según la presente invención, la composición de revestimiento bituminoso en frío es una mezcla bituminosa en frío en forma de una composición de mezclas bituminosas densas en frío, una composición de grava-emulsiones o una composición de reprocesado de emulsión. .

45 En esta variante, la composición según la invención presenta ventajosamente una resistencia conservada medida según la norma NLT-162 superior o igual a 50 %, preferiblemente superior o igual a 60 %, en particular superior o igual a 75 %.

En otra variante según la presente invención, la composición de revestimiento bituminoso en frío está bajo la forma de una composición de recubrimiento superficial de desgaste (ESU).

50 En esta otra variante, la composición según la invención presenta ventajosamente una cohesión medida después de 30 min de maduración a temperatura ambiente mediante un ensayo de la placa Vialit según la norma EN 12272-3 caracterizada por un contenido en granulados desprendidos inferior a 85/100 granulados, preferiblemente inferior a 75/100 granulados y particularmente con ventaja inferior a 65/100 granulados.

Otras formas de realización de la composición según la invención se indican en las reivindicaciones adjuntas.

La invención se refiere también a la utilización de cal para recubrir los granulados de revestimiento bituminoso en frío a base de una emulsión catiónica de betún.

5 Más particularmente, la presente invención se refiere a una utilización de cal para recubrir los granulados de revestimiento bituminoso en frío en donde el revestimiento bituminoso en frío se elige entre los recubrimientos superficiales de desgaste (ESU), los revestimientos de mezclas bituminosas en frío, seleccionados del grupo constituido por los revestimientos de mezclas bituminosas densas en frío, los revestimientos de grava-emulsión y los revestimientos de reprocesado de emulsión.

Otras formas de utilización de la composición según la invención se indican en las reivindicaciones adjuntas.

10 Otras características, detalles y ventajas de la invención surgirán de la descripción que se da a continuación, a título no limitativo y haciendo referencia a los ejemplos.

El objetivo de la invención es por tanto proporcionar un procedimiento que permita mejorar la adherencia del ligante bituminoso al granulado, la cohesión y la velocidad de fraguado, en particular en los primeros tiempos, de un revestimiento bituminoso en frío utilizando la técnica de la emulsión de betún.

15 El procedimiento de preparación de revestimientos bituminosos en frío, en particular de recubrimientos superficiales de desgaste (ESU) según la invención, comprende por tanto una etapa de preparación de un ligante bituminoso en la forma de una emulsión catiónica de betún que puede comprender uno o varios polímeros y/o uno o varios ácidos y/o uno o varios fluidificantes como aditivo adicional del betún y/o de la emulsión de betún.

20 Un granulado se prepara también, típicamente a partir de gravas y/o de arenas y/o de rellenos y/o de granulados artificiales, como, por ejemplo, los granulados procedentes de la deconstrucción, los granulados especiales, los granulados de subproductos de otras industrias y sus mezclas.

25 Estos diferentes tipos de granulados presentan diferentes calibres. Según las aplicaciones, el granulado presentará una sola fracción de un calibre o una mezcla de fracciones de diferentes calibres o del mismo calibre. Al menos una fracción de granulado se trata con cal a una razón de un contenido en cal de 0,05 a 2 % expresado en equivalente de hidróxido ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ y/o $\text{Mg}(\text{OH})_2$) con respecto al peso total de granulado para formar un granulado o una fracción de granulado recubierto de cal. Se puede tratar el conjunto de los calibres o sólo una fracción del granulado. En particular, en el caso de las mezclas bituminosas en frío, se puede favorecer el tratamiento de los granulados más gruesos con el fin de favorecer el anclaje de la emulsión a su superficie, teniendo si no la emulsión una preferencia por los granulados más finos (arena y rellenos). Se puede favorecer igualmente el tratamiento de los granulados más finos para acentuar el anclaje sobre esta fracción o incluso tratar una clase intermedia. Por supuesto, el tratamiento preferencial se puede referir a una fracción granular en particular o una combinación de varias fracciones. Igualmente, se puede prever un período de maduración de algunos segundos a algunos días, permitiendo por ejemplo asegurar una hidratación completa de una cal viva débilmente reactiva en presencia de la humedad natural del granulado.

30

El procedimiento según la invención consiste por tanto en tratar un granulado con cal antes de utilizarlo en una formulación de revestimiento en frío a base de emulsión de betún.

35 Se puede realizar por cualquier medio apropiado que permita un buen control del contenido en cal, y se puede adaptar en función de la naturaleza pulverulenta o líquida de la cal utilizada. De manera no restrictiva, el granulado se puede mezclar con la cal en una malaxadora, por ejemplo, similar a las que se encuentran en las centrales de hormigón. La cal también se puede pulverizar directamente a la superficie del granulado mediante un sistema de rociadores sobre una cinta transportadora o en la salida de un camión gravillador utilizando después dispositivos similares a las rampas de dopado ya comercializadas. El tratamiento se puede realizar justo antes de poner el granulado en contacto con la emulsión o más adelante en la cantera, con un almacenamiento que puede llegar hasta unos días. No se recomienda un almacenamiento más largo porque induciría la carbonatación de la cal que se transformaría entonces en carbonato de calcio y, por lo tanto, perdería su actividad.

40

45 El granulado así preparado y el ligante bituminoso se colocan así sobre una superficie a revestir. El granulado puede ser llevado directamente sobre la superficie a revestir en una o varias capas, o incluso sobre la capa de ligante bituminoso previamente colocada. Todo depende de la aplicación deseada, del espesor de las capas, sabiendo que ellas también se pueden disponer alternativamente unas sobre otras.

El revestimiento bituminoso en frío está así formado por al menos una capa de dicho granulado interpenetrada en la mencionada capa de ligante.

50 El ligante y el granulado también se pueden preparar como una mezcla en una central de recubrimiento, como por ejemplo una central móvil y se pueden aplicar directamente en mezcla sobre la calzada.

55 La composición de la cal se elige del grupo constituido por las cales hidratadas cálcicas, las cales hidratadas dolomíticas, las magnesias hidratadas, las cales hidratadas calco-magnesianas, las cales cálcicas vivas, la magnesia, las cales vivas calco-magnesianas o dolomíticas, las cales vivas con reactividad retardada, como por ejemplo las cales parcialmente prehidratadas, las cales vivas sobrecocidas, las cales parcialmente apagadas con aditivos exógenos y

sus mezclas, los polvos de filtros, las cenizas volantes, en particular cálcicas, los cementos portland, las cales hidráulicas, las cales de construcción tales como las definidas en la norma EN 459-1, y sus mezclas y la composición puede estar en forma sólida, pulverulenta o en forma de suspensión.

5 Las suspensiones de cal se pueden diluir o concentrar, en función del contenido en agua deseado y también se pueden estabilizar con ayuda de aditivos que permiten estabilizar la viscosidad dinámica de la lechada de cal.

Si es necesario, se puede añadir aún una fase acuosa en función de la humedad inicial contenida en el granulado y de su humedad final deseada.

Ejemplos

10 Para los ejemplos siguientes, se utiliza una emulsión bituminosa denominada EMB1 con ruptura rápida para formar un revestimiento bituminoso en frío de la siguiente manera:

Se fabrica una emulsión de betún EMB1 mezclando los siguientes ingredientes en un laboratorio piloto equipado con un molino coloidal:

66 partes en peso de betún 160/220 a una temperatura de 140 °C, procedente de la refinería de Repsol en Puertollano (España)

15 34 partes de una fase acuosa a una temperatura de 40 °C, constituida por agua, 0,16 partes de diamina de sebo (Asfier 100 suministrada por Kao) y un complemento de ácido clorhídrico que permite ajustar el pH a un valor de 2,2.

Se obtiene así una emulsión al 66 % de ligante EMB1 que tiene un índice de ruptura de 88 según la norma EN 13075-1, lo que corresponde a una emulsión del tipo C65B4 según la norma EN 13808. Este tipo de emulsión se utiliza habitualmente para los ESU y es conocida como una "emulsión de ruptura rápida" en la profesión.

20 Ejemplo comparativo 1: Fabricación de un ESU (EC1)

Se realizó un ESU (EC1) en el laboratorio en el marco de un ensayo de la placa Vialit según la norma EN 12272-3. Esto se hace concretamente aplicando la emulsión EMB1 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual sobre una placa metálica normalizada de 20 x 20 cm². Se disponen regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida 100 granulados silicocalcáreos G1 de calibre 6/10 procedentes de la gravera del Jarama (Madrid, España). Al cabo de un tiempo de maduración de 30 minutos a temperatura ambiente, se somete el ESU al ensayo: se da la vuelta a la placa (granulados orientados hacia el suelo) y se deja caer una bola de acero normalizada de 510 g sobre la placa 3 veces seguidas desde una altura de 50 cm. Como resultado de los choques, los granulados que se han desprendido de la placa se cuentan separando los granulados limpios y los granulados manchados (es decir, los granulados sobre los que se adhiere el ligante). Se evalúa así el número de granulados que han quedado pegados, así como los que han caído limpios o manchados. Los granulados que han quedado pegados corresponden a la vez a una buena adherencia y una buena cohesión. Los granulados caídos limpios corresponden a una mala adherencia. Los granulados caídos manchados corresponden a una mala cohesión pero una buena adherencia. Los resultados dados se obtienen como la media de 3 repeticiones.

35 Los resultados sobre el ESU (EC1) de referencia se muestran en la Tabla 1. Así, después de 30 minutos, parece que casi todos los granulados (96) se han desprendido de la placa después del impacto y están todos manchados. Esto indica por tanto una cohesión insuficiente del ESU después de 30 minutos.

Ejemplo 1. Fabricación de recubrimientos ESU (E1) según la invención

40 El ESU (E1) según la invención se realizó en el laboratorio. Para ello, se empleó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC1) de referencia. Se aplicó la misma emulsión EMB1 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. Se utilizó también el mismo granulado G1 procedente de la gravera del Jarama, pero esta vez se trató previamente con 0,25 % en peso de lechada de cal concentrada estabilizada al 45 % en peso de cal hidratada (suministrada por Lhoist) . Esto representa un aporte de 0,11 % de cal hidratada con respecto al granulado. A continuación, los granulados se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida como para el ESU (EC1), formando así el ESU (E1). Al cabo de 30 minutos de maduración, el ESU se sometió al ensayo.

45 Los resultados del ESU (E1) según la invención se dan en la Tabla 1. Parece que una cantidad más importante de granulados (15) queda ahora pegada a la placa a pesar de los impactos. Esto indica, por tanto, una cohesión claramente mejorada en comparación con el ESU (EC1) después de 30 minutos, gracias al tratamiento previo del granulado con cal.

Ejemplo 2. Fabricación de recubrimientos ESU (E2) según la invención

50 El ESU (E2) según la invención se realizó en el laboratorio. Para ello, se empleó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC1) de referencia. Se aplicó la misma emulsión EMB1 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. Se utilizó también el mismo granulado G1 procedente de la gravera del Jarama, pero esta vez se trató previamente con 0,5 % en peso de lechada de cal concentrada estabilizada al 45 % en peso de cal hidratada (suministrada por Lhoist). Esto

ES 2 815 530 T3

representa un aporte de 0,23 % de cal hidratada con respecto al granulado. A continuación, los granulados se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida como para el ESU (EC1), formando así el ESU (E2). Al cabo de 30 minutos de maduración, el ESU se sometió al ensayo.

5 Los resultados del ESU (E2) según la invención se dan en la tabla 1. Parece que una cantidad más importante de granulados (21) queda ahora pegada a la placa a pesar de los impactos. Esto indica, por tanto, una cohesión claramente mejorada en comparación con el ESU (EC1) después de 30 minutos, gracias al tratamiento previo del granulado con cal.

Ejemplo 3.- Fabricación de recubrimientos ESU (E3) según la invención

10 El ESU (E3) según la invención se realizó en el laboratorio. Para ello se empleó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC1) de referencia. Se aplicó la misma emulsión EMB1 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. Se utilizó también el mismo granulado G1 procedente de la gravera del Jarama, pero esta vez se trató con 1 % en peso de lechada de cal concentrada estabilizada al 45 % en peso de cal hidratada (suministrada por Lhoist). Esto representa un aporte de 0,45 % de cal hidratada con respecto al granulado. A continuación, los granulados se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida como para el ESU (EC1), formando así el ESU (E3). Al
15 cabo de 30 minutos de maduración, el ESU se sometió al ensayo.

Los resultados del ESU (E3) según la invención se muestran en la Tabla 1. Parece que una cantidad más importante de granulados (14) queda ahora pegada a la placa a pesar de los impactos. Esto indica, por tanto, una cohesión claramente mejorada en comparación con el ESU (EC1) después de 30 minutos, gracias al tratamiento previo del granulado con cal.

20 Ejemplo comparativo 2.- Fabricación de recubrimiento ESU (EC2)

Se realizó un ESU (EC2) en el laboratorio según la técnica anterior. Para ello, se empleó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC1) de referencia. Esto se hizo aplicando la misma emulsión EMB1 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. A continuación, la emulsión esparcida se trató con un 3 % de una lechada de cal diluida, obtenida mezclando
25 1 volumen de lechada de cal industrial estabilizada con 10 volúmenes de agua. Cabe señalar que la cantidad de cal hidratada total representa aproximadamente una cuarta parte de la utilizada para el ESU (E2). Una cantidad superior provoca una ruptura en la superficie de la emulsión (piel), lo que no permite que los granulados se incrusten correctamente. A continuación, los granulados G1 se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida. Al cabo de 30 minutos de maduración, el ESU se sometió al ensayo.

30 Los resultados del ESU (EC2) se dan en la Tabla 1. Parece que después de 30 minutos todos los granulados se despegan. Se encuentra que 7 granulados desprendidos están limpios, lo que demuestra que el contacto con la emulsión se ha visto perturbado por el aporte directo de cal y la formación de una piel en la superficie del ESU, que impide el buen contacto con el granulado. Igualmente, parece que el aspecto de la superficie es muy malo, con algunos granulados mezclados con la piel de betún y una parte de la emulsión residual sin romper. Incluso si hubieran podido quedar pegados a la placa en las condiciones del ensayo, está claro que el paso del tráfico habría generado una
35 destrucción inmediata del ESU. Igualmente, la presencia de granulados desprendidos limpios demuestra que el riesgo de desprendimiento y por lo tanto de rotura del parabrisas es muy importante con esta fórmula. Asimismo, los resultados son claramente inferiores a los obtenidos para el ESU (EC1) de referencia.

Tabla 1

ESU – ejemplos	ESU (EC1)	ESU (E1)	ESU (E2)	ESU (E3)	ESU (EC2)
Emulsión	EMB1	EMB1	EMB1	EMB1	EMB1
Granulado	G1	G1	G1	G1	G1
Tratamiento (en % de cal hidratada con respecto al granulado)	0	0,11 %	0,23 %	0,45 %	0,12 %
Granulados adherentes (después de 30 minutos)	4	15	21	14	0
Granulados desprendidos limpios (después de 30 minutos)	0	0	0	0	7
Granulados desprendidos manchados (después de 30 minutos)	96	85	79	86	93

40 Ejemplo comparativo 3.- Fabricación de un ESU (EC3) de referencia

Se realizó un ESU (EC3) en el laboratorio en el marco de un ensayo de la placa Vialit aplicando la emulsión EMB1 a

5 un nivel de 1 kg/m² de ligante residual sobre una placa metálica normalizada de 20 x 20 cm². Se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida 100 granulados miloníticos G2 de calibre 6/10 procedentes de la gravera de Almonacid en Toledo (Castilla La Mancha, España). Al cabo de un tiempo de maduración de 30 minutos a temperatura ambiente, el ESU se sometió al ensayo de la misma manera que se ha descrito precedentemente.

Los resultados del ESU (EC3) de referencia se dan en la Tabla 2. Así, después de 30 min, parece que todos los granulados (100) se desprenden de la placa después del impacto y todos están manchados. Esto indica por lo tanto una cohesión insuficiente del ESU después de 30 min.

Ejemplos 4 a 6. Fabricación de recubrimientos ESU (E4, E5, E6)

10 Los recubrimientos ESU (E4, E5, E6) se realizaron en el laboratorio según la invención. Para ello, se utilizó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC3) de referencia. Esto se hizo aplicando la misma emulsión EMB1 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. Se utilizó también el mismo granulado G2, pero fue previamente tratado con 0,25, 0,5 o 1 % en peso de lechada de cal concentrada estabilizada industrial al 45 % en peso de cal hidratada, suministrada por Lhoist. Esto representa, respectivamente, un aporte de 0,11 %, 0,23 % y 0,45 % de cal hidratada con respecto al granulado. A continuación, los granulados se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida como para el ESU (EC3), constituyendo así los ESU (E4, E5, E6) respectivamente. Al cabo de 30 min de maduración, el ESU se sometió al ensayo.

20 Los resultados de los ESU (E4, E5, E6) según la invención se muestran en la Tabla 2. Parece que una cantidad más importante de granulados (2, 11 y 7 respectivamente) queda ahora pegada a la placa a pesar de los impactos. Esto indica por tanto una cohesión claramente mejorada en comparación con el ESU (EC3) Al cabo de 30 min, gracias al tratamiento previo del granulado con cal.

Tabla 2

ESU – ejemplos	ESU (EC3)	ESU (E4)	ESU (E5)	ESU (E6)
Emulsión	EMB1	EMB1	EMB1	EMB1
Granulado	G2	G2	G2	G2
Tratamiento (en % de cal hidratada con respecto al granulado)	0	0,11 %	0,23 %	0,45 %
Granulados adherentes (después de 30 minutos)	0	2	11	7
Granulados desprendidos limpios (después de 30 minutos)	0	0	0	0
Granulados desprendidos manchados (después de 30 minutos)	100	98	89	93

Ejemplo 7. Fabricación de una emulsión bituminosa EMB2 de ruptura rápida

25 Se fabricó una emulsión de betún EMB2 mezclando los siguientes ingredientes en un laboratorio de ensayos equipado con un molino coloidal:

66 partes en peso de betún 160/220 a una temperatura de 140 °C, procedente de la refinería Repsol de Puertollano (España)

30 34 partes de una fase acuosa a una temperatura de 40 °C, constituida por agua, 0,2 partes de amidas grasas de aceite de resina (Indulin R66 suministrado por MeadWestVaco) y un complemento de ácido clorhídrico que permite ajustar el pH a un valor de 2,5.

Se obtiene así una emulsión al 66 % de ligante EMB2 que tiene un índice de ruptura de 90 según la norma EN 13075-1, lo que corresponde a una emulsión del tipo C65B4 según la norma EN 13808. Este tipo de emulsión se utiliza habitualmente para los ESU y se conoce como una "emulsión de ruptura rápida" en la profesión.

35 Ejemplo comparativo 4.- Fabricación de un ESU (EC4) de referencia

Se realizó un ESU (EC4) en el laboratorio en el marco de un ensayo de la placa Vialit aplicando la emulsión EMB2 del ejemplo 7 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual sobre una placa metálica normalizada de 20 x 20 cm². Se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida 100 granulados G1 procedentes de la gravera del Jarama. Al cabo de un tiempo de maduración de 30 minutos a temperatura ambiente, el ESU se sometió al ensayo de la misma manera que se ha descrito antes.

Los resultados del ESU (EC4) de referencia se muestran en la Tabla 3. Así, después de 30 min, parece que muchos

ES 2 815 530 T3

granulados (85) se desprenden de la placa después del impacto y todos están manchados. Esto indica por tanto una débil cohesión del ESU después de 30 min.

Ejemplos 8 a 10. Fabricación de recubrimientos ESU (E8, E9, E10)

5 Los recubrimientos ESU (E8, E9, E10) se realizaron en el laboratorio según la invención. Para ello se utilizó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC4) de referencia. Esto se hizo aplicando la misma emulsión EMB2 según el ejemplo 7 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. Se utilizó también el mismo granulado G1, pero fue tratado previamente con 0,25, 0,5 o 1 % en peso de lechada de cal concentrada estabilizada industrial al 45 % en peso de cal hidratada, suministrada por Lhoist. Esto representa, respectivamente, un aporte de 0,11 %, 0,23 % y 0,45 % de cal hidratada con respecto al granulado. A continuación, los granulados se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida como para el ESU (EC4) constituyendo así los ESU (E8, E9, E10) respectivamente. Al cabo de 30 min de maduración, el ESU se sometió al ensayo.

15 Los resultados de los ESU (E8, E9, E10) según la invención se dan en la Tabla 3. Parece que una cantidad más importante de granulados (32, 46 y 43 respectivamente) queda ahora pegada a la placa a pesar de los impactos. Esto indica por tanto, una cohesión claramente mejorada en comparación con el ESU (EC4) después de 30 min, gracias al tratamiento previo del granulado con cal.

Tabla 3

ESU – ejemplos	ESU (EC4)	ESU (E8)	ESU (E9)	ESU (E10)
Emulsión	EMB2	EMB2	EMB2	EMB2
Granulado	G1	G1	G1	G1
Tratamiento (en % de cal hidratada con respecto al granulado)	0	0,11 %	0,23 %	0,45 %
Granulados adherentes (después de 30 minutos)	15	32	46	43
Granulados desprendidos limpios (después de 30 minutos)	0	0	0	0
Granulados desprendidos manchados (después de 30 minutos)	85	68	54	57

Ejemplo comparativo 5. Fabricación de un ESU (EC5) de referencia

20 Se realizó un ESU (EC5) en el laboratorio en el marco de un ensayo de la placa Vialit aplicando la emulsión EMB2 según el ejemplo 7 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual sobre una placa metálica normalizada de 20 x 20 cm². Se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida 100 granulados miloníticos G2 de calibre 6/10 procedentes de la gravera de Almonacid en Toledo (Castilla La Mancha, España). Al cabo de un tiempo de maduración de 30 minutos a temperatura ambiente, el ESU se sometió al ensayo de la misma manera que se ha descrito anteriormente.

25 Los resultados del ESU (EC5) se muestran en la Tabla 4. Así, después de 30 min, parece que casi todos los granulados (99) se desprenden de la placa después del impacto y todos están manchados. Esto indica por tanto, una cohesión insuficiente del ESU después de 30 min.

Ejemplos 11 a 13. Fabricación de recubrimientos ESU (E11, E12, E13)

30 Se realizaron recubrimientos ESU (E11, E12, E13) en el laboratorio según la invención. Para ello, se utilizó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC5) de referencia. Esto se hizo aplicando la misma emulsión EMB2 según el ejemplo 7 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. Se utilizó también el mismo granulado G2, pero previamente tratado con 0,25, 0,5 o 1 % en peso de lechada de cal concentrada estabilizada industrial al 45 % en peso de cal hidratada, suministrada por Lhoist. Esto representa, respectivamente, un aporte de 0,11 %, 0,23 % y 0,45 % de cal hidratada con respecto al granulado. A continuación, los granulados se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida como para el ESU (EC5), constituyendo así los ESU (E11, E12, E13) respectivamente. Al cabo de 30 min de maduración, el ESU es sometido al ensayo.

40 Los resultados de los ESU (E11, E12, E13) según la invención se dan en la Tabla 4. Parece que una cantidad más importante de granulados (23, 36 y 26 respectivamente) queda ahora pegada a la placa a pesar de los impactos. Esto indica por tanto una cohesión claramente mejorada en comparación con el ESU (EC5) después de 30 min, gracias al tratamiento previo del granulado con cal.

Tabla 4

ESU – ejemplos	ESU (EC5)	ESU (E11)	ESU (E12)	ESU (E13)
Emulsión	EMB2	EMB2	EMB2	EMB2
Granulado	G2	G2	G2	G2
Tratamiento (en % de cal hidratada con respecto al granulado)	0	0,11 %	0,23 %	0,45 %
Granulados adherentes (después de 30 minutos)	1	23	36	26
Granulados desprendidos limpios (después de 30 minutos)	0	0	0	0
Granulados desprendidos manchados (después de 30 minutos)	99	77	64	74

Ejemplos 14 y 15. Fabricación de recubrimientos ESU (E14, E15)

- 5 Los ESU (E14, E15) se fabricaron como precedentemente, utilizando las fórmulas de ESU (E5 y E12) respectivamente, pero esta vez dejando reaccionar el granulado tratado con lechada de cal durante 24 horas antes de su utilización en el ESU. Los resultados se dan en la Tabla 5 a continuación, donde parece que el efecto beneficioso del tratamiento es manifiesto en comparación con los ESU (EC3) y ESU (EC5) de referencia respectivamente (Tablas 2 y 4).

Tabla 5

ESU – ejemplos	ESU (E14)	ESU (E15)
Emulsión	EMB1	EMB2
Granulado	G2	G2
Tratamiento (en % de cal hidratada con respecto al granulado)	0,23 %	0,23 %
Granulados adherentes (después de 30 minutos)	12	29
Granulados desprendidos limpios (después de 30 minutos)	0	0
Granulados desprendidos manchados (después de 30 minutos)	88	71

- 10 Ejemplo 16.- Fabricación de una emulsión bituminosa EMB3 de ruptura lenta

Se fabricó una emulsión de betún EMB3 mezclando los siguientes ingredientes en un laboratorio piloto equipado con un molino coloidal:

60 partes en peso de betún 70/100 a una temperatura de 140 °C, procedente de la refinería Repsol de Puertollano (España)

- 15 40 partes de una fase acuosa a una temperatura de 40 °C, constituida por 0,6 partes (con respecto a la emulsión) de diamina de sebo etoxilada (Asfier 218 suministrada por Kao) y por un complemento de ácido clorhídrico que permite ajustar el pH a un valor de 2,5.

- 20 Se obtiene así una emulsión al 60 % de ligante EMB3 que tiene un índice de ruptura de 260 según la norma EN 13075-1, lo que corresponde a una emulsión de tipo C60B6 según la norma EN 13808. Este tipo de emulsión se utiliza habitualmente para las mezclas bituminosas en frío y es conocido como una "emulsión de ruptura lenta" en la profesión.

Ejemplo comparativo 6. Fabricación de una grava-emulsión GE 1 (EC6) de referencia

- 25 Se realizó en el laboratorio una GE 1 (EC6). Para ello se utilizó un granulado G3 de granulometría 0/25 procedente de la grava del Jarama. Este granulado, con su humedad natural del 2 %, se recubrió con un 6 % de la emulsión EMB3 según el ejemplo 16 para obtener al final un contenido en betún del 3,6 % y un complemento de 3,5 % de agua. A continuación, el material así obtenido se compactó en moldes cilíndricos según la norma española NLT-161. Las probetas de GE 1 (EC6) así obtenidas se pesaron para determinar su densidad y después se acondicionaron según la norma española NLT-162 para medir la resistencia en seco y la resistencia después de una inmersión de 24 horas en un baño a 60 °C. Se calcula entonces la relación de las resistencias después de la inmersión y en seco, llamada resistencia conservada. En función del tráfico previsto, en España se exige un valor superior al 50, 60 o 75 % para las GE. La GE 1 (EC6) obtiene un valor del 63 %, lo que la hace aceptable para un tráfico máximo de 200 vehículos
- 30

pesados/día. (PL/j).

Ejemplos 17 y 18. Fabricación de grava-emulsiones GE 2 (E17) y GE 3 (E18)

5 Las GE 2 (E17) y GE 3 (E18) se fabricaron según la invención utilizando una receta similar a la de la GE 1 (EC6), sin embargo con tratamiento previo del granulado G3 con 0.5 o 1 % en peso de lechada de cal concentrada estabilizada industrial al 45 % en peso de cal hidratada, suministrada por Lhoist. Esto representa, respectivamente, un aporte de 0,23 % y 0,45 % de cal hidratada con respecto al granulado. Las GE 2 y 3 se prepararon según las mismas etapas de malaxado y después compactación, y se sometieron al ensayo de resistencia al agua (NLT-162). Los resultados sobre las GE 2 y 3 según la invención se dan en la Tabla 6. Parece que la resistencia en seco y la resistencia conservada aumentan de manera muy significativa gracias al tratamiento según la invención, hasta el punto de que las probetas de GE 3 (E18) después de la inmersión, que aun así generan daños, tienen una resistencia superior a la de la GE 1 (EC6) de referencia en seco. Igualmente, las GE 2 (E17) y GE 3 (E18) pasan la especificación de resistencia conservada más severa (75 %). Contrariamente a la referencia GE1 (EC6), serían así aceptables para un tráfico de 800 vehículos pesados/día.

Tabla 6

GE – ejemplos	GE (EC6)	GE (E17)	GE (E18)
Emulsión	EMB3	EMB3	EMB3
Granulado	G3	G3	G3
Tratamiento (en % de cal hidratada con respecto al granulado)	0	0,23 %	0,45 %
Densidad (g/cm ³). Ensayo de resistencia al agua (NLT-162)	2,393	2,386	2,388
Resistencia en seco (MPa)	1,77	2,11	2,23
Resistencia después de inmersión (MPa)	1,11	1,62	1,91
Resistencia conservada (%)	63	77	86

15

Ejemplo 19. Fabricación de recubrimientos ESU (E19) según la invención

20 El ESU (E19) según la invención se realizó en el laboratorio. Para ello se utilizó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC1) de referencia. Se aplicó la misma emulsión EMB1 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. Se utilizó también el mismo granulado G1 procedente de la grava del Jarama, pero se trató previamente esta vez con 0,2 % en peso de cal viva (suministrada por Lhoist), es decir con 0,26 % de cal expresado en equivalente de hidróxido. Cabe señalar que el granulado tenía un contenido en agua del orden del 0,1 % antes del tratamiento, y que la reacción de hidratación no es por tanto más que parcial antes de entrar en contacto con la emulsión, lo que aportará el complemento de agua para complementar la hidratación. A continuación, los granulados se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida como para el ESU (EC1), formando así el ESU (E19). Al cabo de 30 minutos de maduración, el ESU se sometió al ensayo.

25

Los resultados del ESU (E19) según la invención se dan en la Tabla 7. Parece que una cantidad más importante de granulados (20) queda ahora pegada a la placa a pesar de los impactos. Esto indica, por tanto, una cohesión claramente mejorada en comparación con el ESU (EC1) después de 30 minutos, gracias al tratamiento previo del granulado con cal.

30 Tabla 7

ESU – ejemplos	ESU (E19)
Emulsión	EMB1
Granulado	G1
Tratamiento (en % de cal hidratada con respecto al granulado)	0,26 %
Granulados adherentes (después de 30 minutos)	20
Granulados desprendidos limpios (después de 30 minutos)	0
Granulados desprendidos manchados (después de 30 minutos)	80

Ejemplo comparativo 7.- Producción de recubrimientos ESU (EC7)

Se realizó un ESU (EC7) en el laboratorio. Para ello se utilizó el mismo ensayo (Vialit) que para el ESU (EC1) de referencia. Se aplicó la misma emulsión EMB1 a un nivel de 1 kg/m² de ligante residual. Se utilizó también el mismo granulado G1 de la gravera del Jarama, pero esta vez fue previamente tratado con un 6 % en peso de lechada de cal (suministrada por Lhoist), es decir con un 2,7 % de cal expresado en equivalente de hidróxido. A continuación, los granulados se dispusieron regularmente en la superficie de la emulsión recién esparcida como para el ESU (EC1), formando así el ESU (EC7). El ESU fabricado de esta manera genera una ruptura heterogénea de la emulsión con formación de piel debajo de los granulados y atrapamiento de agua, lo que no permite medir la cohesión después de 30 min. Esta fórmula no es por lo tanto aplicable sobre la calzada.

- 5
- 10
- Queda entendido que la presente invención no se limita en modo alguno a las formas de realización descritas anteriormente y que se pueden aportar muchas modificaciones sin apartarse del marco de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de preparación de revestimientos bituminosos en frío, en particular de recubrimientos superficiales de desgaste (ESU), que comprende las etapas de
- a) Preparación de un ligante bituminoso en forma de una emulsión de betún catiónica,
 - 5 b) Preparación de un granulado que comprenda al menos una primera fracción de granulado, y
 - c) Formación de dicho revestimiento bituminoso en frío formado por al menos dicho granulado interpenetrado en dicho ligante.
- caracterizado porque dicha etapa de preparación de dicho granulado comprende una etapa de recubrimiento de dicha al menos una primera fracción de granulado con cal, que comprende una aplicación de una composición de cal sobre dicha al menos una primera fracción de granulado por inmersión, remojo, vaporización, pulverización o mezcla a razón de un contenido en cal de 0,05 a 2 % en peso expresado en equivalente de hidróxido ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ y/o $\text{Mg}(\text{OH})_2$) con respecto al peso total de granulado.
- 10
2. Procedimiento de preparación según la reivindicación 1, que comprende
- 15 i) al menos un suministro de dicho ligante bituminoso sobre una superficie a revestir, para formar una capa de ligante sobre dicha superficie a revestir,
 - ii) al menos un suministro de dicho granulado sobre dicha superficie a revestir, antes o después de dicho ligante bituminoso, estando formado dicho revestimiento bituminoso por al menos una capa de dicho granulado interpenetrada en dicho ligante bituminoso.
- 20
3. Procedimiento de preparación según la reivindicación 2, en el cual dicho revestimiento bituminoso formado por al menos una capa de dicho granulado interpenetrado en dicho ligante bituminoso, comprende un número asimétrico o simétrico de capas de ligante bituminoso y de granulados eventualmente de modo alternativo.
4. Procedimiento de preparación según la reivindicación 1, en el cual
- i) dicho ligante bituminoso se suministra a una malaxadora,
 - ii) dicho granulado se suministra a dicha malaxadora, durante, antes o después de dicho ligante bituminoso, y
 - 25 iii) dicho revestimiento bituminoso se forma a partir de la mezcla de dicho granulado interpenetrado en dicho ligante y se aplica sobre una superficie a revestir.
5. Procedimiento de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual dicha composición de cal se selecciona del grupo constituido por las cales hidratadas cálcicas, las cales hidratadas dolomíticas, las magnesias hidratadas, las cales hidratadas calco-magnesianas, las cales cálcicas vivas, la magnesia, las cales vivas calco-magnesianas o dolomíticas, las cales vivas con reactividad retardada, las cales parcialmente prehidratadas, las cales vivas sobrecocidas, las cales parcialmente apagadas con aditivos exógenos y sus mezclas, los polvos de filtros, las cenizas volantes, los cementos portland, las cales hidráulicas, las cales de construcción tales como se definen en la norma EN 459-1, y sus mezclas, y/o en el cual dicho granulado se selecciona del grupo de las gravas, arenas y rellenos, granulados artificiales, granulados procedentes de la deconstrucción, granulados especiales, granulados de subproductos de otras industrias y sus mezclas.
- 30
- 35
6. Procedimiento de preparación según la reivindicación 5, en el cual dicha composición de cal es una composición sólida o una suspensión como por ejemplo una lechada de cal o una pasta de cal.
7. Procedimiento de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual dicha etapa de recubrimiento comprende además una etapa de suministro de una fase acuosa.
- 40
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual dicho granulado pertenece a una clase granular d/D expresada según la norma EN 13043, en términos de dimensiones inferiores d y superiores D de malla (en mm) de 0/4 a 0/30, en particular una clase granular elegida del grupo constituido por las clases granulares de 0/4, 0/6, 0/8, 0/10, 0/14, 0/20, 0/30 y sus mezclas, o en el cual dicho granulado pertenece a una clase granular d/D expresada en términos de dimensiones inferiores d y superiores D de malla de 2/4 a 10/14, en particular una clase granular seleccionada del grupo constituido por las clases granulares 2/4, 2/6, 4/6, 6/10, 10/14 y sus mezclas.
- 45
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual dicho ligante bituminoso comprende uno o varios polímeros, y/o uno o varios ácidos, y/o uno o varios fluidificantes como aditivo adicional del betún y/o de la emulsión de betún.
10. Composición de revestimiento bituminoso en frío que comprende un ligante bituminoso en forma de una emulsión catiónica de betún y un granulado, caracterizada porque dicho granulado es un granulado recubierto con una
- 50

composición de cal, a razón de un contenido en cal de 0,05 a 2 % en peso expresado en equivalente de hidróxido ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ y/o $\text{Mg}(\text{OH})_2$) con respecto al peso total de granulado.

- 5 11. Composición de revestimiento bituminoso en frío según la reivindicación 10, en la que dicha composición de cal se selecciona del grupo constituido por las cales hidratadas cálcicas, las cales hidratadas dolomíticas, las magnesias hidratadas, las cales hidratadas calco-magnesianas, las cales cálcicas vivas, la magnesia, las cales vivas calco-magnesianas o dolomíticas, las cales vivas con reactividad retardada, las cales parcialmente prehidratadas, las cales vivas sobrecocidas, las cales parcialmente apagadas con aditivos exógenos y sus mezclas, los polvos de filtros, las cenizas volantes, los cementos portland, las cales hidráulicas, las cales de construcción tales como se definen en la norma EN 459-1, y sus mezclas.
- 10 12. Composición de revestimiento bituminoso en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, en la cual dicho granulado se selecciona en el grupo de las gravas, arenas y rellenos, granulados artificiales, granulados procedentes de la deconstrucción, granulados especiales, granulados de subproductos de otras industrias y sus mezclas.
- 15 13. Composición de revestimiento bituminoso en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en la cual dicho granulado pertenece a una clase granular d/D expresada en términos de dimensiones inferiores d y superiores D de malla de 0/4 a 0/30, en particular una clase granular elegida del grupo constituido por las clases granulares de 0/4, 0/6, 0/8, 0/10, 0/14, 0/20, 0/30 y sus mezclas, o en la cual dicho granulado pertenece a una clase granular d/D expresada en términos de dimensiones inferiores d y superiores D de malla de 2/4 a 10/14, en particular una clase granular seleccionada del grupo constituido por las clases granulares 2/4, 2/6, 4/6, 6/10, 10/14 y sus mezclas.
- 20 14. Composición de revestimiento bituminoso en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en la que dicho ligante puede comprender uno o varios polímeros y/o uno o varios ácidos y/o uno o varios fluidificantes como aditivo adicional del betún y/o de la emulsión de betún.
- 25 15. Composición de revestimiento bituminoso en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, que comprende además un aditivo convencional de emulsión de betún, como un tensioactivo catiónico que contiene grupos funcionales de nitrógeno tales como aminas, imidazolininas, amidoaminas.
- 30 16. Composición de revestimiento bituminoso en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, que presenta una cohesión medida después de 30 min de maduración a temperatura ambiente por un ensayo de la placa Vialit según la norma EN 12272-3 caracterizada por un contenido en granulados desprendidos inferior a 85/100 granulados, preferiblemente inferior a 75/100 granulados y de manera particularmente ventajosa inferior a 65/100 granulados,
- 35 17. Composición de revestimiento bituminoso en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, que presenta una resistencia conservada medida según la norma NLT-162 superior o igual a 50 %, preferiblemente superior o igual a 60 %, en particular superior o igual a 75 %.
- 40 18. Composición de revestimiento bituminoso en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, en forma de una composición de mezclas bituminosas en frío, elegida entre una composición de mezclas bituminosas densas en frío, una composición de grava-emulsiones o una composición de reprocesado de emulsión.
19. Utilización de cal para recubrir los granulados de revestimiento bituminoso en frío, a base de emulsión catiónica de betún.
20. Utilización de cal según la reivindicación 19, en la cual el revestimiento bituminoso es frío se selecciona entre los recubrimientos superficiales de desgaste, los revestimientos de mezclas bituminosas en frío, seleccionados del grupo constituido por revestimientos de mezclas bituminosas densas en frío, revestimientos de grava-emulsiones y revestimientos de reprocesado de emulsión.