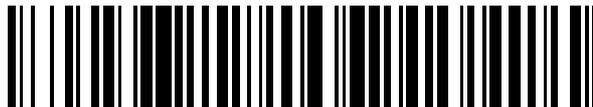


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 963**

51 Int. Cl.:

E01C 19/05 (2006.01)

E01C 19/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2013 PCT/US2013/039696**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.11.2013 WO13166490**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2013 E 13784894 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.02.2019 EP 2845439**

54 Título: **Unidad móvil de procesamiento por microondas para el reciclaje de pavimento y la producción de pavimento asfáltico**

30 Prioridad:

04.05.2012 US 201261643010 P
04.05.2012 US 201261643046 P

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

16.05.2019

73 Titular/es:

ALM HOLDING COMPANY (100.0%)
920 10th Avenue North
Onalaska, WI 54650, US

72 Inventor/es:

ELIOT, MARK

74 Agente/Representante:

MORENO NOGALES, Ángeles

ES 2 712 963 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

Unidad móvil de procesamiento por microondas para el reciclaje de pavimento y la producción de pavimento asfáltico

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 La presente invención se encuentra en el campo técnico de la producción de asfalto. Más particularmente, la presente invención se refiere a una planta móvil de reciclaje de asfalto para producir un producto de mezcla asfáltica en caliente de alto rendimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento para producir un producto de mezcla asfáltica en caliente de alto rendimiento usando una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con la reivindicación 8.

10 **ANTECEDENTES**

El reciclaje y la recuperación de asfalto es un procedimiento de retirada del pavimento asfáltico envejecido. El procedimiento puede eliminar desde unos pocos centímetros (pulgadas) a varios centímetros (pulgadas) de pavimento asfáltico, y puede incluir la retirada de una parte del agregado de base debajo del asfalto y su trituración hasta un tamaño particular. Después de retirar y triturar el material, el producto se mezcla con una emulsión asfáltica (en la mayoría de los casos, la emulsión se añade en una proporción de aproximadamente un 1,5 % - 6 % en peso), que tiene características de rendimiento que se refinan para la región y las condiciones climáticas particulares.

Los informes de las agencias del DOT han demostrado una tasa de éxito y fallos inconexos entre los procedimientos y no hay ninguna especificación nacional actual para el reciclaje de asfalto. Las agencias, municipios y condados del DOT están buscando mejores formas más económicas de prolongar la vida útil del pavimento. En los últimos años, los procedimientos de reciclaje en el lugar ("HIR") han aumentado en popularidad, pero estos procedimientos tienen varios inconvenientes. Los inconvenientes incluyen el hecho de que los procedimientos son perjudiciales para el medio ambiente, causan contaminación y requieren una gran cantidad de energía para producir el calor necesario para el procedimiento HIR.

25 Existen otros procedimientos para el reciclaje de pavimentos, que incluyen: CIR - reciclaje en el lugar en frío, FDR - reciclaje a profundidad completa y HIR - reciclaje en el lugar en caliente.

CIR es un procedimiento de rehabilitación de pavimentos ecológico realizado sin el uso de calor y ha sido una técnica de rehabilitación de pavimentos común desde principios de la década de 2000. Los dos procedimientos más comunes de CIR usan una emulsión asfáltica o un asfalto espumado como agente estabilizante.

30 En cualquier lugar de 5,1 a 12,7 centímetros (2 a 5 pulgadas) de la superficie de la carretera actual se pulverizan hasta un tamaño de agregado específico, se mezclan con la emulsión o el asfalto espumado y luego se reutilizan para pavimentar esa misma carretera. El equipo usado (figura 1) muele una sección de pavimento, de hasta 4,27 m (14 pies) de ancho, en una sola pasada, lo pasa a través de una planta móvil de trituración y dimensionamiento, luego a través de una amasadora en la que se añade el estabilizador de asfalto, y el material final se arrastra por la parte trasera, en la que se recoge por un equipo de pavimentación de asfalto estándar y se coloca sobre la misma superficie de la carretera. El tren de pavimentación tiene aproximadamente 45.72 m (150') de longitud.

El CIR produce un producto final que tiene aproximadamente un 10 % de oquedades (en comparación con un 3-7 % para mezcla asfáltica en caliente) y tiene aproximadamente un 60-80 % del valor estructural de la nueva mezcla asfáltica en caliente (coeficiente de capa AASHTO de 0,25-0,28 frente a 0,35-0,44 para mezcla en caliente). Por tanto, el producto final tiene sustancialmente menos integridad del original, y es inferior en calidad al nuevo pavimento asfáltico en términos de resistencia y longevidad.

El FDR es similar en su naturaleza al CIR, aunque normalmente el procedimiento recicla más material de base, en el que normalmente se extraen 5,1 cm (2 pulgadas más) de la base y se incluye en el procedimiento de reciclaje.

El HIR también es un procedimiento similar, que consta de cuatro etapas: (1) ablandamiento de la superficie del pavimento con calor; (2) retirada mecánica del material de la superficie; (3) mezcla del material con un agente de reciclaje y/o agregado virgen y aglutinante asfáltico; y (4) colocación y pavimentación de la mezcla reciclada en la superficie del pavimento. El equipo utilizado para realizar el HIR es de aproximadamente 61 metros (200 pies) o más de longitud, incluidos los precalentadores, el escarificador y el equipo de mezcla. Por lo general, el HIR se limita a reciclar solamente los 2,54 a 5,1 centímetros (1 a 2 pulgadas) superiores de un pavimento. No hay investigación publicada disponible sobre el valor estructural del pavimento HIR, sin embargo, debido al procedimiento usado, es probable que sea equivalente o ligeramente mejor que el CIR, pero aún no es el equivalente a un nuevo pavimento asfáltico. El equipo requerido para producir HIR usa una cantidad significativa de calor para ablandar el pavimento. El pavimento se suele escarificar después de calentarlo en lugar de molerlo, lo que da como resultado un borde del pavimento menos definido en comparación con el CIR, lo que deja un

producto final menos acabado. El calor generalmente se genera mediante un calentador de infrarrojos que usa propano como fuente de combustible (el más común es el Heat Master 16). De acuerdo con las especificaciones del fabricante, el HM-16 tiene una potencia total de vatios (BTU/h) por panel principal de 2410 kW (8 222 000 BTU/h) x dos = 4820 kW (16 444 000 BTU/h) debido a la aplicación directa de alto calor al pavimento, es posible que el aglutinante asfáltico se envejezca y, por lo tanto, se endurezca, lo que reduce la capacidad del producto final de resistir el agrietamiento térmico.

Estos enfoques de rehabilitación del pavimento se adaptan mejor a secciones largas del pavimento, debido al tamaño de los trenes de equipos de recuperación, como se muestra en la figura 2. Los trenes de equipos de HIR pueden ser bastante grandes (figura 3).

Las crecientes demandas de tráfico en las carreteras de nuestra nación durante las últimas dos décadas, la disminución de los fondos presupuestarios y la necesidad de proporcionar un sistema de carreteras seguro, eficaz y rentable ha llevado a un aumento drástico en la necesidad de rehabilitar nuestros pavimentos existentes. Los últimos 25 años también han experimentado un crecimiento drástico en el reciclaje y la recuperación de asfalto como una forma técnica y ambientalmente preferente de rehabilitación de los pavimentos existentes. El reciclaje y la recuperación de asfalto se deben mejorar para cumplir con todos nuestros objetivos sociales de proporcionar carreteras seguras y eficaces, al mismo tiempo que debe haber reducciones drásticas tanto en el impacto medioambiental como en el consumo de energía (petróleo) en comparación con la reconstrucción convencional del pavimento. El periodo de rápida expansión de las redes de carreteras mediante nuevas construcciones ha llegado a su punto máximo, la infraestructura existente de las carreteras ha envejecido y un número significativo de carreteras están llegando al final de su vida útil. La financiación limitada y las demandas sobre los recursos existentes han cambiado el énfasis de la nueva construcción a la conservación y/o la ampliación de la vida útil de las carreteras existentes. La implementación de tratamientos preventivos y de mantenimiento más oportunos o proactivos se está usando como un medio para conservar la infraestructura de carreteras existente.

Aunque estas tecnologías de la técnica anterior son más ecológicas y rentables, su implementación no se ha aceptado ampliamente debido a la falta de conocimiento y percepción de sus beneficios, así como a la vacilación de algunas agencias para probar nuevas estrategias. En algunos casos, el diseño inadecuado y las técnicas de construcción que dieron como resultado fracasos prematuros impidieron el progreso de estas tecnologías. Dichas barreras dificultan los esfuerzos de comercialización y promoción de estrategias de reciclaje innovadoras y mejoradas. La siguiente es una lista de algunas barreras que han impedido la implementación del reciclaje en el lugar: falta de experiencia y especialización técnica; ausencia de disponibilidad de contratistas locales; falta de apoyo local por parte de la industria del asfalto; dificultades para salir de la zona de comodidad; sesgos y conceptos erróneos; fracasos prematuros pasados; falta de una guía clara sobre el uso apropiado y el control del procedimiento; especificaciones inconsistentes; desconocimiento de la rentabilidad; problemas de calidad del aire con respecto a HIR; gran gasto de equipos de reciclaje; preocupaciones sobre la adecuación de la capacidad estructural; muchas emulsiones usadas se tienen que "curar" hasta una semana antes de que se instale la mezcla asfáltica en caliente ("MAC") final o el grueso de desgaste alternativo, lo que provoca un retraso sustancial en la construcción y en algunos casos una doble movilización del equipo de construcción aumentando los costes y la duración de la construcción; las emulsiones diseñadas y las emulsiones espumadas tienen tasas de éxito inconsistentes en todo el país, lo que ha ocasionado la falta de voluntad de algunas agencias para participar en este procedimiento de ahorro de costes; se requiere una cantidad significativa de pruebas de laboratorio para los nuevos diseños de mezcla de emulsión antes de la especificación del proyecto y la licitación. Basado en la tasa actual de éxito, esto es un elemento disuasivo; el procedimiento HIR consume una cantidad tremenda de energía para ser eficaz; y aunque los procedimientos de reciclaje existentes aumentan la vida del pavimento envejecido, no cumplen los nuevos criterios de rendimiento general de MAC.

Por tanto, existe la necesidad de un producto de reciclaje asfáltico mejorado y un procedimiento que no tenga los inconvenientes y desventajas de la técnica anterior. En el documento US 6 186 700 se usan múltiples molinos trituradores para procesar la grava y la inyección del material con una emulsión se realiza después del calentamiento. Se proponen otras configuraciones de este procedimiento en los documentos EP 0 529 285, US 5 083 870 y FR 2 755 450.

SUMARIO DE LA INVENCION

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una planta móvil de reciclaje de asfalto para producir un producto de mezcla asfáltica en caliente de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento para producir un producto de mezcla asfáltica en caliente de alto rendimiento usando una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con la reivindicación 8.

Otros modos de realización preferentes se definen por las características de las reivindicaciones dependientes 2-7.

Estos y otros objetivos de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica por referencia a la siguiente memoria descriptiva, dibujos y reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra un tren de equipos de CIR que se mueve por una carretera.

La figura 2 muestra una parte de un tren de equipos de HIR.

5 La figura 3 muestra un tren de equipos de HIR que se mueve por la carretera calentando el pavimento con una llama directa derivada de los grandes tanques de combustible ubicados en la parte superior de los remolques que se están arrastrando.

La figura 4 muestra un tren de CIR que inyecta una emulsión diseñada por delante de la máquina de recogida y la pavimentadora.

10 La figura 5 muestra una máquina de recogida y la pavimentadora, entre las que se colocará la presente invención.

La figura 6 muestra el SCBE.

La figura 7 muestra el SCBE.

La figura 8 muestra el SCBE.

La figura 9 muestra el SCBE.

15 La figura 10 muestra el SCBE.

La figura 11 muestra un gráfico.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a superar los problemas asociados con los procedimientos de reciclaje actuales en un esfuerzo por proporcionar una mejor solución de rendimiento del pavimento con un ahorro económico y energético. La invención procesa el asfalto reciclado durante o después de que la etapa de mezcla de emulsión se haya completado en un tren de equipos de reciclaje CIR o FDR estándar y calienta rápidamente el material usando un sistema de microondas que incluye un mínimo de cuatro unidades transmisoras de microondas con un divisor/guías de onda que dirigen la energía de microondas de cada transmisor a dos cámaras de calentamiento de cabezal giratorio usando aproximadamente 2,4 o 915 MHz. El procedimiento de microondas se denomina en el presente documento sistema de calentamiento de baja energía ("SCBE") o sistema móvil de calentamiento de baja energía ("SMCBE"). El uso de las microondas en una serie brinda la capacidad de ciclar la potencia y la intensidad para lograr los mejores resultados de calentamiento sobre una superficie controlada. Otra posible configuración para el transporte de energía de microondas es a través de un tubo o conducto de acero inoxidable que usa un husillo de acero inoxidable (u otros materiales que sean adecuadamente resistentes al daño por la energía de microondas) mientras se usan guías de onda para dividir la energía de microondas de cada transmisor y dirigir la energía a la cámara desde múltiples lados.

La unidad de microondas tiene el blindaje adecuado para proteger a los operarios y proporciona la cantidad adecuada de calor al material para alcanzar temperaturas de aproximadamente 105 a 171 grados Celsius (220 a 340 grados Fahrenheit) mientras viaja a través del procesador SMCBE. El calor correcto se aplica mientras el material se transporta a través de las cámaras de calentamiento SMCBE y es fundamental para ablandar el aglutinante de emulsión asfáltica presente en el asfalto envejecido, de modo que se mezcle con la nueva emulsión asfáltica. El material acabado se deja caer en la pavimentadora a la temperatura requerida para proporcionar la mejor compactación y fusión entre el asfalto restante existente en el pavimento envejecido y la nueva emulsión que se está introduciendo.

40 El procedimiento que usa un tren de equipos de CIR existente se muestra en la figura 4. Este equipo elimina el pavimento viejo, o el pavimento y el material de la base, directamente de la carretera. El material del pavimento se retira y se transporta a una estación de mezcla en la que se inyectan hasta dos nuevos aglutinantes de emulsión asfáltica diseñados diferentes, el material inyectado luego se deja caer nuevamente al suelo. El procedimiento ocurre mientras el tren de equipos se mueve por la carretera. Después del tren de equipos grande, una unidad de "recogida" más pequeña sigue recogiendo el material inyectado de la carretera y dejándolo caer en una pavimentadora para reinstalarlo en la carretera (figura 5).

50 Los modelos mostrados en las figuras 6-10 muestran configuraciones del procesador de microondas SMCBE que se puede conectar al tren de equipos después de la máquina de recogida y justo antes de la pavimentadora. A medida que la máquina de recogida mostrada en la figura 5 retira el pavimento asfáltico reciclado inyectado ("PAR") del suelo, se transporta hacia arriba y se coloca directamente sobre el transportador en la parte frontal del SMCBE. El PAR inyectado se calienta a medida que pasa a través del SMCBE a la especificación de mezcla de MAC de rendimiento diseñado para la región. La MAC de alto rendimiento sale del SMCBE y se deja caer directamente en una pavimentadora para una distribución uniforme en la carretera. Un rodillo de compactación

sigue la pavimentadora para compactar la MAC hasta el nivel de compactación correcto. Otras posibles configuraciones de SMCBE incluyen el montaje de la unidad de microondas en la parte superior de la pavimentadora o unida a la amasadora de reciclaje en la se introduce la nueva emulsión.

5 El dispositivo SMCBE que se muestra en la figura 6 incluye cuatro unidades transmisoras de microondas con divisores/guías de onda ubicados internamente que dirigen la energía de microondas de cada transmisor a dos cámaras de calentamiento de cabezal giratorio por transmisor, usando aproximadamente 2,4 o 915 MHz (sistema de calentamiento de baja energía). Sin embargo, se pueden usar diferentes números de transmisores de microondas basándose en la aplicación. Por ejemplo, se pueden usar hasta diez o más transmisores de microondas, con divisores/guías de onda ubicados internamente que dirigen la energía de microondas de cada transmisor a dos cámaras de calentamiento de cabezal giratorio.

10 El dispositivo SMCBE estará arrastrado por un semitractor pequeño con la estación del operario a la izquierda o derecha del centro para acomodar el transportador de material. El material de PAR inyectado se alimenta en un extremo a un transportador, se procesa y luego se deposita directamente en la pavimentadora desde el otro extremo. Esta unidad usa su propio generador a bordo para una fuente de alimentación. El uso energético combinado del generador y de microondas es de aprox. 235 kW (800 000 BTU por hora) (únicamente una fracción de los 4820 kW (16 millones de BTU/h) para el equipo HIR) al mismo tiempo que produce MAC de alto rendimiento.

15 El SCBE móvil puede tener una estación de operario incorporada, por lo que es totalmente maniobrable. Se muestran vistas adicionales en las figuras 7-10; la figura 10 muestra el dispositivo sin las unidades de microondas.

20 El SMCBE anterior se puede usar en un tren o como una planta de asfalto móvil/temporal cuando se usa junto con el sistema de trituración e inyección representado en la página anterior en el tren de equipos. Esta planta de MAC de alto rendimiento ocuparía poco espacio, produciendo al mismo tiempo poca o ninguna emisión de partículas o COV, como se muestra a continuación. La planta se podría instalar en el sitio para cualquier retirada y remplazo a gran escala de carreteras o estacionamientos.

25 Usando las tabulaciones de ofertas de 2012 tomadas de los proyectos del condado en Minnesota, el precio de la oferta típica de 10,16 centímetros (4 pulgadas) de profundidad, el CIR es de 2,27 dólares estadounidenses/metro cuadrado (1,90 dólares estadounidenses/yarda cuadrada), con el coste de la emulsión de 5 dólares estadounidenses/metro cuadrado adicional (4,20 dólares estadounidenses/yarda cuadrada) (tasa de adición del 3 %) por un precio total de 7,30 dólares estadounidenses/metro cuadrado (6,10 dólares estadounidenses/yarda cuadrada). Usando un precio de 60 dólares estadounidenses por tonelada para la MAC tradicional y 2 dólares estadounidenses por metro cuadrado (2 dólares estadounidenses por yarda cuadrada) por 10,16 centímetros (4 pulgadas) de fresado profundo, el precio total por un molienda y recubrimiento de 10,16 centímetros (4 pulgadas) sería de 18,50 dólares estadounidenses/metro cuadrado (15,50 dólares estadounidenses/yarda cuadrada).

30 A partir de esta comparación de costes, se puede ver por qué el CIR es un enfoque deseable para la rehabilitación del pavimento cuando los otros factores que influyen en la decisión (geometrías, altura del pavimento, espacios verticales, etc.) permiten su consideración. Debido a que el CIR típicamente recibe aproximadamente un 70 % solamente del valor estructural de la MAC, y no se considera adecuado para una superficie de uso final, un recubrimiento tradicional de MAC de 3,8 a 5,1 centímetros (1,5 a 2,0 pulgadas) típicamente se coloca sobre el CIR como la superficie final, añadiendo 5,50 dólares estadounidenses - 6,75 dólares estadounidenses adicionales al precio, lo que da como resultado un precio total de 13,90-15,40 dólares estadounidenses/metro cuadrado (11,60-12,85 dólares estadounidenses/yarda cuadrada). La presente invención produce costes similares a los del CIR tradicional, en parte porque el producto resultante es superior a la MAC, elimina la necesidad del recubrimiento tradicional de MAC.

35 Se ha sometido a prueba la MAC por sistema asfáltico de baja energía (SABE) en comparación con la norma sobre pavimentos asfálticos de rendimiento superior ("Superpave") desarrollada para el Departamento de Transporte de los Estados Unidos, Comisión Federal de Carreteras, y usada para todos los proyectos de pavimentación que se financian total o parcialmente mediante fondos federales. La principal medición usada para la evaluación de la MAC es el coeficiente de resistencia a la tracción ("TSR") que se usa para predecir la durabilidad de la MAC. Algunos estados del sur, principalmente Texas y Luisiana, han reemplazado la medición del TSR por la medición de la prueba de las roderas de Hamburgo, puesto que la MAC dispuesta a temperaturas elevadas se puede volver quebradiza. La siguiente tabla muestra los resultados de las pruebas realizadas en la MAC por SABE frente a normas anteriores.

**Resultados de las pruebas de propiedades de MAC por PABE, 12 de enero de 2013⁽¹⁾
(Muestras de MAC del 20 de diciembre de 2012 y 9 de enero de 2013)**

Propiedad	MAC según Superpave SPWEB340B⁽²⁾		PABE a 110 °C, sin cal		PABE a 105 °C, con cal		PABE a 143 °C, con cal	
Contenido de cemento asfáltico o emulsión - % en peso	5,5		50		5 0		50	
TSR	80,9		73,8		75,5		83,4	
Porcentaje de oquedades	4,0		3,0		28,8		3,8	
Prueba de las roderas de Hamburgo - profundidades de 12,5 milímetros	8,500		N/a		19,200		20,000 ⁺⁽³⁾	
Gravedad específica aparente	2,438		2,356		2,358		2,356	
Densidad kg/m (4) (lb/pie(4))	2437	(152,1)	2357	(147,0)	2356	(147,1)	2357	(147,0)
Gravedad específica máxima	2,540		2,369		2,422		2,369	
Resistencia a la tracción en seco, kg/m ² (5) (psi (5))	47884	(68,1)	90420	(128,6)	139994	(199,1)	159118	(256,3)
Resistencia a la tracción empapada, kg/m ² (5) (psi (5))	38754	(55,1)	66656	(94,9)	105673	(150,3)	132739	(188,8)

(1) Resumen de pruebas de ingeniería, prueba de ingeniería de emisiones de aire de la planta de asfalto de Crius Corporation, 18 de diciembre de 2012, número de proyecto AET 14-01235.

(2) SPWEB340B es una especificación de Superpave del Departamento de Transporte de Minnesota en la que "SP" indica el diseño giratorio (de prueba), "WE" indica una mezcla de desgaste, "B" indica <3/4" de agregado, "3" indica el nivel de tráfico, "40" indica un 4,0 por ciento de oquedades de diseño, y la "B" indica el grado de aglutinante de cemento asfáltico virgen.

(3) La prueba se interrumpió en 20 000 ciclos, el límite superior del intervalo que se puede someter a prueba.

(4) kg/m³ = kilogramo por metro cúbico (lb/pie³ = libras por pie cúbico)

(5) kg/m² = kilogramo por metro cuadrado (Psi = libras por pulgada cuadrada)

5 La especificación de Superpave, y la mayoría de las especificaciones derivadas de los estados, no permiten el uso de más de un 25 a un 50 por ciento de PAR dentro del diseño de mezclas MAC debido a la incapacidad de las plantas de MAC tradicionales con lotes y tambores para calentar lo suficiente los áridos dentro del PAR a temperaturas necesarias para cumplir con las especificaciones del TSR mínimo sin formar emisiones de humos y partículas en exceso que violen los permisos normativos sobre las emisiones al aire. La MAC producida usando el procedimiento de producción SABE cumple con o supera la especificación del TSR mínimo para la mayoría de los estados mientras usa un 100 % de PAR y produce virtualmente cero emisiones o partículas.

TSR mínimo para especificaciones del DOT según estados seleccionados

TSR (mínimo)	Estados
85 %	MS (con un 1 % de cal)
80 %	VA, OR, FL, AL, NM, OK, SD, IA, NY, GA, AR, MN
70 %	CA, NV, MO, CO
60 %	AZ
Prueba de las roderas de Hamburgo	TX, LA, UT

Varios de los estados del sur han adoptado la prueba de las roderas de Hamburgo para obtener una medición

más sólida de la durabilidad de la MAC. El cemento asfáltico virgen tenía dos componentes químicos principales, asfaltenos y maltenos. Los asfaltenos son materiales duros que proporcionan resistencia mecánica, mientras que los maltenos son la fracción oleosa que funciona como componente adherente en la MAC. Los maltenos se oxidan con el tiempo o el exceso de calor para formar asfaltenos, lo que provoca que la MAC se vuelva dura y quebradiza. Las MAC envejecidas o dañadas por el calor se agrietan bajo cargas pesadas, lo que provoca fracturas en la superficie de la carretera. La prueba de las roderas de Hamburgo se realiza usando una rueda que se hace pasar sobre una muestra de MAC hasta que la subsiguiente rodera supere los 12,5 milímetros de profundidad. Los estados del sur, donde las temperaturas de pavimentación en verano pueden envejecer prematuramente la MAC, han realizado la transición a la prueba de las roderas de Hamburgo como medición indirecta para garantizar que la fracción de maltenos no se daña durante la aplicación. Esta prueba es un punto de referencia importante para la MAC por SABE, puesto que se ha envejecido el cemento asfáltico dentro del PAR, y la MAC tradicional que usa PAR está en un exceso de un 25 por ciento y tenía una propensión a fracturarse antes debido a la relativa falta de maltenos.

El gráfico (figura 11) muestra los resultados de someter a prueba dos variaciones de la MAC por SABE.

Los resultados de la prueba de las roderas para SABE superan con creces los resultados de la prueba de las roderas para los productos de MAC con mejor rendimiento, especialmente cuando se considera que el PAR usado nunca fue diseñado para cargar nada cerca de este nivel (tracción <60).

La línea gris clara representa el material que se calentó hasta 105 °C (220 grados); la línea gris oscura se calentó hasta 143 grados Celsius (290 grados).

La MAC convencional según Superpave se fractura a los 8500 pases, mientras que la MAC por SABE superó los 20 000 ciclos, en algunos casos sin fracturas.

Oportunidades para el reciclaje en el lugar usando tecnología de microondas Las pruebas de laboratorio han demostrado que mezclar el pavimento asfáltico reciclado (PAR) al 100 % con un 4-5 % de emulsión asfáltica SABE y calentarlo a 121-149 °C (250-300 grados Fahrenheit) mediante el SMCBE puede producir un producto asfáltico con propiedades de materiales iguales o mejores que la nueva mezcla asfáltica en caliente (MAC). La unidad SMCBE de microondas diseñada para su uso en el tren de pavimentación de CIR convierte el procedimiento en un tren de procesamiento de MAC. La adición de calor permitirá que el material de CIR se coloque a una densidad similar a la de MAC y los resultados de rendimiento demuestran que la superficie terminada será comparable o mejor que la MAC convencional.

La unidad SMCBE requiere la adición de tasas de emulsión diseñadas de aproximadamente un 4-8 % (5 % en el CIR y hasta 8 % para el FDR) en el procedimiento de inyección de CIR o FDR para producir MAC de SABE de alto rendimiento. Con un contenido de emulsión de un 5 %, el coste aumentaría de 7,30 dólares estadounidenses/metro cuadrado (6,10 dólares estadounidenses/yarda cuadrada) (para CIR) a 10,8 dólares estadounidenses/metro cuadrado (9,00 dólares estadounidenses/yarda cuadrada) (HIR). Parece que el HIR que usa la tecnología de microondas para el calentamiento será una alternativa rentable ya que el calentamiento de SMCBE se puede aplicar por menos de 7,80 dólares estadounidenses/metro cuadrado (6,50 dólares estadounidenses/yarda cuadrada) (costes de equipo y energía).

Actualmente, hay 13 866 430 kilómetros de carriles (8 616 200 millas de carriles) de pavimento en los Estados Unidos, que incluyen 470 893 kilómetros de carriles (292 599) en el estado de Minnesota. En Minnesota, el 40 % de esos kilómetros (millas) de carretera están pavimentados con asfalto, el 2 % de hormigón y el 58 % tiene superficie de grava o tierra. Las estadísticas sobre la superficie de todas las carreteras pavimentadas en EE. UU. no están fácilmente disponibles, pero si el porcentaje de tipos de superficie es similar a MN (una suposición razonable), hay aproximadamente 5 546 572 km de carriles (3 446 480 millas de carriles) de carreteras pavimentadas con asfalto. El ciclo de vida promedio de un pavimento asfáltico entre rehabilitaciones es de 20 años (de 5 a 12 años en entornos urbanos de alto volumen de tráfico y de 15 a 30 años en entornos rurales residenciales y de bajo volumen de tráfico), lo que significa que existe un mercado potencial de aproximadamente 281 635 km de carriles (175 000 millas de carriles) por año (1 030 108 908 metros cuadrados) ((1 232 000 000 de yardas cuadradas)) para la recuperación de pavimentos como un posible enfoque de rehabilitación. El impacto financiero de la rehabilitación del pavimento en el lugar que proporciona el rendimiento de la nueva MAC es asombroso.

Se realizaron las pruebas de emisiones mostradas a continuación para las pruebas de partículas y carbono orgánico volátil ("COV") de los gases de escape de un sistema SCBE de interior. El resumen de las cuales se incluye a continuación.

Visión general: El 18 de diciembre de 2012 se llevaron a cabo pruebas de emisiones al aire de partículas y COV en una planta asfáltica a escala piloto. Las pruebas de emisiones de partículas se llevaron a cabo de acuerdo con el procedimiento 5 de la EPA y el procedimiento 202 de la EPA. Se llevaron a cabo pruebas de emisiones de COV en cumplimiento con el procedimiento 25A de la EPA usando un analizador de hidrocarburos totales (HCT). En el momento de la prueba de emisiones,

la planta asfáltica a escala piloto producía 10 toneladas/hora de asfalto.

Existe un reglamento federal (subparte I de las NSPS) para partículas para todas las plantas de mezcla asfáltica en caliente (MAC). Actualmente, no hay un límite reglamentario federal para COV; las emisiones de COV se comparan con los factores de emisión de la EPA en la tabla a continuación. Los resultados detallados de la prueba se pueden encontrar en la tabla 1 y en la tabla 2 que se adjuntan a este documento.

5

Unidad de emisión sometida a prueba	contaminante	Norma federal	Resultado de la prueba
Planta asfáltica a escala piloto, Cirus, sometida a prueba	Material de partículas	≤ 0,04 granos/DSCF	0,0006 granos/DSCF
Planta asfáltica, Cirus (aumentada a escala 8 veces)	Material de partículas	≤ 0,04 granos/DSCF	0,005 granos/DSCF

Unidad de emisión sometida a prueba	contaminante	Factor de emisión de la EPA	Resultado de la prueba
Planta asfáltica a escala piloto, Cirus, sometida a prueba	COV	0,200 kg/h ^{a,b} (0,440 lb/h a,b)	0,012 kg/h ^a (0,0026 lb/h a)

- a) COV es equivalente a los hidrocarburos totales como propano.
- b) Este número representa el factor de emisión de la EPA para las emisiones de COV para una MAC de mezcla con tambor que funcione con gas natural.

Tabla 1
Resumen de los resultados de la prueba de partículas de la planta de asfalto
Crius Corporation - Plymouth, Minnesota
AET n.º 14-01235

10

Parámetro	1.ª tanda	2.ª tanda	3.ª tanda	Promedio
Resultados de la materia de partículas (MP)				
Fecha	18/12/2012	18/12/2012	18/12/2012	
Tiempo de ejecución	9:28-10:28	11:43-12:42	13:28-14:28	
Temperatura de la pila, °C (°F)	19,4 (62)	21,7 (71)	21,1 (70)	20 (68)
Oxígeno de la pila, %	20,7	20,7	20,7	20,7
Dióxido de carbono de la pila, %	0,2	0,2	0,2	0,2
Humedad, %	2,3	3,0	2,1	2,5
Caudal de la pila, DSCFM	700	700	700	700
Variación isocinética, %	101,4	100,1	99,2	100,2
Resultados de emisiones de partículas filtrables				
Concentración de partículas, granos/dscf	(0,0059)	(0,0025)	(0,0028)	(0,0037)
Tasa de masa de partículas, kg/h. (lb/h)	0,0010	0,0004	0,0005	0,0006
Resultados de emisión de condensables orgánicos				
Concentración de partículas, granos/dscf	(0,0011)	(0,0016)	(0,0013)	(0,0013)
Tasa de masa de partículas, kg/h. (lb/h)	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002
Resultados de emisión de condensables inorgánicos				
Concentración de partículas, grano/dscf:	(0,0050)	(0,0046)	(0,0042)	(0,0046)
Tasa de masa de partículas, kg/h. (lb/h)	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008
Resultados de emisión de condensables orgánicos - filtrables				
Concentración de partículas, grano/dscf:	(0,0070)	(0,0041)	(0,0040)	(0,0050)
Tasa de masa de partículas, kg/h. (lb/h)	0,0012	0,0007	0,0007	0,0008
Tasa de masa de partículas, kg/h. (lb/h)	0,0032	0,0019	0,0018	0,0023

Resultados de emisiones de partículas totales	(0,0119)	(0,0086)	(0,0082)	(0,0096)
Concentración de partículas, grano/dscf:	0,0020	0,0014	0,0014	0,0016
Tasa de masa de partículas, kg/h. (lb/h)	0,0054	0,0039	0,0037	0,0044

Tabla 2
Resumen de los resultados de la prueba de emisión de COV de la planta de asfalto
Crius Corporation - Plymouth, Minnesota
18 de diciembre de 2012 - AET n.º 14-01235

1.ª tanda 9:29-10:28

	Ubicación del escape	Caudal de aire SCFM	PPMv, son como propano	lb/h como propano	PPMv, son como carbono	lb/h como carbono
	Salida del horno de la planta de asfalto	700	5,90	0,028	17,7	0,023

2.ª tanda 11:42-12:41

	Ubicación del escape	Caudal de aire SCFM	PPMv, son como propano	lb/h como propano	PPMv, son como carbono	lb/h como carbono
	Salida del horno de la planta de asfalto	700	4,94	0,024	14,8	0,019

3.ª tanda 13:28-14:27

	Ubicación del escape	Caudal de aire SCFM	PPMv, son como propano	lb/h como propano	PPMv, son como carbono	lb/h como carbono
	Salida del horno de la planta de asfalto	700	5,10	0,025	15,3	0,020

PROMEDIOS DE LAS TANDAS 1.ª a 3.ª

	Ubicación del escape	Caudal de aire SCFM	PPMv, son como propano	lb/h como propano	PPMv, son como carbono	lb/h como carbono
	Salida del horno de la planta de asfalto	700	5,31	0,026	15,9	0,021

5 (En la tabla 2, los valores de emisión como propano en lb/h que son 0,028, 0,024, 0,025, 0,026 son equivalentes a 0,0127, 0,0109, 0,0113, 0,0118 kg/h, respectivamente). Los valores de emisión como carbono en lb/h que son 0,023, 0,019, 0,020, 0,021 son equivalentes a 0,0104, 0,0086, 0,0091, 0,0095 kg/h, respectivamente).

10 Los resultados de las pruebas de contaminación indican que la planta de SABE estará muy por debajo de las normas de emisión requeridas para la producción de MAC. Estos resultados demuestran que las plantas de SABE son adecuadas para localizaciones que están fuera del alcance de las plantas de MAC convencionales en la mayoría de los estados debido a los reglamentos en materia de contaminación y calidad del aire.

15 Aunque la descripción escrita anterior de la invención posibilita que un experto en la técnica fabrique y use lo que actualmente se considera que es el mejor modo de la misma, los expertos en la materia entenderán y apreciarán la existencia de variaciones, combinaciones y equivalentes del modo de realización, procedimiento y ejemplos específicos en el presente documento. Por lo tanto, la invención no se deberá limitar por el modo de realización, procedimiento y ejemplos descritos anteriormente, sino por todos los modos de realización y procedimientos dentro del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Una planta móvil de reciclaje de asfalto para producir un producto de mezcla asfáltica en caliente de alto rendimiento, que comprende material de pavimento asfáltico reciclado y una emulsión asfáltica añadida al material de pavimento asfáltico reciclado, en la que la planta móvil de reciclaje de asfalto comprende un sistema móvil de calentamiento por microondas de baja energía para procesar el material de pavimento asfáltico reciclado mezclado con la emulsión asfáltica, caracterizada por que el sistema móvil de calentamiento por microondas de baja energía incluye cuatro o más unidades de transmisor de microondas que están en serie con un divisor/guías de onda que dirigen la energía de microondas de cada transmisor a dos cámaras de calentamiento de cabezal giratorio usando 2,4 o 915 MHz.
2. Una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un generador para alimentar el sistema móvil de calentamiento por microondas de baja energía.
3. Una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, caracterizada por que el sistema de calentamiento por microondas de baja energía calienta el material de pavimento asfáltico reciclado hasta entre 104 °C y 171 °C (de 220 °F a 340 °F).
4. Una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende además un transportador para mover el material de pavimento asfáltico reciclado a través del sistema móvil de calentamiento de microondas de baja energía.
5. Una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende además una máquina móvil de recogida de asfalto para retirar material de pavimento asfáltico de una carretera para que se use por el sistema móvil de calentamiento de microondas de baja energía.
6. Una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además una estación móvil de mezclado para la inyección de emulsión asfáltica en el material de pavimento asfáltico reciclado.
7. Una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, que comprende además una pavimentadora móvil para recibir el material de pavimento asfáltico reciclado calentado mezclado con la emulsión asfáltica e instalarlo en la carretera.
8. Un procedimiento para producir un producto de mezcla asfáltica en caliente de alto rendimiento usando una planta móvil de reciclaje de asfalto de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende las etapas de:
 - retirar el material de pavimento asfáltico de una carretera;
 - transportar el material de pavimento asfáltico a una estación de mezcla en la que se inyectan hasta dos nuevos aglutinantes de emulsión asfáltica diseñados diferentes;
 - calentar el material de pavimento asfáltico reciclado inyectado a medida que pasa a través del sistema móvil de calentamiento por microondas de baja energía hasta conseguir el producto diseñado de mezcla asfáltica en caliente de alto rendimiento;
 - dejar caer de nuevo el material de pavimento asfáltico reciclado inyectado en la carretera.

Figura 1 (técnica anterior)



Figura 2 (técnica anterior)

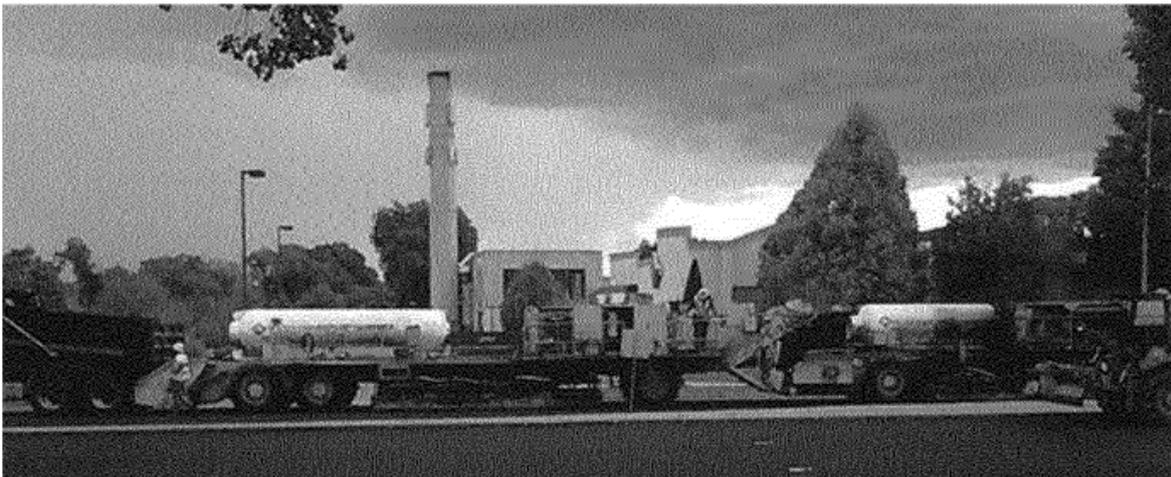


Figura 3 (técnica anterior)



Figura 4 (técnica anterior)



Figura 5 (técnica anterior)



Figura 6

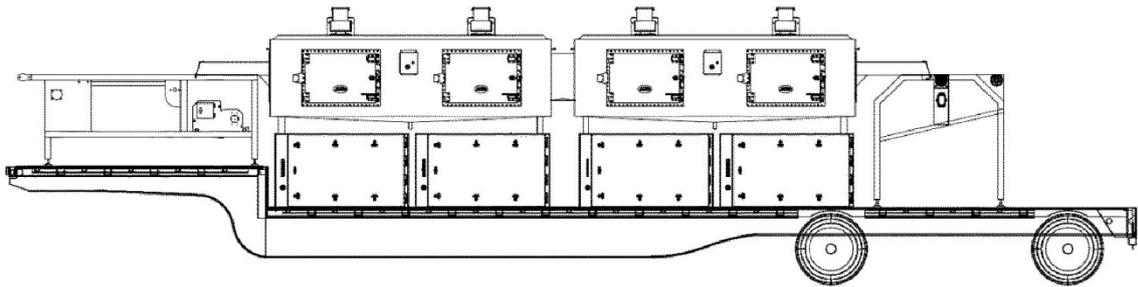


Figura 7

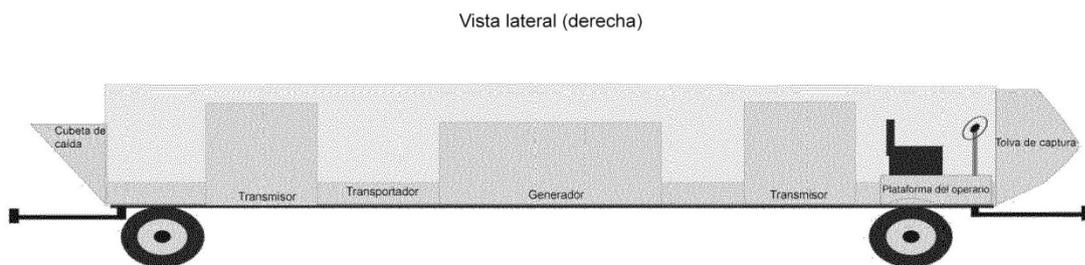


Figura 8

Vista lateral sin cabina (derecha)

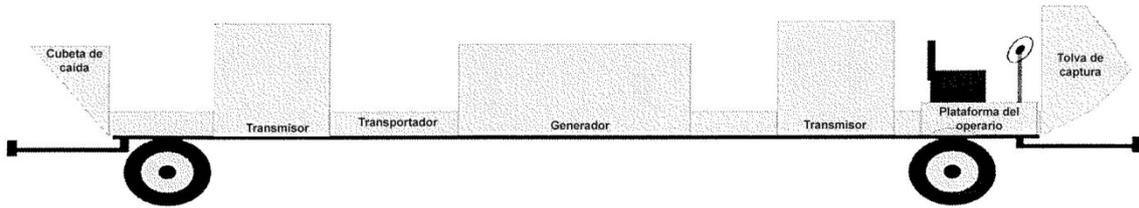


Figura 9 (vista inferior)



Figura 10

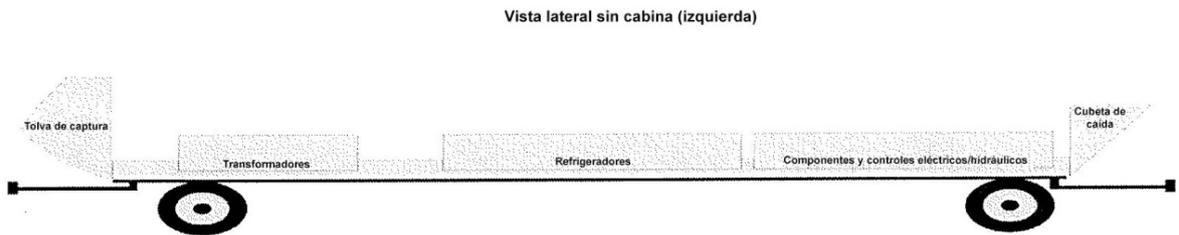


Figura 11

