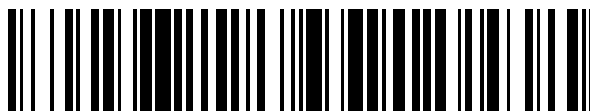


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 951**

51 Int. Cl.:

**E01B 1/00** (2006.01)

**E01B 27/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2007 PCT/EP2007/051341**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2007 WO07090901**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2007 E 07704520 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 1982019**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un cuerpo de balasto parcialmente espumado para una superestructura de vía**

30 Prioridad:  
**10.02.2006 DE 102006006118**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.07.2020**

73 Titular/es:  
**HYPERION VERWALTUNG GMBH (100.0%)  
Bockenheimer Landstrasse 51-53  
60325 Frankfurt, DE**

72 Inventor/es:  
**FRENZEL, TIM**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 775 951 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 para la fabricación de un cuerpo de balasto parcialmente espumado para una superestructura de vía

5 La invención se refiere a un procedimiento para la para la introducción de una mezcla de reacción fluida y espumable en áreas parciales de un cuerpo de balasto de una superestructura de vía. La invención se refiere además a la fabricación de una superestructura de vía parcialmente espumada.

Entre los sistemas de vías tradicionales y más utilizados cuentan, hoy en día, las vías sobre balasto, opcionalmente equipadas con traviesas de madera, hormigón o acero. Desde el comienzo del tráfico ferroviario, esta construcción de vía se ha optimizado continuamente mediante el uso práctico y el recálculo teórico.

10 Para obtener un sistema de vía económico, la vida útil de sus principales elementos, como rieles, traviesas, vía y subestructura, se tiene que adaptar adecuadamente. Los bajos "costos del ciclo de vida" se producen cuando la subestructura tiene una vida útil más larga que el lecho de vía y cuando el lecho de vía sólo se tiene que renovar al llegar las traviesas al final de su vida útil. El fuerte incremento de la sollicitación a causa del aumento del número de trenes, las mayores cargas y velocidades por eje, así como y el material rodante pesado han motivado en las últimas  
15 décadas que, por razones económicas, los tramos de vía se hayan reforzado en primer lugar mediante el uso de perfiles de rieles más rígidos y traviesas de hormigón. En una segunda fase, se saneó, en el marco de renovaciones de la superestructura y siempre que fuera necesario, la subestructura mediante la incorporación de subvías y sistemas de drenaje. Como consecuencia, el lecho de vía se convirtió, de hecho, en el elemento principal más débil de la vía. La mejora de las propiedades de la vía es una medida importante para asegurar una vida útil suficiente del  
20 lecho de vía consistente en vía de piedra machacada, que en estado limpio presenta un alto volumen de poros.

Hoy en día, se alcanzan velocidades superiores a los 300 km/h en estas vías (por ejemplo, en el TGV) y se transportan grandes cargas. La tecnología de construcción se ha adaptado a estas construcciones y ahora se encuentra a un alto nivel en todo el mundo. Desde un punto de vista teórico, la construcción de la vía sobre balasto es una realización complicada y compleja. Complicada porque la masa de vía, que no se encuentra en una  
25 estructura rígida y fija, cambia bajo la influencia dinámica.

Esto significa: durante la construcción de la vía, y después del montaje del tramo de vía en un lecho de vía de al menos 30 cm de grosor, la vía se compacta con las llamadas máquinas bateadoras. El tramo de vía se apoya ahora en el lecho de vía y transfiere las cargas del tren que pasa por los rieles a las traviesas y de ahí al cuerpo de balasto. A continuación, las cargas se distribuyen, visto de forma idealizada, de una piedra de vía a otra hacia abajo a la  
30 plataforma de la vía situada por debajo y se desvían al subsuelo.

La absorción puramente estática de las cargas introducidas se produce sin problemas.

Sin embargo, los cambios en la estructura del lecho de vía son provocados por la carga dinámica generada durante la marcha del tren.

35 Como es sabido, las cargas positivas y negativas se producen durante el paso del tren. Es decir, la vía se somete a cargas verticales y a una ola de avance y otra de seguimiento. Por lo tanto, en relación con la frecuencia dinámica del tren en marcha, la "estructura de ladrillo sobre ladrillo" puede cambiar. Las piedras de vía se vuelven redondas en la fase final y la posición de la vía cambia. Si este proceso se produjera de manera completamente uniforme, no habría ninguna desventaja para la posición de la vía. Sin embargo, debido al trazado de la vía, curva, línea recta, puente, diferente subsuelo, etc., esto no sucede. A intervalos regulares se tiene que calzar de nuevo con  
40 máquinas bateadoras para mantener una buena posición de la vía a largo plazo.

Hoy en día, los trenes circulan en el tráfico de mercancías con una carga por eje de 22,5 t. Las traviesas transfieren esta carga, por su parte inferior, a un promedio de aprox. 330 picos de piedra de balasto y desde allí de piedra a piedra hacia abajo. Por consiguiente, sólo se utiliza aproximadamente un 12% del área de la base de la traviesa como área de apoyo. Estos valores se consideran tanto para la transferencia de carga horizontal como de carga  
45 vertical. La cavidad en la estructura de balasto es de aproximadamente del 40%, es decir, hay suficiente espacio para permitir que las piedras de balasto individuales se retuerzan o se desplacen bajo una carga dinámica.

En el pasado, se han desarrollado diferentes técnicas para contrarrestar este problema:

1. Se han desarrollado y se están desarrollando sistemas de vía sin balasto, las así llamadas "vías firmes". Estos pueden presentar una subestructura de hormigón o asfalto.
- 50 2. El cuerpo de balasto se rellena, después de la construcción de la vía completamente bateada, con una mezcla cementosa y, por lo tanto, se vuelve rígido.
3. El cuerpo de balasto se trata, después de la construcción de la vía completamente bateada, con un material plástico líquido, con lo que se pega punto por punto en los puntos de contacto de piedra a piedra.

55 Se conoce una serie de propuestas anteriores en las que se intenta modificar las propiedades de las estructuras técnicas, por ejemplo, para mejorar la estabilidad "manteniendo las piedras juntas".

Por los documentos DD 86 201 y DE 24 48 978 A1 se conoce, por ejemplo, un pegamiento total o parcial de todas las piedras de balasto del cuerpo de balasto. Esto causa problemas de drenaje, ya que el agua superficial ya no puede penetrar en el cuerpo de balasto ni horizontal ni verticalmente, lo que supone un inconveniente, especialmente en líneas de doble vía o múltiples vías y sobre todo en zonas curvas.

- 5 Por el documento DE 20 63 727 se conoce también un pegamiento completo de todas las piedras de balasto del cuerpo de balasto, en concreto con un material adhesivo en su caso espumable. Una máquina, con la que se puede lograr este pegamiento completo, se describe en los documentos US-A-3,942,448 y DE-U-7319950.

El documento DE-A-23 05 536 revela un procedimiento para el levantamiento de rieles en el que se introduce en el cuerpo de la vía, a través de los rieles, un material hinchable para su levantamiento.

- 10 Por el documento EP-A-1 619 305 se conoce finalmente el procedimiento de prever, por debajo de un lecho de balasto espumado solamente en las zonas de transmisión de carga del cuerpo de balasto, unas esteras de drenaje. La ventaja de esta construcción de superestructura de vía se observa especialmente en las líneas de doble vía o de múltiples vías. El agua de superficie (por ejemplo, el agua de lluvia) que se acumula en la zona del cuerpo de balasto cerca de la superficie entre las traviesas y por encima del espumado, llega a la zona entre dos vías, puede fluir desde allí, ya que no existe espuma en esta zona, hacia la plataforma, para salir desde allí, a través de la estera de drenaje de la vía adyacente, que se apoya por debajo del cuerpo de balasto de la vía adyacente y en su plataforma. La espuma es preferiblemente un poliuretano, conociéndose además el procedimiento de calentar y secar el balasto antes de introducir la espuma.

- 15 El cometido de la invención es el de proponer un procedimiento para la introducción de una mezcla de reacción fluida y espumable desde arriba en un cuerpo de balasto con traviesas insertadas en el mismo, por medio del cual se produzca de manera fiable el espumado del cuerpo de balasto dentro de las zonas de absorción de carga de las traviesas, como se muestra, por ejemplo, en el documento EP-A-1 619 305.

La solución del problema técnico se logra mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Otras formas de realización ventajosas resultan de las reivindicaciones dependientes.

- 25 Para resolver este problema, la invención propone un procedimiento para la introducción de una mezcla de reacción fluida y espumable a base de poliuretano desde arriba en un cuerpo de balasto con traviesas insertadas en él, introduciéndose la mezcla en este procedimiento en el cuerpo de balasto por los lados de las traviesas, concretamente en dependencia de la altura del cuerpo de balasto en el punto de aplicación, preferiblemente en una cantidad que es tanto mayor cuanto más alto se encuentre el punto de aplicación en el cuerpo de balasto, ajustándose la mezcla de manera que el proceso de espumado sólo comienza cuando el frente de la mezcla que fluye hacia abajo dentro del cuerpo de balasto alcanza la parte inferior o la zona del cuerpo de balasto cercana a la parte inferior, de modo que el proceso de espumado dentro del cuerpo de balasto se produzca desde abajo hacia arriba. Durante este proceso se forma en el cuerpo de balasto una estructura cónica de espuma, con lo que el cuerpo de balasto se fija desde su base hasta el borde inferior de la traviesa en un cono de absorción de carga de la estructura de espuma.

- 35 Por lo tanto, con la invención se propone ajustar la mezcla de reacción fluida y espumable de manera que el proceso de espumado se produzca sólo transcurrido un cierto tiempo después de la introducción de la mezcla en el lecho de balasto. Estos retrasos en el proceso de espumado son posibles a través de la selección de los componentes y aditivos apropiados para la mezcla de reacción fluida y espumable. Según la invención, de este modo se produce una formación de espuma dentro del cuerpo de balasto desde abajo hacia arriba, es decir, hasta por debajo de las traviesas. Dado que la mezcla de reacción fluida y espumable se introduce por el lado de las traviesas, se puede conseguir que el espumado se produzca sólo en algunas partes del cuerpo de balasto, en concreto dentro de las zonas de absorción de carga, en un ángulo de 60°, empezando por las traviesas, hacia abajo.

- 40 Alternativamente, es posible retirar primero el balasto entre las traviesas y fuera de las zonas de absorción de carga del cuerpo del balasto e introducir después la mezcla de reacción fluida y espumable con el control de tiempo del proceso de espumado descrito anteriormente. A continuación, se vuelve a introducir balasto en las zonas previamente despejadas, lo que sirve para proporcionar protección UV a la zona de espuma cercana a la parte superior.

- 45 Para el acondicionamiento del lecho de balasto, especialmente como preparación para la realización del procedimiento según la invención, se procede convenientemente de manera que desde arriba se introduzca aire caliente en el cuerpo de balasto, que sale lateralmente del cuerpo de balasto, determinándose la humedad relativa del aire que sale y dando por finalizado el proceso de calentamiento del cuerpo de balasto cuando la humedad media del aire es inferior a un valor umbral predeterminado.

- 50 Al eliminar la humedad del lecho de balasto, se crean mejores condiciones para la posterior formación de espuma. La entrada de calor en el cuerpo de balasto se puede controlar en función de la humedad del aire que sale, determinando la humedad del aire que se escapa lateralmente del cuerpo de balasto en varios puntos y formando un valor medio a partir de estos valores individuales de humedad del aire, finalizando el calentamiento del cuerpo de balasto cuando la humedad media del aire es inferior a un valor umbral predeterminado.

Con el procedimiento según la invención para la introducción de una mezcla de reacción fluida y espumable desde arriba en un cuerpo de balasto con traviesas insertadas en él, se puede realizar un procedimiento para la producción de una superestructura para una vía férrea en un subsuelo inclinado transversalmente respecto a su extensión, en el que

- 5 - se puede colocar en el subsuelo una estera de drenaje elástica,
- formar en la estera de drenaje un cuerpo de balasto compuesto por piedras de balasto individuales que presentan cavidades entre ellas,
- la vía (traviesas con raíles) se puede insertar en el cuerpo de balasto, y
- 10 - en el que, para fijar la posición de las piedras de balasto, que se encuentran fundamentalmente sólo dentro de las zonas de absorción de carga del cuerpo de balasto por debajo de las traviesas, se introduce, de acuerdo con la invención, un material espumoso en las cavidades entre las mismas.

Además, como ya se ha mencionado antes, también se insertan traviesas con una base de material elástico, en especial de material plástico, en el cuerpo de balasto.

- 15 Al paso de espumado parcial del cuerpo de balasto, con el que éste se dota de espuma exclusivamente en las zonas de absorción de carga, anteceden convenientemente los pasos en sí conocidos del bateado y/o del primer asentamiento inicial provocando vibraciones del cuerpo de balasto.

Por lo tanto, el principal problema de la vía conocida, la torsión de las piedras bajo carga dinámica, se evita según la invención, por el hecho de que, después del acabado de la vía nueva o renovada, la misma sólo se espuma en las zonas de absorción de carga del cuerpo de balasto con un material de espuma.

- 20 Esto significa que todas las cavidades entre las piedras de balasto por debajo de la traviesa y en las zonas de absorción de carga adyacentes se cierran por medio de la espuma del cuerpo de balasto que se introduce; las cavidades entre las traviesas y fuera de las zonas de absorción de carga permanecen libres y por lo tanto sirven para drenar el agua de la superficie. La espuma se puede ajustar de forma que sea flexible. La introducción de la espuma y su formación en el cuerpo de balasto no cambian la morfología del cuerpo de balasto.

- 25 Todas las piedras de balasto de la vía dentro de las zonas de absorción de carga se unen entre sí por medio de la espuma introducida creando una estructura de balasto uniforme. La fuerza de adhesión de la espuma a la piedra de balasto y la densidad estructural de la espuma se pueden adaptar al orden de magnitud de la máxima introducción de carga, más un coeficiente de seguridad.

- 30 Después del endurecimiento de la espuma, todas las fuerzas introducidas por el tren en marcha se pueden transferir a través de esta estructura homogénea, es decir, a través de las piedras de balasto y no a través de la espuma, que sirve para estabilizar la posición de las piedras de balasto.

Dado que la espuma consiste en una multitud de poros, no se produce ningún cuerpo de balasto rígido como consecuencia del cierre de las cavidades. Más bien se produce una estructura con un número infinito de "amortiguadores". Como consecuencia se consigue adicionalmente un aislamiento acústico.

- 35 Con la presente invención se sigue, por lo tanto, un camino alternativo para la estabilización del cuerpo de balasto sin influir en su morfología y teniendo en cuenta la problemática del drenaje.

Con la invención se puede proponer una superestructura de vía para una vía férrea en un subsuelo inclinado transversalmente respecto a su extensión, que presenta

- un cuerpo de balasto de piedras de balasto individuales y
- 40 - traviesas insertadas en el cuerpo de balasto, a las que se pueden fijar rieles, presentando el cuerpo de balasto, por debajo de las traviesas, zonas de absorción de carga que, al pasar el tren por los raíles, pueden absorber, a través de las traviesas, cargas que actúan verticalmente sobre el cuerpo de balasto y transmitir las al subsuelo por debajo del cuerpo de balasto.

- 45 En esta superestructura de vía, se llenan principalmente las cavidades entre las piedras de balasto dentro de las zonas de absorción de carga del cuerpo de balasto con un material de espuma PU para fijar la posición de las piedras de balasto en estas zonas. Entre el cuerpo de balasto y el subsuelo se puede disponer además una capa de drenaje elástica.

- 50 La idea esencial debe verse en el hecho de que el cuerpo de balasto sólo está parcialmente provisto del material espumoso, pero dentro de estas zonas las cavidades entre las piedras de balasto se llenan fundamentalmente por completo con este material espumoso, garantizándose, sin embargo, que la morfología del cuerpo de vía no sufra cambios a causa del espumado en comparación con el estado del cuerpo de balasto antes de la introducción del material espumable. En el caso de estas zonas del cuerpo de balasto se trata de las zonas de absorción de carga por debajo de las traviesas, extendiéndose dichas zonas de absorción de carga, partiendo de las traviesas, oblicuamente por y por debajo de las traviesas. Como consecuencia de este espumado parcial del cuerpo de balasto
- 55 según la invención, las cavidades entre las piedras de balasto permanecen libres dentro de las zonas situadas entre las zonas de absorción de carga del cuerpo de balasto, por lo que el agua de la superficie que impacta en el cuerpo

de balasto puede salir hacia abajo o lateralmente dentro de estas zonas. El agua superficial que llega a los lados del cuerpo de balasto también puede atravesar horizontalmente el cuerpo de balasto.

Como consecuencia del espumado parcial del cuerpo de balasto, precisamente las piedras de balasto más "solicitadas" al pasar el tren por la vía mantienen una posición estable. Esto significa que mantienen su posición de forma permanente después del bateado y después del asiento inicial (artificialmente) creado de la superestructura de la vía, fundamentalmente a lo largo de toda la vida útil de la superestructura de la vía. Como consecuencia, se puede prescindir de un nuevo bateado como el que se necesita hoy en día en el caso de los cuerpos de balasto de la vía.

Como espuma utilizable en el marco de la invención se considera una espuma rígida o una espuma semirrígida o una espuma elástica, es decir, una espuma que ofrezca una (en su caso nada despreciable) resistencia a la deformación. La espuma debe presentar suficiente resistencia a la compresión. La espuma se puede ajustar en cuanto a resistencia a la compresión, tiempos de reacción, componentes de reacción, tiempo de estado líquido. La espuma puede ser de células cerradas o abiertas. Las espumas de células abiertas tienen la ventaja de que son acústicamente efectivas, lo que es una ventaja cuando se usan en superestructuras de vías. La espuma debe ser elástica, estable a largo plazo, a prueba de putrefacción, resistente al fuego, resistente a los parásitos y a los productos químicos.

Para crear una posibilidad de drenaje por debajo de la superestructura de la vía, el cuerpo de balasto se dispone sobre una capa de drenaje elástica. Se pueden emplear las esteras de drenaje conocidas con fines de drenaje, como las que ofrece, por ejemplo, la empresa Rehau AG. Se consideran ventajosas las esteras porosas de goma o de otro material elastómero. Especialmente apropiados son los granulados de elastómero cuyas partículas se unen entre sí manteniendo libres las cavidades que se extienden horizontal y verticalmente a través de la estera. Las partículas del material de neumáticos reciclados son adecuadas para la producción de estas esteras de drenaje elásticas. La estera de drenaje de elastómero elástico puede absorber grandes pesos y fuerzas de apriete, es estable a largo plazo y resistente a la putrefacción y tiene las demás propiedades mencionadas, que se refieren preferiblemente a la espuma.

Hasta ahora, las esteras de drenaje no se han podido utilizar bajo el balasto, puesto que no podían soportar las cargas que se producen a lo largo del tiempo a causa de los repetidos procesos de bateado. Sin embargo, según la invención, sólo se necesita un único proceso de bateado, en concreto durante la construcción de la superestructura de la vía. En este sentido, uno de los méritos de la invención se puede ver en el hecho de que ha sido posible prever, como consecuencia de la supresión de procesos de rebateado posteriores, un material de drenaje por debajo de la superestructura de la vía. Gracias al drenaje se produce una evacuación controlada y dirigida del agua, que evita eficazmente el arrastre del subsuelo (plataforma de asiento). Además, el material de la estera de drenaje contribuye, como ya se ha descrito anteriormente, a que la estera se mantenga estable a largo plazo y mantenga, por lo tanto, su porosidad (horizontal) incluso bajo elevadas cargas de compresión.

Para una mayor fijación de las piedras de balasto dentro de las zonas de absorción de carga es conveniente dotar las traviesas, por sus caras inferiores, de un material elástico, especialmente de plástico (la llamada base para traviesas). Estas traviesas con base se pueden encontrar, por ejemplo, en el documento EP-A-1 298 252. Las piedras de balasto que se ajustan a la traviesa penetran en el material elástico de la base de la traviesa, produciéndose una fijación como consecuencia de una especie de "enganche".

La espuma de PU introducida mejora la estructura de la vía varias veces:

- El subsuelo bajo el balasto se protege contra las heladas por la alta capacidad de aislamiento de los microporos de aire que se forman en la espuma de poliuretano.
- El subsuelo bajo el balasto se protege contra el agua.
- El peligro de la deformación de las vías en dirección horizontal y vertical se reduce, ya que se pueden absorber fuerzas mayores.
- La resistencia de una vía al desplazamiento lateral se incrementa.
- La carga dinámica del subsuelo y del entorno se reduce.
- Los métodos de cálculo en relación con la estabilidad posicional de una vía se pueden optimizar.
- El cuerpo de balasto tiene un efecto de absorción del sonido (reducción de la transmisión de las vibraciones del cuerpo de la vía tanto a través del suelo como del aire, por lo que la estera de drenaje también sirve para desacoplar el sonido).

Las especificaciones del procedimiento o cuerpo de balasto son especialmente las siguientes:

1. balasto lavado;
2. vías bateadas y aprobadas técnicamente;
3. sección transversal de vía-balasto tratada previamente de forma térmicamente - especificación de la temperatura;

4. posibilidad de influir en los tiempos de endurecimiento y en la flexibilidad de la espuma;
5. espumado completo absoluto de las respectivas zonas de absorción de carga (aprox. ángulo de 60°) por debajo de las traviesas;
6. capacidad de reciclaje según KrW-/AsfG;
- 5 7. cumplimiento de las resistencias al corte, resistencias a la rotura y de la rigidez de resorte de la espuma según los requisitos.

La construcción de la vía se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 10 1. Después de finalizar la plataforma del subsuelo y antes de aplicar el balasto para la colocación de la vía, se dispone una estera de drenaje elástica (por ejemplo, Secudrän® de Naue-Fasertechnik GmbH & Co. KG) en las zonas áreas del PSS (capa de protección de la plataforma) por debajo de la superficie de la superficie de contacto del balasto. De este modo se garantiza que, en caso de líneas de dos o más vías, el drenaje central esté asegurado permanentemente. En las líneas de una sola vía, se puede prescindir de ello; se consigue un drenaje de la zona de borde situada a más altura debido a la inclinación de la  
15 plataforma (también aplicable a líneas de varias vías).
2. Las traviesas de hormigón o acero a colocar se dotan, por su parte inferior, preferiblemente de una base de plástico según el estado de la técnica (por ejemplo, el documento EP-A-1 298 252). De esta manera, las piedras de balasto se encajan y fijan en la estructura de plástico durante el bateado.
- 20 3. La vía construida y bateada con la bateadora se trata adicionalmente con un estabilizador de vía de diseño conocido. De esta forma se anticipan los asentamientos iniciales de la carga de tracción a esperar. La estructura de la vía se encuentra ahora en un estado en el que puede ser aprobada desde el punto de vista técnico.
- 25 4. La vía se espuma por debajo de las traviesas y en las zonas adyacentes de absorción de presión en el cuerpo de balasto. Para ello, el cuerpo de balasto se somete ventajosamente a un tratamiento térmico previo y se limpia (piedras de balasto lavadas).

La presente invención no parte de la base de que las cargas resultantes del servicio de trenes se transmitan o absorban a través de la espuma. La espuma incorporada estabiliza la estructura de balasto e impide que el núcleo de balasto se salga de la estructura de balasto compactada producida por la máquina bateadora. La vía de balasto, que según se ha podido demostrar es estable, mantiene su forma de producción en la calidad de aceptación durante  
30 mucho tiempo. La durabilidad de la espuma de PU o su composición juegan un papel importante.

En principio, el comportamiento técnico de las construcciones con soporte de partículas no cambia en caso de utilización de espuma de PU. Sólo se mejoran considerablemente las propiedades de resistencia y rigidez técnica. Además, la espuma de PU también mejora las características dinámicas, como el grado de amortiguación y la  
35 velocidad de las ondas de presión de sollicitación (por ejemplo, la onda de compresión, la onda de cizallamiento y la onda superficial).

Al utilizar una espuma de PU, conviene asegurar que la subestructura reforzada y estabilizada funcione a un nivel aceptable durante su vida útil.

La espuma de PU se utiliza preferiblemente en la posición espacial correcta y a la profundidad correcta para asegurar que se consigan las mejoras en el comportamiento técnico. Además, la espuma de poliuretano se  
40 estructura preferiblemente de forma química para asegurar que sus propiedades deseadas sean las correctas para la aplicación en cuestión, teniendo en cuenta la rigidez, la resistencia, la viscosidad, los límites de fatiga, la amortiguación acústica, el rango de temperatura, las propiedades bioquímicas e higroscópicas, el tiempo de endurecimiento y la vida útil. Por ejemplo, hay espumas disponibles libremente en el mercado que pueden tolerar un rango de temperatura de -30° a +80° C, son resistentes al vapor y al agua, no se encogen ni presionan y son  
45 resistentes a las heces (algo que no se debe descuidar, ya que muchos vagones de pasajeros todavía tienen sistemas de retretes abiertos y, por lo tanto, evacúan las heces tirándolas sobre el balasto). Para lograr el comportamiento y la previsibilidad deseados, se pueden utilizar materiales adicionales para la espuma de poliuretano para mejorar aún más sus propiedades químicas. Hay suficientes espumas premezcladas con propiedades apropiadas que pueden ser seleccionadas de acuerdo con la situación existente.

La invención proporciona una superestructura de balasto estabilizada en una vía férrea producida por este  
50 procedimiento. Preferiblemente se puede utilizar espuma de PU para aumentar la estabilidad vertical y/o longitudinal de la subestructura (por ejemplo, la rigidez y la resistencia). El sistema se debe controlar cuidadosamente para asegurar que las cargas y fuerzas, ya sean dinámicas, vibratorias o estáticas, se mantengan dentro de los límites de fatiga o tensión de la superestructura reforzada con espuma de poliuretano con un factor de seguridad especificado,  
55 teniendo en cuenta los ciclos de vida deseados. La adición de una espuma de PU cambia positivamente el comportamiento estático y dinámico de la superestructura de partículas y, por lo tanto, también el comportamiento total y parcial de la subestructura.

Los tipos de superestructuras de balasto, que se refuerzan y estabilizan mediante el procedimiento de tratamiento antes descrito, también se pueden utilizar para:

- la estabilización a corto plazo de subestructuras sobrecargadas hasta la rehabilitación final del tramo de la vía (por ejemplo, transporte de lodo y "puntos húmedos" en una vía férrea),
- 5 - la estabilización vertical lateral y longitudinal (en una vía férrea, por ejemplo, de curvas de transición, grandes peraltes, por ejemplo, para reducir el trabajo de mantenimiento),
- la estabilización de las vías en túneles,
- el refuerzo de las vías de puentes, incluyendo las transiciones antes y después de los puentes para evitar los saltos de carga,
- 10 - la reducción de la sollicitación del cuerpo de vía mediante mejores características de rigidez y resistencia de la espuma de PU,
- la prevención de cargas plásticas inducidas y del desgaste de la separación de las partículas (por ejemplo, por astillamiento), evitando prácticamente por completo el movimiento de las partículas,
- la reducción de la aparición de partículas contaminadas,
- 15 - se puede utilizar una membrana de espuma de PU (por ejemplo, en los puntos de contacto entre los diferentes materiales de la subestructura) para evitar que la suciedad penetre en el balasto superior/inferior,
- en combinación con la estera de drenaje que se dispondrá para ayudar a prevenir la erosión por agua de la superficie y de las subestructuras,
- permitir un aumento de las cargas aplicadas y de la velocidad de las cargas vibratorias sin un aumento significativo del mantenimiento de la subestructura y reducir los daños causados a la subestructura debido a las cargas aplicadas,
- 20 - la reducción de la generación y transmisión de ruido ambiental,
- la limpieza de alto rendimiento (por ejemplo, ventosas) de la superestructura reforzada para mantener la limpieza (basura, heces, hojas, ramas, colillas de cigarrillos, etc.) a un costo reducido es posible - si se desea - mediante la unión por adhesión de las superficies de balasto entre las traviesas con otro material (resistente a los rayos UV) en una sola operación,
- 25 - la mejora de los parámetros de rendimiento estático y dinámico de la superestructura y la subestructura.

La composición de la espuma se selecciona en base a las propiedades de rigidez y resistencia requeridas para la unión. Especialmente las propiedades de resistencia a la tracción y al corte de la espuma se determinan como parte del proceso de construcción. En regiones con formaciones geológicas pobres, las propiedades de la espuma (por ejemplo, la rigidez) se diseñan de manera que se pueda asegurar la construcción de un fundamento eficaz tipo colchón de balasto estabilizado sobre la zona débil. Si la rigidez es lo suficientemente alta, se produce una distribución más uniforme de la carga en el punto de contacto con el cuerpo de ferrocarril.

En el caso de las agujas con altos requerimientos de mantenimiento, las propiedades de la espuma se seleccionan para que las grandes fuerzas verticales se distribuyan más eficazmente por debajo de la aguja, manteniendo al mismo tiempo las buenas propiedades de amortiguación del compuesto. Una elevación de la traviesa por introducción de espuma queda en gran medida excluida.

En la construcción de vías nuevas, se pueden prever perforaciones en diversos puntos de las traviesas durante la producción, para que el material a espumar pueda ser inyectado directamente en el balasto subyacente y estabilizarlo completamente.

Para el ajuste de altura/lateral, se deben prever o montar, en la construcción de líneas nuevas, fijaciones de rieles disponibles en el mercado y correspondientes al estado de la técnica (conocidas por su instalación, por ejemplo, en "vías firmes"), a fin de poder regular posteriormente cualquier asiento eventual del subsuelo.

Como se puede apreciar en las descripciones y en los dibujos adjuntos, el cuerpo de vía se compone de balasto espumado y balasto no espumado.

La zona espumada se encuentra siempre por debajo de la traviesa y en las zonas de absorción de carga. Como consecuencia se produce una estructura espumada cónica en el entorno de la traviesa.

Debido, por ejemplo, al trazado de doble vía en tramos rectos o en curvas con los peraltes de vía necesarios, se producen, a causa del escaso espumado elegido del cuerpo de balasto, zonas en las que el agua de precipitación no se puede drenar de la manera habitual como en un cuerpo de balasto completamente abierto.

La forma de realización elegida con la estera plástica de drenaje colocada en la plataforma inferior considera esta problemática.

## ES 2 775 951 T3

En todos los casos, el agua de lluvia en las zonas problemáticas encuentra acceso a las esteras de drenaje de plástico y se clasifica y evacúa a través de las mismas.

Gracias a la colocación de las esteras en toda la superficie elegida por debajo del balasto, el agua no deja rastros de erosión en la plataforma inferior y por lo tanto contribuye a la protección de la subestructura de la vía.

5 La invención se explica a continuación más detalladamente con referencia a los dibujos. Se muestra en detalle en la: Figura 1 una sección transversal vertical de una superestructura de vía para una sección de vía única, que se puede construir por medio del procedimiento según la invención;

Figura 2 una vista sobre la superestructura de vía según la figura 1;

10 Figura 3 una sección longitudinal vertical de una superestructura de vía para una sección de vía única, que se puede construir por medio del procedimiento según la invención y

Figura 4 una sección transversal vertical de una superestructura de vía para una sección de doble vía, que se puede construir por medio del procedimiento según la invención.

15 Una superestructura de vía, que se puede construir según el procedimiento, se muestra en una primera forma de realización en las figuras 1 a 3. La superestructura de vía se encuentra sobre un subsuelo o una plataforma inferior 12, que tiene la inclinación habitual y que puede presentar una capa protectora de asfalto o grava. En el subsuelo 12 (plataforma) se encuentra una estera de drenaje 14 sobre la que se dispone un cuerpo de balasto 16 compuesto de piedras de balasto individuales 18 (indicado en las figuras 1 y 2 y mostrado parcialmente en detalle en la figura 3). En la zona superior del cuerpo de balasto 16 se han insertado traviesas (de madera, hormigón o acero) 20, en las que se fijan los raíles 24 por medio de puntos de fijación, especialmente de altura regulable (indicados en 22).

20 Partiendo de las traviesas 20, se definen en el cuerpo de balasto 16 las zonas de absorción de carga 26, dentro de las cuales las cargas producidas al paso por los raíles 24 son transferidas al subsuelo 12.

25 En el corte según la figura 3, estas zonas de absorción de transferencia de carga 26 son trapezoidales. Dentro de la zona final del cuerpo de balasto 16 orientada hacia el subsuelo 12, las zonas de absorción de carga 26 se fusionan entre sí. Vista desde arriba, la zona de absorción de carga 26 se representa como se muestra en la figura 2. Las áreas entre las zonas de absorción de carga adyacentes 26 tienen esencialmente la forma de V.

Antes de la puesta en servicio de la superestructura de vía 10, el cuerpo de balasto 16 se batea y se somete a vibraciones para provocar el asentamiento inicial.

30 Según la invención, las cavidades entre las piedras de balasto 18 dentro de las zonas de absorción de carga 26 están ahora completamente llenas de una espuma de PU 28 ajustada de acuerdo con los requisitos y las cargas. Las espumas de poliuretano se pueden ajustar, por ejemplo, en cuanto a la resistencia a la compresión, la adherencia y el comportamiento de la espuma según los respectivos requisitos, lo cual es generalmente conocido y conduce a un material de espuma óptimo para el respectivo caso de aplicación. Las piedras de balasto 18 dentro de las zonas de absorción de carga 26 se fijan así en su posición; por debajo de las traviesas 20 se encuentran, por la cara inferior, unas bases 30 de un material plástico (elástico). La espuma 28 también se puede disponer al lado de las zonas inferiores de las traviesas 20, de modo que queden insertadas en las zonas del cuerpo de balasto provistas de espuma 28.

40 Como se puede ver especialmente en la figura 3, en la superestructura de vía 10, las áreas 32 del cuerpo de balasto 16 entre las zonas de absorción de carga 26 permanecen libres de espuma, por lo que el agua de lluvia puede salir a través de la superestructura de vía 10. Mediante la previsión de una inclinación a lo largo de la línea de contacto, indicada en 34 de la figura 3, de dos zonas de absorción de carga adyacentes 26, que forma la base de una zona 32, se apoya adicionalmente este proceso de salida. El agua de lluvia que incide en el cuerpo de balasto 16 al lado de la vía fuera de las zonas de absorción de carga 26 (indicadas en 34 en la figura 1) o que se acumula al lado del cuerpo de balasto 16, sale a través de la estera de drenaje 14 por debajo de la superestructura de vía 10.

45 La ventaja de una estera de drenaje 14 por debajo de una superestructura de vía se evidencia especialmente en una línea de doble o varias vías, como se muestra en la figura 4. En la medida en la que los componentes individuales de la superestructura de vía 10' de la figura 4 son idénticos o iguales a los componentes individuales de la superestructura de vía 10 de las figuras 1 a 3, se identifican con las mismas referencias de la figura 4.

50 El agua de lluvia que se acumula dentro de las zonas 34 de la parte derecha del cuerpo de balasto 16 de la figura 4 sale hacia el centro 38 del cuerpo de balasto 16, desde donde se drena a través de la parte izquierda de la figura 4 de la estera de drenaje 14 por debajo de la vía mostrada a la izquierda en la figura 4.

El dispositivo adecuado para la introducción de la espuma en el lecho de balasto es, por ejemplo, el siguiente:

55 Las vías férreas se colocan tradicionalmente en lechos de balasto sobre traviesas de diferentes materiales. Dado que las traviesas de madera sólo se pueden conservar con sustancias problemáticas, se utilizan principalmente traviesas de hormigón o acero. Las fuerzas de la masa de los trenes y de los efectos dinámicos del movimiento de los trenes se transmiten desde el carril, a través de la traviesa, al cuerpo de balasto. Esta absorción de carga se produce fundamentalmente en un área con un ángulo de 60°. Como consecuencia de las fuerzas introducidas, se



produce en la zona de balasto viscoso un movimiento de las piedras de balasto que, al igual que en el caso del balasto de los ríos, conduce a la abrasión de los bordes y, por lo tanto, al redondeo de las piezas de balasto.

Para evitar estos efectos, el cuerpo de balasto se fija con espuma, a saber, poliuretano, en el área de transferencia de carga. La espuma rodea las piezas de balasto en arrastre de forma y crea con su superficie una unión permanente. La espuma se ajusta de forma flexible y no cambia la morfología del lecho de balasto. Por lo tanto, la estructura estática del balasto se conserva completamente. En la parte superior de este cuerpo de balasto espumado, la traviesa de hormigón o acero o la construcción de agujas se pega de forma permanente con la espuma. De este modo se mejora considerablemente el efecto de transmisión de las fuerzas horizontales en el lecho de vía logrado con traviesas de madera por el enganche de las piedras de balasto en la parte inferior de la traviesa.

Además de la fijación se consigue, como efecto adicional, una reducción considerable de la transmisión de las vibraciones del cuerpo de vía tanto a través del suelo como del aire.

Para el drenaje del agua de lluvia que se pueda acumular entre las vías y los conos de espuma formados, se coloca, por debajo del cuerpo de balasto, una estera de drenaje de goma reciclada estructurada. La estera se fabrica de manera que desvíe el agua de lluvia horizontalmente por debajo del cuerpo de balasto. La estera está rodeada por ambos lados por un vellón, especialmente un geotextil, con lo que se evita a largo plazo una obstrucción de los poros de la estera. Para simplificar la instalación, el geotextil sobresale alternativamente de los bordes longitudinales, de modo que el borde de junta respecto a la siguiente estera quede cubierto, es decir, el vellón de la parte superior sobresale por la parte inferior en uno o dos bordes opuestos a los bordes antes mencionados.

Para la introducción de la espuma en el lecho de balasto se emplea preferiblemente el siguiente dispositivo, que no está cubierto por el alcance de la protección de la presente invención:

En un lecho de vía (balasto lavado, vía de drenaje) existente, lavado con una máquina de limpieza y provisto de una vía de drenaje o en un lecho de nueva construcción según las especificaciones, la espuma se introduce con un dispositivo montado en un vehículo ferroviario. Este dispositivo consta de las siguientes secciones:

- unidad de tracción,
- depósito de reserva para respectivamente un depósito para los componentes de la espuma,
- depósito de reserva de combustible para el calentamiento y secado del cuerpo de vía,
- unidad de calentamiento y secado, suministro de aire comprimido,
- aplicador de espuma,
- unidad de medición y regulación con documentación.

Como vehículo de tracción se utiliza un vehículo con la posibilidad de un funcionamiento paso a paso de < 1 m/seg, con el que la instalación se pueda mover con una precisión de cm.

Los depósitos de reserva se dotan de KTCs que se llenan en fábrica y que se pueden montar en una grúa y levantar con la misma.

La unidad de calefacción y secado está compuesta por una o varias campanas descendibles, a las que se aporta aire caliente de un quemador de apoyo a través de un conducto de aire por medio de ventiladores. Las campanas se dotan, hacia el cuerpo de balasto y las zonas de raíles, de un cordón de sellado para que, en lo posible, el aire caliente no pueda escapar del lecho de balasto hacia arriba, sino sólo lateralmente. Esta unidad se ajusta tres veces seguidas para poder establecer los parámetros necesarios para el espumado en función de la temperatura y la humedad exterior del balasto. Con ayuda de elementos incorporados y desplegados, que se fijan en el interior de las unidades de calefacción, el calor también se puede dirigir por separado a los raíles para calentarlos o enfriarlos a una temperatura de trabajo determinada. En este caso, se activan unidades de refrigeración en la trayectoria del aire, que conducen el aire frío alrededor de los raíles para enfriarlos. El calentamiento se puede llevar a cabo con productos de aceite mineral, gas o aceites vegetales naturales. También se pueden utilizar el calor de los gases de escape y el calor residual del vehículo de tracción. El aire caliente y saturado de humedad se escapa del cuerpo de vía o de balasto a los lados de la zona de traviesas. La condensación que se produce en la zona lateral no molesta, dado que no se produce en la zona de absorción de carga, que es el objetivo de la fijación con espuma. Midiendo la humedad del aire que se escapa, se supervisa y controla el éxito del tratamiento del balasto.

Según la invención, la espuma se aplica al balasto calentado y secado. Para ello se utiliza preferiblemente un dispositivo que consta de hasta 8 boquillas de descarga para cada lado de traviesa y que puede atender a la vez varias traviesas, por ejemplo 10. Las lanzas de espuma se pueden bajar individualmente o juntas hasta el cuerpo de balasto por medio de un dispositivo de avance. El descenso necesario se calcula individualmente para cada boquilla con ayuda de un ordenador determinando la inclinación del cuerpo de vía. Dentro del dispositivo, las boquillas se pueden desplazar por impulsos laterales y se posicionan directamente al lado del cuerpo de traviesa por medio de dispositivos de medición. Después de bajar las lanzas hasta el punto calculado, el ordenador se activa y documenta el proceso de espumado. Mediante bombas se bombean, para cada boquilla, las cantidades calculadas de los componentes en el cabezal de mezcla situado en el extremo superior de la boquilla, donde se mezclan y se

introducen a presión en el cuerpo de balasto. El ordenador detecta el punto final del proceso de espumado y apaga las bombas o cierra las válvulas del cabezal de mezcla. La lanza se libera inmediatamente con aire comprimido.

El dispositivo se levanta después de este ciclo, simultáneamente con las campanas de calefacción. Durante la fase de desplazamiento del dispositivo, el sistema de calentamiento del aire y los ventiladores se apagan. A continuación, la máquina se puede desplazar para repetir el proceso en el siguiente segmento.

Las boquillas se montan de forma intercambiable en una parte que, como soporte para la inserción vertical en el balasto, sostiene el accionamiento. Sobre el mismo se coloca el cabezal de mezcla. El borde inferior de la boquilla está biselado para que la boquilla no se pueda apoyar en una piedra de balasto, cerrando así la abertura inferior. La punta del cuerpo de boquilla se encarga del desplazamiento de una piedra mal colocada o de proporcionar una superficie suficientemente abierta para garantizar una descarga sin obstáculos de los componentes de la espuma.

El ajuste de la espuma con respecto al tiempo de inicio de la reacción de espumado y el tiempo de reacción se realiza de manera que se forme una estructura cónica de espuma en el lecho de balasto, fijándose el cuerpo de balasto con la misma en el cono de absorción de carga desde la base hasta el borde inferior de la traviesa.

Se puede prescindir de las lanzas disponiendo o posicionando boquillas de salida para la mezcla espumable reactiva fluida por encima del lecho de balasto. Las boquillas son fijas o se pueden desplazar transversalmente a través del cuerpo de vía. La mezcla reactiva se ajusta de manera que el proceso de espumado comience al alcanzar la mezcla fluida la zona más baja del cuerpo de balasto. Por lo tanto, el proceso de espumado se produce prácticamente desde abajo hacia arriba. Dependiendo de la altura del lecho de balasto en el positivo de la boquilla, se modifica la proporción de aplicación de la mezcla al lecho de balasto (cuanto más alto sea el lecho de balasto, mayor será la cantidad aplicada por unidad de tiempo). De este modo se introduce por toda la anchura del lecho de balasto por debajo del cuerpo de vía la cantidad de mezcla respectivamente necesaria debido a la altura del lecho de balasto. La mezcla se introduce a ambos lados de cada traviesa (es decir, en dirección a los raíles delante y detrás de las traviesas directamente al lado de las mismas), con preferencia de forma simultánea. De esta manera, la mezcla, dependiendo de su viscosidad, llega desde ambos lados también a la parte por debajo de la traviesa, extendiéndose de forma cónica hacia abajo en el cuerpo de balasto. Como consecuencia del proceso de espumado que comienza desde abajo, la mezcla reactiva llega desde abajo a la zona por debajo de las traviesas, dado que el frente de espuma presiona la mezcla que aún no haya reaccionado desde abajo en dirección a la traviesa.

En las boquillas para la inyección de espuma se monta un soporte de dispositivos en un punto correspondiente a la posición de inyección. Este soporte se puede desplazar por medio de motores de regulación hidráulicos o eléctricos tanto en ángulo recto, es decir, transversalmente respecto a la vía, como hacia arriba y abajo. De este modo se garantiza la posibilidad de atender debidamente todas las posiciones calculadas para la introducción de la mezcla reactiva.

La condición previa para el sistema aquí descrito para un lecho de balasto bajo las vías, agujas y cruces es un cuerpo de vía fabricado normalmente de balasto, traviesas y raíles con las siguientes diferencias:

- \* convendría emplear exclusivamente balasto lavado, sin contenido de polvo,
- \* entre el balasto y el subsuelo se debe colocar una estera de drenaje. Es conveniente que las estereras se coloquen sin puntos defectuosos para que el agua pueda salir del espacio entre las vías por completo por los lados.

Después de la retirada del cuerpo de vía, el balasto se retira de la zona entre las traviesas y de la parte exterior de las zonas de absorción de carga (y se almacena, por ejemplo, por los lados). Después del espumado, el balasto se coloca de nuevo una vez transcurrido un período de espera de, por ejemplo, 24 h.

El espumado se lleva a cabo con un sistema que ejecuta los siguientes pasos de trabajo:

- \* Creación de condiciones óptimas para el espumado mediante el secado y calentamiento del balasto incorporado, controlándose el tiempo del ciclo de calentamiento en función de la altura del balasto, es decir, del volumen de balasto. El acondicionamiento se lleva a cabo soplando aire caliente en el balasto.
- \* Introducción de la mezcla de reacción fluida espumable, controlada en función de la altura del balasto, que es calculada por el ordenador en base a la inclinación medida de la vía, de modo que el cono de absorción de carga por debajo de las traviesas se espume y se fije.
- \* Las cantidades dosificadas se calculan, controlan, registran y documentan para cada punto de aplicación, de modo que, en el marco de una garantía de calidad automática, los defectos se puedan detectar inmediatamente y, por tanto, excluir o subsanar.
- \* La espuma se produce con sistemas automáticos de dosificación y mezcla, de modo que se pueda asegurar una calidad constante. Los componentes se controlan mediante termostatos en las tuberías desde el depósito al mezclador.

Compatibilidad ambiental

El procedimiento de aplicación no tiene influencias relevantes para el medio ambiente. Los componentes de la espuma se transportan en contenedores probados y aprobados (GGVS/GGVE/IMO), y no se almacenan en las obras, el transporte se realiza en el momento preciso.

5 La planta de procesamiento se controla de manera que los dos componentes sólo puedan salir de la planta transportados y mezclados simultáneamente. Por lo tanto, sólo puede salir una espuma que no está clasificada como material peligroso y que no puede desarrollar efectos tóxicos. La reacción de polimerización se completa después de sólo 20 segundos. Durante este tiempo el sistema no es accesible.

10 La espuma contiene sólo una proporción muy pequeña de catalizadores, que se asignan a las aminas y que se lavan con el agua de lluvia. Se trata de sustancias fácilmente biodegradables con una vida media biológica extremadamente corta. Las pruebas ya muestran una disminución significativa del valor de eluato en el TOC después de un corto tiempo de exposición, lo cual está en línea con las expectativas. Las sustancias restantes de la espuma son completamente insolubles en agua después de la polimerización, que ya se produce después de unos 20 segundos. No es posible disolver partes de la espuma en otros disolventes, por lo que una vez que la elución de las aminas catalíticas ha disminuido, se consigue una absoluta neutralidad ambiental de acuerdo con las normas de la instalación.

20 En caso de incendio, se puede suponer que los poliuretanos son autoextinguibles, lo que se aplica igualmente a la lámina de caucho utilizada como estera de drenaje, que se puede clasificar como material de construcción en B2. Los gases y sustancias producidos durante la combustión, que pueden ser arrastrados por el agua de extinción, se consideran en gran medida no tóxicos. Ciertamente se pueden concebir escenarios en los que se pueden producir gases tóxicos, como el monóxido de carbono, en grandes cantidades debido a la combustión incompleta con un suministro de oxígeno subestequiométrico. Sin embargo, esto no sería atribuible a los materiales de entrada, sino a una situación topográfica que podría entonces en sí misma dar lugar a efectos negativos o incluso letales.

25 En cualquier caso, para reducir las cargas de fuego, los productos empleados en túneles se enriquecen con una sustancia altamente nitrogenada, por lo que se vuelven prácticamente incombustibles.

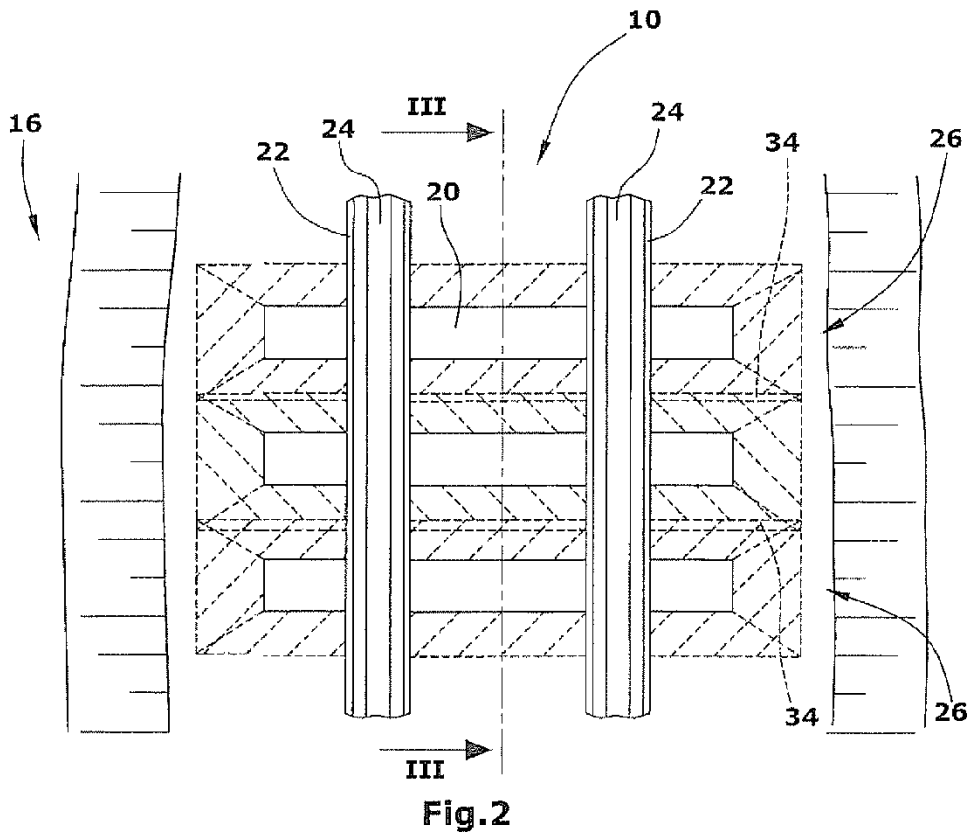
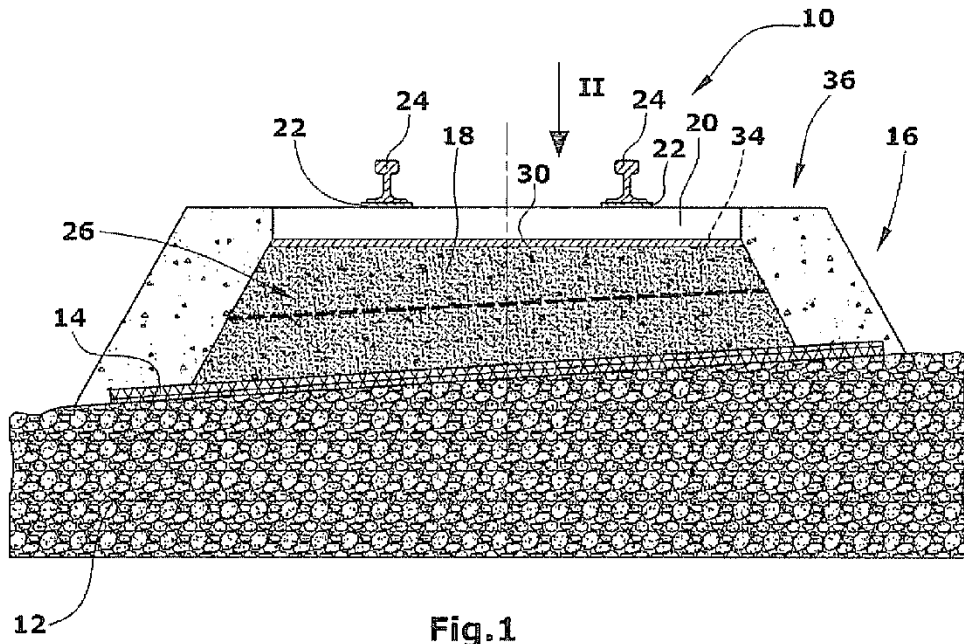
Desmantelamiento - Reciclaje

30 En el caso del desmantelamiento de un tramo de vía, independientemente de la razón del mismo, el cuerpo de espuma se puede retirar y reciclar en un balasto limpio en un horno rotatorio mediante un procedimiento desarrollado para este propósito. La descomposición térmica del poliuretano tiene lugar a temperaturas < 550 °C, por lo que las piedras de balasto no se ven afectadas morfológicamente, es decir, se pueden reinstalar sin ningún tratamiento adicional.

Las láminas de drenaje se recogen y se reciclan. El resultado es un producto idéntico.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la introducción de una mezcla de reacción fluida y espumable a base de un poliuretano (28) desde arriba en zonas parciales de un cuerpo de balasto (16) de una superestructura de vía, con traviesas (20) insertadas en el mismo, en el que
- el balasto se calienta y se seca,
  - la mezcla de reacción (28) se introduce por el lado de las traviesas (20) en el cuerpo de balasto calentado y secado,
- produciéndose la introducción de la mezcla de reacción espumable (28) con un sistema de control del tiempo del proceso de espumado, ajustándose el tiempo de inicio de la reacción de espumado de la mezcla de reacción (28) de manera que el proceso de espumado sólo comience cuando el frente de la mezcla de reacción (28) que fluye hacia abajo dentro del cuerpo de balasto (16) alcanza la parte inferior o la zona cercana a la parte inferior del cuerpo de balasto (16) apoyado en el subsuelo, de modo que la formación de espuma dentro del cuerpo de balasto (16) se produzca desde abajo hacia arriba hasta por debajo de las traviesas (20) y se forme una estructura cónica de espuma en el cuerpo de balasto (16), por lo que el cuerpo de balasto (16) se fija desde su base hasta el borde inferior de la traviesa en un cono de carga de la estructura de espuma.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el balasto entre las traviesas (20) y fuera de las zonas de absorción de carga del cuerpo de balasto (16) se retira antes de introducir la mezcla de reacción (28) y se vuelve a aplicar al cuerpo de balasto (16) entre las traviesas (20), después del espumado, como protección UV de la zona de la espuma cercana a la parte superior.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, realizándose como preparativo un acondicionamiento del cuerpo de balasto
- introduciendo en el cuerpo de balasto (16) desde arriba aire caliente que sale por el lado del cuerpo de balasto (16), determinando la humedad relativa del aire saliente y terminando el proceso de calentamiento del cuerpo de balasto (16) cuando la humedad media es inferior a un valor umbral predeterminado.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que la humedad del aire que sale lateralmente del cuerpo de balasto (16) se determina en varios puntos, por que se forma un valor medio a partir de estos valores individuales de humedad del aire, y por que el calentamiento del cuerpo de balasto (16) termina cuando la humedad media del aire es inferior a un valor umbral predeterminado.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la mezcla de reacción (28) se introduce en función de la altura del cuerpo de balasto (16) en el punto de aplicación en una cantidad que es mayor cuanto más alto se encuentre el punto de aplicación en el cuerpo de balasto (16).
6. Procedimiento para la construcción de una superestructura de vía parcialmente espumada para una vía de raíles en una subestructura inclinada transversalmente respecto a su extensión, en el que,
- si se desea, se coloca una estera de drenaje elástica (14) en la subestructura,
  - se forma un cuerpo de balasto (16) con piedras de balasto individuales (18) que presentan cavidades entre sí, concretamente sobre las esteras de drenaje (14), si éstas existen,
  - se insertan traviesas (20) en el cuerpo de balasto (16),
  - lo raíles (24) se fijan en las traviesas (20), y
  - para la fijación de la posición de las piedras de balasto (18) situadas fundamentalmente sólo dentro de las zonas de absorción de carga (26) del cuerpo de balasto (16) por debajo de las traviesas (20), se introduce una mezcla de reacción espumable (28) en las cavidades entre las piedras de balasto (18), de acuerdo con un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4.
7. Procedimiento para la construcción de una superestructura de vía según la reivindicación 6, caracterizado por que las piedras de balasto (18) se lavan antes de que se construya el cuerpo de balasto (16) y/o antes de que se introduzca la mezcla de reacción (28) en el cuerpo de balasto (16).
8. Procedimiento para la construcción de una superestructura de vía según la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que el cuerpo de balasto (16) se calienta antes de la introducción de la mezcla de reacción (28).
9. Procedimiento para la construcción de una superestructura de vía según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado por que en el cuerpo de balasto (16) se insertan traviesas (20) con una base (30) de un material elástico, especialmente de material plástico.
10. Procedimiento para la construcción de una superestructura de vía según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado por que, antes de la introducción de la mezcla de reacción (28), el cuerpo de balasto (16) se batea y/o se somete a vibraciones para su asentamiento inicial.



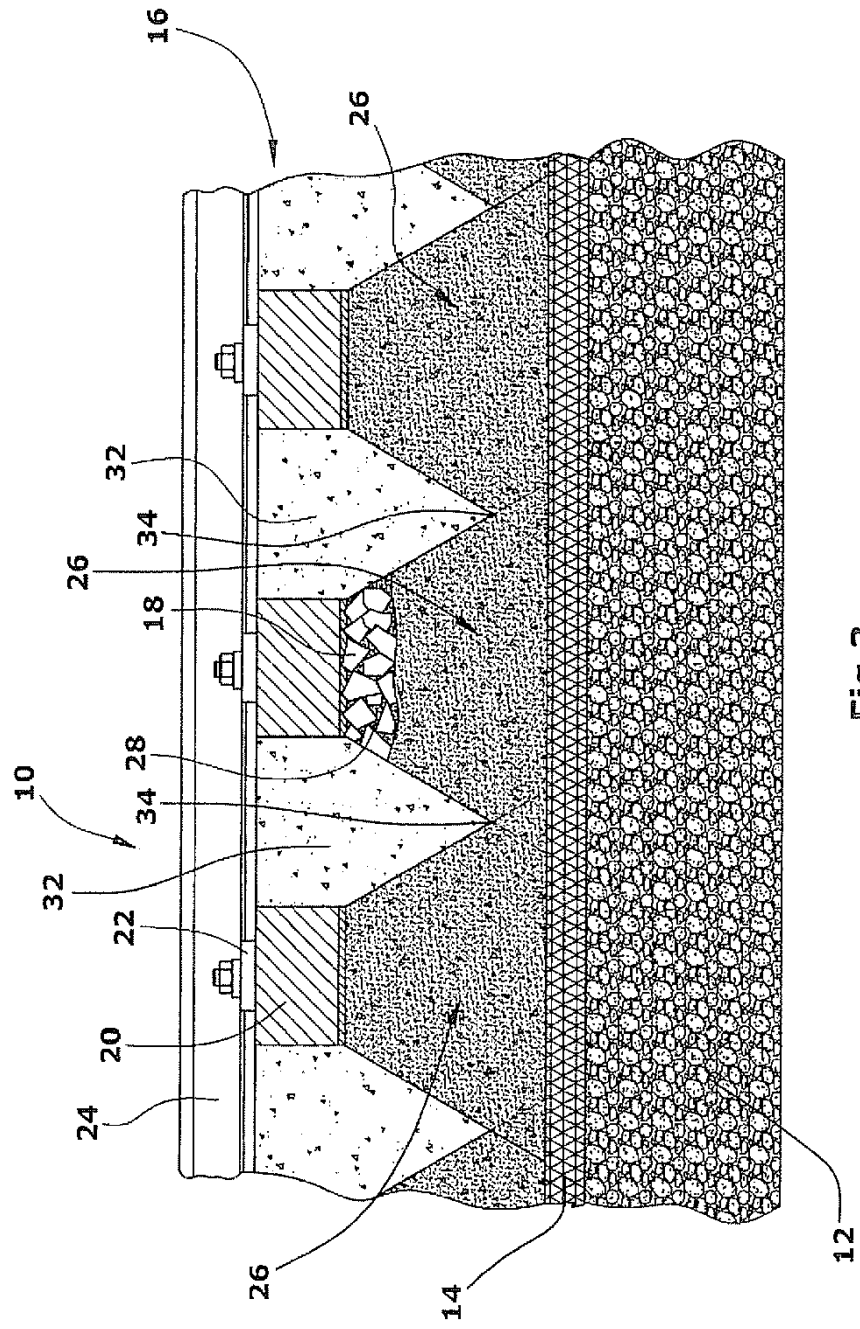


Fig.3

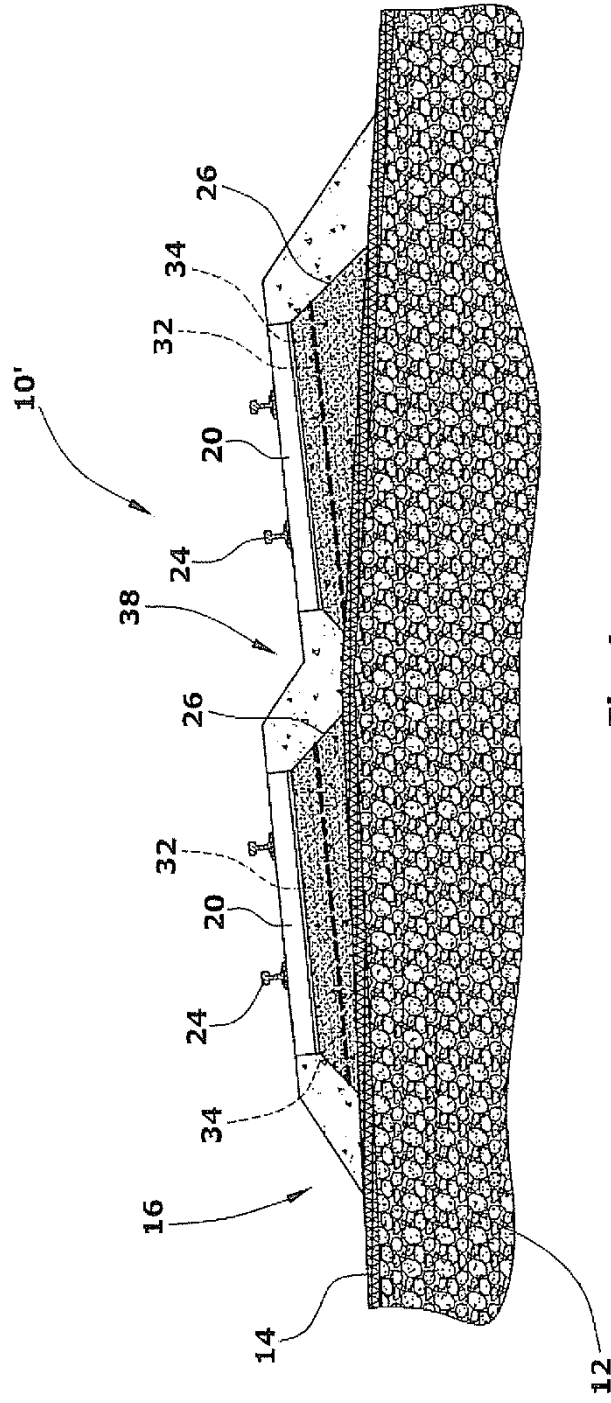


FIG.4