

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 887 080**

51 Int. Cl.:

B64F 1/02	(2006.01)	C04B 111/60	(2006.01)
B64F 1/36	(2007.01)	C04B 28/34	(2006.01)
C08K 7/28	(2006.01)		
C04B 14/22	(2006.01)		
C03C 1/00	(2006.01)		
C03C 3/087	(2006.01)		
C04B 28/04	(2006.01)		
C03C 11/00	(2006.01)		
C03B 19/08	(2006.01)		
C04B 111/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2015 PCT/US2015/026413**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2015 WO15191162**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2015 E 15806091 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.06.2021 EP 3154860**

54 Título: **Método de frenado de una aeronave que sobrepasa una pista de aterrizaje, método de fabricación de un sistema de detención para aeropuertos y un área de seguridad de pista de aterrizaje**

30 Prioridad:
11.06.2014 US 201414301988

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.12.2021

73 Titular/es:
**EARTHSTONE INTERNATIONAL, LLC (100.0%)
1197 Parkway Drive
Santa Fe, NM 87507, US**

72 Inventor/es:
**UNGERLEIDER, ANDREW y
RAMSEY, W., GENE**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 887 080 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de frenado de una aeronave que sobrepasa una pista de aterrizaje, método de fabricación de un sistema de detención para aeropuertos y un área de seguridad de pista de aterrizaje

Campo técnico

La invención se refiere en general al campo de materiales cerámicos compuestos y, en concreto, a un material cerámico compuesto que tiene un modo adaptado a fallo y que incluye un vidrio espumado ligero y una porción cementosa de hormigón, así como a métodos de utilización de los mismos.

Antecedentes

El vidrio espumado es un material cerámico ligero establecido. Típicamente, el vidrio espumado se fabrica de dos formas. La primera forma implica la preparación de una espuma estable a partir de agua y agente espumante, la preparación de una mezcla húmeda o lechada de componentes sólidos (donde el cemento es la sustancia principal), la mezcla rápida de la espuma y la lechada, el llenado de moldes con la espuma/lechada mezclada y preparada y el caldeo de la misma. La segunda forma de fabricar vidrio espumado consiste en aprovechar la propiedad de algunos materiales para desarrollar un gas al calentarse. Un material de vidrio espumado puede prepararse mezclando partículas vítreas trituradas y un agente espumante (como CaCO₃ o CaSO₄), colocando la mezcla en un molde, calentando el molde (como pasando el molde por un horno) hasta una temperatura de espumado, y enfriando el molde para producir cuerpos de vidrio espumado.

La escoria es un subproducto no metálico de las operaciones metalúrgicas. Las escorias están formadas típicamente por silicatos de calcio, magnesio y aluminio en diversas combinaciones. Las escorias siderúrgicas son subproductos de la producción de hierro y acero. Por ejemplo, un alto horno de hierro suele cargarse con mineral de hierro, agentes fundentes (como piedra caliza o dolomita) y coque (como combustible y agente reductor). El mineral de hierro suele ser una mezcla de óxidos de hierro, sílice y alúmina. Cuando se calienta lo suficiente, se producen escorias y hierro fundidos. Al separar el hierro, queda la escoria. La escoria se presenta como una masa de líquido fundido y es una solución compleja de silicatos y óxidos que se solidifica al enfriarse.

Las propiedades físicas de la escoria, como su densidad, porosidad, tamaño promedio de partícula, distribución del tamaño de partícula y similares, se ven afectadas tanto por su composición química como por la proporción en la que se enfría. Así, los tipos de escoria producidos pueden clasificarse convenientemente de acuerdo con el método de enfriamiento utilizado para producirlos: enfriados por aire, expandidos y granulados. Cada tipo de escoria tiene diferentes propiedades y, por tanto, diferentes aplicaciones.

Aunque son útiles como aislantes y como materiales abrasivos, los cuerpos de vidrio espumado (hechos con o sin escoria espumada), son típicamente inadecuados para su uso como relleno ligero y/o en materiales compuestos debido a factores como el coste y la propensión del vidrio espumado a hidratarse y expandirse.

Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de un material de vidrio espumado de fácil producción que sea más resistente a la expansión por hidratación y/o más fácil de estabilizar, y de materiales compuestos que lo incorporen. La presente invención aborda esta necesidad.

El documento US 2012/0057931 divulga almohadillas de detención para desacelerar vehículos, especialmente aeronaves de pasajeros incapaces de detenerse en la pista de aterrizaje disponible, que incluyen un sistema de detención de vehículos. El sistema de detención de vehículos incluye una almohadilla llena de agregado de vidrio espumado con tamaños de partícula que van de 0,25 cm a 15 cm y fracciones de cavidades nominales de aproximadamente 70 a 98%, y una cubierta superior que cubre la superficie superior de la almohadilla de agregado de vidrio espumado.

El documento US 6726400 divulga almohadillas de detención de vehículos, para su instalación en los extremos de las pistas de aterrizaje de aeronaves, con el fin de desacelerar de forma segura las aeronaves que pasan por la almohadilla. Un sistema de almohadillas de detención de vehículos divulgado comprende: una almohadilla de hormigón celular que tiene una longitud, un ancho y un espesor y que incluye una primera y una segunda filas laterales de bloques de hormigón celular comprimible, cada bloque tiene una característica de gradiente de resistencia a la compresión (CGS) especificada que representa un gradiente seleccionado de resistencia a la compresión con la profundidad, sobre una profundidad de penetración de al menos 10 a 60 por ciento del espesor del bloque, la característica de CGS seleccionada para proporcionar una desaceleración gradual de un vehículo que pasa por dicha almohadilla.

Compendio

La tecnología que se expone a continuación está relacionada con materiales compuestos fabricados, tales como áreas de seguridad de pistas de aterrizaje (RSAs) de calzadas y aeropuertos que incorporan materiales de vidrio espumado y cementosos para definir materiales compuestos estructurales que tienen propiedades de modo de fallo controladas, y el método para fabricar los mismos. Un objeto de la presente invención es proporcionar un material compuesto estructural de RSA mejorado que contenga vidrio espumado. Los objetos y ventajas relacionados con la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción.

En un primer aspecto, la invención proporciona un método para frenar una aeronave que sobrepasa una pista de aterrizaje,

como se define en la reivindicación 1. El método comprende: a) pavimentar una zona inmediatamente posterior al final de una pista de aterrizaje con cuerpos de vidrio espumado para definir una almohadilla, en donde los cuerpos de vidrio espumado tienen una resistencia al aplastamiento de entre 345 kPa y 689 kPa (entre 50 PSI y 100 PSI); b) cubrir la almohadilla con una capa de material cementoso para definir una almohadilla compuesta que proporciona un área de seguridad de pista de aterrizaje compuesta que comprende cuerpos de vidrio espumado en una matriz estructural, en donde la superficie del área es de hormigón; y c) aplastar al menos una porción de la almohadilla compuesta con una aeronave que se aproxima, en donde el aplastamiento de al menos una porción de la almohadilla compuesta elimina la energía cinética de la aeronave que se aproxima para frenar la aeronave que se aproxima; en donde la almohadilla compuesta es generalmente resistente al fuego.

En un segundo aspecto, la invención proporciona un método de fabricación de un sistema de detención de material diseñado con vidrio espumado para aeropuertos, como se define en la reivindicación 2. El método comprende: a) calentar la frita de vidrio a una temperatura de entre 816 grados C y 1038 grados C (entre 1500 grados Fahrenheit y 1900 grados Fahrenheit); b) ablandar la frita para definir un material de vidrio viscoso; c) espumar el material de vidrio viscoso para producir un cuerpo de vidrio espumado, en donde el cuerpo de vidrio espumado tiene una resistencia al aplastamiento de entre 345 kPa y 689 kPa (entre 50 PSI y 100 PSI); d) enfriar el cuerpo de vidrio espumado; e) colocar el cuerpo de vidrio espumado en una almohadilla situada adyacente a una pista de aterrizaje de aeropuerto; y f) rodear, al menos parcialmente, el cuerpo de vidrio espumado con un material de matriz estructural de hormigón para definir una porción de almohadilla compuesta que proporcione un área de seguridad de pista de aterrizaje compuesta que comprenda cuerpos de vidrio espumado en la matriz estructural, donde la superficie del área sea de hormigón.

En un tercer aspecto, la invención proporciona un área de seguridad de pista de aterrizaje adyacente a una pista de aterrizaje, como se define en la reivindicación 3. El área de seguridad de pista de aterrizaje comprende una pluralidad de cuerpos de vidrio espumado, en donde los cuerpos de vidrio espumado tienen una resistencia al aplastamiento de entre 345 kPa y 689k Pa (entre 50 PSI y 100 PSI); y una matriz cementosa, que cubre y rodea al menos parcialmente los respectivos cuerpos de vidrio espumado y define un área de seguridad de pista de aterrizaje compuesta, el área de seguridad de pista de aterrizaje comprende cuerpos de vidrio espumado en una matriz estructural, en donde la superficie del área es de hormigón; en donde el área de seguridad de pista de aterrizaje tiene un modo de aplastamiento principal de fallo por compresión; en donde el área de seguridad de pista de aterrizaje fallará preferentemente por aplastamiento en lugar de deslizarse sobre sí misma bajo las cargas de compresión y torsión producidas por una aeronave que pasa sobre el área de seguridad de pista de aterrizaje.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática de un proceso para fabricar compuestos de vidrio espumado.

La Figura 2A es una vista esquemática de otro proceso para fabricar cuerpos y compuestos de vidrio espumado y sus usos.

La Figura 2B es una vista esquemática de un proceso adicional para fabricar cuerpos y compuestos de vidrio espumado y sus usos.

La Figura 3A es una vista esquemática de un proceso para mezclar un lote de precursores para un artículo de vidrio espumado.

La Figura 3B es una vista esquemática de un proceso para caldear un artículo de vidrio espumado mezclado de acuerdo con la Figura 3A.

La Figura 3C es una vista en perspectiva del polvo de vidrio recién molido de acuerdo con el proceso de la Figura 3B.

La Figura 3D es una vista en perspectiva de filas de mezcla de polvo de vidrio molido listas para caldeo.

La Figura 3E es una vista en perspectiva de la Figura 3D después del caldeo en una hoja de vidrio espumado sustancialmente continua.

La Figura 4 es un diagrama de proceso del proceso ilustrado en las Figuras 3A y 3B.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La invención proporciona un método para frenar una aeronave que sobrepasa una pista de aterrizaje, un método de fabricación de un sistema de detención de material diseñado con vidrio espumado para aeropuertos, y un área de seguridad de pista de aterrizaje situada adyacente a una pista de aterrizaje. La invención reclamada utiliza cuerpos de vidrio espumado que tienen una resistencia al aplastamiento de entre 345 kPa y 689 kPa (entre 50 PSI y 100 PSI).

Los materiales vítreos, tales como vidrios de sosa-cal-sílice y escorias de subproductos metalúrgicos, suelen espumarse mediante procesos de gasificación para producir un producto celular resultante típicamente vítreo y típicamente silíceo. Típicamente, un precursor de espumado es predominantemente vítreo o no cristalino antes del proceso de espumado, ya que un material vítreo de escoria precursora tiene típicamente una viscosidad a la temperatura que es conveniente para el proceso de espumado. Más típicamente, el material vítreo de partida tendrá una composición tradicional de vidrio de sosa-cal-sílice, pero también pueden espumarse otras composiciones, tales como vidrios de aluminosilicato, vidrios de borosilicato, escorias vítreas peralcalinas u otras composiciones de escorias vítreas. Por ejemplo, también puede utilizarse una escoria peraluminosa con importantes óxidos alcalinos y alcalinotérreos. Una vez espumado el precursor vítreo, el vidrio espumado se combina físicamente con el cemento para formar un material compuesto adecuado para aplicaciones de construcción o estructurales o similares.

En el caso de los materiales precursores escoriosos, la escoria suele ser de carácter predominantemente vítreo, y más

típicamente tiene un máximo de 40% en volumen de material cristalino. La escoria suele ser inicialmente triturada y dimensionada hasta un tamaño promedio de partícula de aproximadamente 10 micras, más típicamente, al menos el 90% de todas las partículas son inferiores a 75 micras.

5 Si la escoria triturada y/o pulverizada está seca, se añade agua a la escoria pulverizada aproximadamente de 0,1 a aproximadamente el 0,5% (en masa). Alternativamente, si no se añade agua, se puede añadir piedra caliza u otro agente espumante sólido (típicamente un 4 por ciento o menos en masa, más típicamente un 2 por ciento o menos en masa). A
10 continuación, la mezcla se forma en gránulos (entre 0,05 y 1 centímetro cúbico), se precalienta (a no más de 25 °C dentro del punto de reblandecimiento dilatométrico) y luego se hace pasar por una zona de alta temperatura, como la generada por un horno rotatorio o una llama (contenida en un tubo de cerámica o de metal refractario). El tiempo de permanencia en la zona es corto, típicamente entre 0,5 y 10 segundos, y la temperatura es alta (temperatura adiabática de la llama superior a 1300 °C). En el caso de una llama, la energía térmica proporcionada al material por la llama directa permite una reacción de cambio de estado en el agente espumante y el gas resultante obligará a la materia, ahora viscosa, a
15 espumarse. Los gránulos espumados o los medios espumados se enfrían con aire por debajo del punto de reblandecimiento dilatométrico del material, y luego se dejan secar por enfriamiento lento.

Los medios espumados suelen tener una expansión de volumen relativa superior a tres veces, y más típicamente la expansión de volumen es tan alta como 10 veces o más. Este proceso da lugar a medios espumados individuales de baja densidad (gravedad específica inferior a 0,3) con un tamaño de poro medio en el margen de 0,1 a 2 mm.

20 Los materiales compuestos pueden prepararse mezclando la escoria espumada con el cemento Portland; de acuerdo con esta técnica pueden fabricarse al menos dos tipos de materiales compuestos. Un primer material compuesto puede prepararse mezclando una fina mezcla de cemento con medios espumados, en donde los medios espumados comprenden al menos el 85 por ciento en volumen del total de cemento/otros agregados. Los medios espumados suelen incorporarse al cemento (y a los agregados, si es necesario) después de añadir el agua. La mezcla resultante actúa como un material muy viscoso y se forma a presión o por gravedad en una losa (u otra forma coherente) o se vierte directamente en una forma prefabricada. A continuación, se deja fraguar la forma o conformación. El material compuesto resultante se solidifica hasta ser un material rígido y relativamente ligero (gravedad específica < 0.75) con propiedades superficiales típicas de los cementos Portland. Los productos químicos y los sistemas de acabado compatibles con el cemento Portland pueden utilizarse junto con este material.

Un segundo material compuesto se forma como una mezcla de cemento con un volumen típicamente inferior al 50 por ciento de medios de escoria espumada. Los medios se suelen mezclar en seco con el cemento antes de añadir el agua. La mezcla se prepara entonces como cemento común. Se pueden incorporar agregados adicionales de acuerdo con la práctica habitual. Este segundo material compuesto tiene una resistencia muy alta; la resistencia a la compresión del compuesto suele ser al menos un 25% mayor por unidad de masa que la del cemento idéntico preparado sin la adición de escoria espumada. Puede utilizarse en cualquier aplicación compatible con el cemento Portland.

40 Un tercer material compuesto se forma como una mezcla de lechada acuosa compuesta por yeso con, típicamente, menos del 50 por ciento en volumen de vidrio espumado o escoria. Los medios se añaden normalmente al yeso después de que el material se vuelva lechada. Pueden añadirse aglutinantes, rellenos y agentes de fraguado adicionales según la práctica habitual. El material resultante tiene una densidad muy baja y una alta absorción acústica. No hay limitaciones de compatibilidad química en cuanto a la extensión de las adiciones de vidrio espumado. Las limitaciones suelen provenir de consideraciones de resistencia y otras propiedades físicas.

45 En otro ejemplo, los precursores vítreos 210 del proceso de espumado son vidrios de desecho. Los vidrios de desecho suelen tener una composición de sosa-cal-silice, y por lo general se Trituran o muelen primero 220, y luego se dimensionan típicamente 230, para producir una frita particulada 235 adecuada para la granulación 250 o la formación de formas regulares para el espumado.

50 Al igual que con los precursores de escoria descritos anteriormente, si las partículas de vidrio de desecho 210 están secas, se puede añadir agua en pequeñas cantidades para favorecer la manipulación y adherir mejor el agente espumante de manera uniforme a las partículas para una distribución más uniforme. Alternativamente, si no se añade agua, puede añadirse piedra caliza u otro agente espumante sólido 240, normalmente en pequeñas cantidades (como menos del 2 por ciento en masa) y mezclarse para formar una mezcla vítrea espumable sustancialmente heterogénea. A continuación, la mezcla 245 suele formarse en gránulos (entre 0,05 y 1 centímetro cúbico), panes u otros cuerpos recientes regulares 260 convenientes para la formación de espuma, y a continuación se precalienta 265, normalmente a no más de 25 °C del punto de reblandecimiento dilatométrico. El precalentamiento 265 prepara los cuerpos recientes 260 para el calentamiento rápido 270 en la región de la temperatura de espumado.

60 A continuación, los cuerpos recientes precalentados 260 pasan por una zona de alta temperatura 275, como la generada por un horno rotatorio o una llama (contenida en un tubo de cerámica o metal refractario). El tiempo de permanencia en la zona es corto, típicamente, entre 0,5 y 10 segundos, pero puede ser más largo para los cuerpos recientes más grandes 260. La temperatura es sustancialmente alta (temperatura de llama adiabática de al menos unos 1200 °C y típicamente alrededor de 1300 °C o más). La rápida afluencia de energía térmica proporcionada al material permite una reacción de cambio de estado en el agente espumante 240 y el gas resultante obligará a la materia, ahora viscosa, a espumarse.

5 A continuación, los cuerpos espumados 275 se enfrían rápidamente 280 por debajo del punto de reblandecimiento dilatométrico del material, y luego se dejan enfriar a temperatura ambiente a una segunda tasa de enfriamiento, típicamente más lenta. La tasa de enfriamiento suele ser lo suficientemente rápida como para que el vidrio espumado 275
10 no sea templado o sólo lo haga parcialmente, dando como resultado un cuerpo de vidrio espumado 285 más duro con tensiones incorporadas que mejoran su resistencia al aplastamiento y su tenacidad, y también dan lugar a un modo de fallo por aplastamiento en compresión y torsión. La tasa de enfriamiento suele variar en función de la velocidad de la cinta. El extremo superior suele ser de unos 15-25 °C por minuto, mientras que el extremo inferior suele ser de unos 10-20 °C por minuto para el intervalo de temperatura desde la temperatura de espumado hasta justo por debajo del punto de reblandecimiento dilatométrico; más típicamente, el enfriamiento desde la temperatura de espumado hasta por debajo de la temperatura del punto de reblandecimiento dilatométrico se produce a una tasa de unos 20 grados Celsius por minuto. La tasa de enfriamiento suele disminuir a medida que el cuerpo 285 se acerca al punto de reblandecimiento.

15 Tras el espumado, los cuerpos 275 salen del horno y se enfrían 280, típicamente a través de la exposición al aire o al enfriamiento forzado con camisa de agua, y la tasa de enfriamiento se incrementa a unos 25-40 °C por minuto durante el enfriamiento rápido, más típicamente a unos 30 grados Celsius por minuto. Después del enfriamiento rápido, la tasa de enfriamiento se reduce a unos 3-10 °C por minuto. Todos los valores de la tasa de enfriamiento son para el centro de los cuerpos de vidrio espumado 285.

20 Para los medios espumados producidos en un proceso de cinta, los gránulos o cuerpos recientes 260 están típicamente configurados de tal manera que los cuerpos de vidrio espumado 275, 285 resultantes tienen formas irregulares oblongas u ovoides. Más típicamente, los cuerpos recientes 260 son gránulos preformados o prensados dimensionados de tal manera que los cuerpos espumados resultantes 275, 285 tienen dimensiones de eje mayor de entre aproximadamente 10 mm y 80 mm. Por lo tanto, estos cuerpos 285 suelen tener un tamaño y una forma para ser reemplazos inmediatos
25 diseñados para agregados de grava extraídos y tienen propiedades superiores de gestión del agua, resistencia a la compresión, modo de fallo, erosión, apilabilidad, estabilidad química y tenacidad. Alternativamente, los cuerpos espumados 285 pueden hacerse con otras especificaciones de tamaño y forma convenientes, como en formas de paralelepípedos ortorrómbicos más grandes o "ladrillos", dimensiones aún mayores de "bloques de hormigón de escorias", placas relativamente delgadas, y similares.

30 Una de las ventajas de este proceso es que el tiempo de permanencia en el horno de los cuerpos vítreos 275 durante el proceso de espumado se reduce un factor de 4 a 9 respecto a la mayoría de las técnicas convencionales de espumado de vidrio. Además, los cuerpos de vidrio espumado 285 pueden producirse con tamaños medios de celdas inferiores a unos 0,2 mm de diámetro, y con tamaños de celdas individual suele ser inferiores a unos 0,1 mm de diámetro o menos.
35 Los cuerpos 285 que tienen tamaños de celdas tan pequeños son típicamente del tipo de celdas cerradas, lo que da lugar a resistencias de aplastamiento muy superiores a las típicas de 689 kPa (100psi) (para un material de celdas abiertas comparativamente denso) hasta muy superiores a 1379 kPa (200psi). Además, los cuerpos 285 que tienen celdas sustancialmente abiertas dimensionadas en un margen inferior de 0,1 – 0,2 mm presentan una acción capilar mejorada y, en consecuencia, absorben rápidamente y retienen eficazmente el agua.

40 La ruptura natural del material durante el enfriamiento rápido, debido a las tensiones inducidas térmicamente, tiene como resultado un cuerpo de vidrio espumado 285 más anguloso y accidentado, a diferencia de una pieza de vidrio espumado formada por el aplastamiento de un cuerpo grande. La medida física es que los cuerpos de vidrio espumado 285 así producidos tienen un intervalo de relaciones de aspecto (del mayor al menor diámetro) aproximadamente un 50% superior
45 a la media de relaciones de 1 a 1,25 de los cuerpos más pequeños formados mediante un proceso de trituración. Esto da lugar al ángulo de apilamiento de 35 grados y garantiza que el material se rompa antes de que falle el deslizamiento.

50 En una realización, los cuerpos de vidrio espumado 285 se producen, en algunas realizaciones típicas como las descritas anteriormente, para su incorporación a los RSAs 350. Los cuerpos de vidrio espumado utilizados en la invención reivindicada tienen una resistencia al aplastamiento de entre 345 kPa y 689 kPa (entre 50 PSI y 100 PSI). El RSA 350 de acuerdo con la invención reivindicada comprende cuerpos de vidrio espumado 285 en una matriz estructural, en donde la superficie del área es de hormigón.

55 Típicamente, los cuerpos de vidrio espumado se producen con una estructura de celdas cerradas o de porosidad cerrada para evitar la infiltración e hidratación del agua. El material de vidrio espumado es químicamente estable e inerte. Los RSAs 350 están típicamente formados por un material compuesto de vidrio espumado 360 que incluye cuerpos de vidrio espumado 295 en una matriz cerámica 370. Típicamente, el material compuesto incluye al menos un 50 por ciento de volumen de vidrio espumado, más típicamente al menos un 60 por ciento de volumen de vidrio espumado, aún más típicamente al menos un 70 por ciento de volumen de vidrio espumado, aún más típicamente al menos un 80 por ciento de volumen de vidrio espumado, y en algunas realizaciones al menos un 90 por ciento de volumen de vidrio espumado.
60 Los cuerpos de vidrio espumado pueden tener la forma del agregado 305, de bloques de vidrio espumado con forma, o de una combinación de tamaños y formas incorporados a una matriz estructural 370, como un material de base polimérica, fibrosa, cementosa o material de matriz similar.

65 En el caso de los RSAs, se requiere un mayor volumen relativo del agregado de vidrio espumado 305 y/o de los cuerpos 285 de relleno, ya que el RSA 360 compuesto suele tener una menor resistencia al aplastamiento para proporcionar las

características deseadas del modo de fallo predeterminado, es decir, el RSA 360 se aplastará bajo el peso de una aeronave que se aproxima para purgar su energía cinética y frenar su progreso a través del RSA 360 hasta que se detenga. Además, los RSAs 360 se construyen típicamente con cuerpos de vidrio espumado 285 y/o agregados 305 (más típicamente agregados de vidrio espumado de celda cerrada 305 y/o cuerpos 285) en una fina matriz cerámica o estructural 370, en donde la superficie 375 del RSA 360 es el material de la matriz 370. La matriz 370 puede ser de hormigón, asfalto o similar. El RSA 360 tiene típicamente una superficie sólida 375, y más típicamente tiene una superficie texturizada o contorneada 375 para purgar aún más la energía cinética de una aeronave que se aproxima. En la invención reivindicada, se requiere que la superficie del área de seguridad de pista de aterrizaje compuesta sea de hormigón.

5
10 Un método específico de fabricación de un sistema de detención de material diseñado con vidrio espumado para aeropuertos forma parte de la invención reivindicada y se define en la reivindicación 2.

15 Los cuerpos de vidrio espumado 285 para el compuesto RSA 360 pueden prepararse generalmente como se ha descrito anteriormente, aunque los cuerpos 285 se espuman típicamente a una temperatura más alta, típicamente entre unos 1600 grados Celsius y unos 1900 grados Celsius, para producir una estructura de poros cerrada. En otras realizaciones, el vidrio espumado puede prepararse mediante las técnicas descritas en las patentes estadounidenses Nos. 5821184 y 5983671, o similares.

20 Las Figuras 3A-4 ilustran otro método de producir una matriz ligera de vidrio espumado 110 que define una pluralidad de poros voluminosos, cerrados y/o interconectados 115. Los poros 115 suelen tener diámetros que van desde aproximadamente 0,2 mm hasta aproximadamente 2,0 mm. Las paredes de los poros 117 pueden estar formadas para exhibir una microestructura agrietada o microfisurada 119. Como se ilustra esquemáticamente en las Figuras 3A-4, un precursor de vidrio triturado, molido y/o en polvo 120, como el vidrio de botella y/o de ventana reciclado, se mezcla con un agente espumante 122 (típicamente un material de desarrollo de gas que no se basa en azufre finamente molido, como el carbonato de calcio) para definir una mezcla 127. El agente espumante 122 está típicamente presente en cantidades entre aproximadamente el 1 por ciento en peso y aproximadamente el 3 por ciento en peso y dimensionado en el margen promedio de aproximadamente 80 a menos 325 mallas (es decir, cualquier partícula más pequeña que esto pasará a través, típicamente, las aberturas en la malla 80 están entre aproximadamente 150 y aproximadamente 200 micrómetros de diámetro y las aberturas en la malla -352 están entre aproximadamente 40 y aproximadamente 60 micrómetros de diámetro). Más típicamente, el agente espumante tiene un tamaño de partícula entre aproximadamente 5 y aproximadamente 150 micras. Típicamente, un modificador de pH como el fosfato dicálcico 124 se añade a la mezcla 27, en donde el modificador de pH 124 se hace efectivo cuando el producto de vidrio espumado 110 se utiliza en un entorno acuoso. El modificador de pH 124 está presente típicamente en cantidades entre aproximadamente 0,5 y 5 por ciento en peso, más típicamente entre aproximadamente 1 y 2 por ciento en peso. Se puede añadir material nutritivo adicional para el crecimiento de las plantas a la mezcla de partida para variar o mejorar la característica de crecimiento de las plantas del producto final 110.

35 El vidrio espumado, como la mayoría de las cerámicas, es naturalmente hidrofóbico. Como las superficies hidrofóbicas no favorecen la humectación e impiden la acción capilar, se suele hacer un tratamiento para que las paredes de los poros 117 sean hidrofílicas. En una realización, las paredes de los poros 117 están recubiertas para formar una pluralidad de microfisuras 119 en ellas. Las microfisuras 119 proporcionan una mayor superficie para favorecer la absorción. Alternativamente, o, además, puede añadirse un agente para modificar aún más las propiedades de la superficie y hacer que el vidrio espumado sea más hidrofílico. Dicho agente puede ser un gran contribuyente de cationes divalentes, como ZnO, BaO, SrO o similares. El agente hidrofílico se añade típicamente en pequeñas cantidades, típicamente menos del 1,5 por ciento en peso y más típicamente en cantidades de aproximadamente 0,1 por ciento en peso.

40 La combinación se mezcla 126, y la mezcla seca resultante 127 puede ser entonces colocada en un molde 128, prensada en un cuerpo verde y cocida sin el uso de un molde, o, más típicamente, dispuesta en filas 131 de mezcla de polvo 127 para su cocción y espumado. Típicamente, tanto si se coloca 129 en el molde 128 o no, la mezcla 127 se dispone típicamente en forma de varias filas 131, como en montículos o pilas de mezcla que tienen típicamente un ángulo de reposo natural de unos 15 a 50 grados, aunque pueden lograrse ángulos aún mayores respecto a la horizontal comprimiendo la mezcla seca 127. Esta disposición de las filas 131 permite un mayor control, equilibrio y optimización del calentamiento del polvo 127 durante la cocción, reduciendo los espacios calientes y fríos en el horno a medida que se calienta el polvo 127. Este peinado del polvo 127 en filas 131 típicamente de secciones transversales triangulares permite que el calor sea reflejado y redirigido para mantener el calentamiento de las filas generalmente constante.

55 El molde 128, si se utiliza, suele ser un material refractario, como el acero o la cerámica, y se hace más típicamente en la forma de un frustró para facilitar la liberación del sustrato final de vidrio espumado 110. Típicamente, las superficies interiores del molde 128 están recubiertas con un agente desmoldante refractario suave para facilitar aún más la separación del sustrato de espuma de vidrio 110 del molde 128. En un proceso continuo, el polvo 127 suele estar soportado por un vellón de malla de fibra de vidrio o similar para evitar que los finos se derramen a medida que el polvo 127 se desplaza mediante una banda transportadora a través de un horno de túnel; el vellón se quema a medida que el polvo 127 se sinteriza.

60 El molde 128 cargado de esta manera se calienta 130 en un horno mediante un proceso de espumado por lotes o continuo. Más típicamente, la mezcla 127 se calienta entonces 130 para primero secar 132, la sinterización 134, fundir 136, ablandar

138, y espumar 140 la mezcla 127 y así producir un sustrato de vidrio espumado 110 que tenga una densidad, tamaño de poro y dureza deseados. A medida que la mezcla en polvo 127 se calienta por encima del punto de reblandecimiento del vidrio (aproximadamente 566 grados Celsius (1050 grados Fahrenheit)) la mezcla 127 comienza a ablandarse 138, sinterizarse 134 y encogerse. La división de la mezcla de polvo 127 en filas o montículos permite que el vidrio absorba más rápidamente el calor y, por lo tanto, espume más rápido, reduciendo la capacidad del vidrio espumado para aislarse. A aproximadamente 552 grados Celsius (1025 grados Fahrenheit), el carbonato de calcio, si se ha utilizado carbonato de calcio como agente espumante 122, comienza a reaccionar con parte del dióxido de silicio del vidrio 120 para producir silicato de calcio y dióxido de carbono desarrollado. El dióxido de carbono también se desarrolla por descomposición de cualquier resto de carbonato de calcio una vez que la mezcla alcanza unos 838 grados Celsius (1540 grados Fahrenheit), por encima de los cuales el carbonato de calcio se descompone en óxido de calcio y gas de dióxido de carbono. Una vez que la temperatura de la mezcla 127 alcanza unos 788 grados Celsius (1450 grados Fahrenheit), la mezcla de vidrio 127 se habrá ablandado lo suficiente como para que el dióxido de carbono liberado se expanda y escape mediante el vidrio ablandado y viscoso; este escape de dióxido de carbono a través de la masa de vidrio ablandada es el principal responsable de la formación de celdas y poros en la misma. La mezcla 127 en el molde 128 se mantiene durante un período de tiempo a una temperatura máxima de espumado de, por ejemplo, entre 691 y 1038 grados Celsius (aproximadamente 1275 y aproximadamente 1900 grados Fahrenheit), más típicamente entre 843 y 982 grados Celsius (aproximadamente 1550 y aproximadamente 1800 grados Fahrenheit), aún más típicamente entre 899 y 1010 grados Celsius (aproximadamente 1650 y aproximadamente 1850 grados Fahrenheit), o incluso más alto, dependiendo de las propiedades que se deseen. Ajustando las temperaturas y los tiempos de cocción, se puede controlar estrechamente la densidad y la dureza, así como otras propiedades del sustrato 110 resultante.

A medida que la mezcla 127 alcanza las temperaturas de espumado, cada masa de vidrio espumado 140, procedente de una de las filas o montículos discretos, se expande hasta entrar en contacto y fusionarse con sus vecinos. La masa fundida de vidrio espumado se expande entonces para adaptarse a la forma de las paredes del molde 128, llenando todas las esquinas. Las formas y tamaños de los montículos iniciales de mezcla se determinan con la previsión de que la mezcla 140 espumosa 127 llene exactamente el molde 128. Una vez que el vidrio se ha espumado 140 hasta alcanzar la densidad y la estructura de poros deseadas, la temperatura del horno se reduce rápidamente para detener la espumado 140 del vidrio. Cuando el exterior del vidrio espumado en el molde se ha rigidizado lo suficiente, el cuerpo resultante 110 de vidrio espumado se retira del molde 128 y, típicamente, se temple entonces con aire para someter al vidrio a un choque térmico y producir una microestructura cuarteada 119. Una vez enfriado, cualquier piel o corteza se corta típicamente del sustrato de vidrio espumado 110, que puede entonces ser cortado o formado de otra manera en una variedad de formas deseadas. El tamaño de los poros puede controlarse cuidadosamente dentro del margen de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 0,5 mm, más típicamente dentro del margen de aproximadamente 2,0 mm a 0,2 mm. La densidad del sustrato puede controlarse entre unos 0,4 g/cc y unos 0,26 g/cc. Típicamente, la densidad aparente de la espuma triturada puede ser tan baja como el 50% de la densidad poliédrica.

El sustrato 110 puede ser proporcionado como una forma poliédrica mecanizada 110 o, más típicamente, como una hoja continua que puede ser impactada y/o aplastada para producir agregados o guijarros 150 (típicamente dimensionados para tener menos de 1 pulgada de diámetro). El material de sustrato triturado 150 puede utilizarse para retener el agua y aumentar el volumen de aire en determinadas combinaciones de suelo. Los cuerpos de sustrato de forma poliédrica 110 suelen estar dimensionados y en forma de los agregados para su uso en un material compuesto RSA. El propio material de vidrio espumado 110 suele ser resistente a la corrosión acuosa y tiene un impacto mínimo en el pH de la solución. Para proporcionar un mejor control del pH, el material de vidrio espumado 110 suele ser dopado (en la etapa de lote, antes del espumado) con fosfato dicálcico específico o un material estabilizador del pH similar 124 que se disuelve en agua para ayudar a estabilizar el pH. El sustrato de vidrio espumado 110 puede contener típicamente entre 1,5 y 5 veces su propio peso en agua en la pluralidad de poros interconectados 117.

Los cuerpos de espuma triturados 150 pueden fabricarse rápidamente por un método alternativo. Utilizando frita de vidrio de sol-cal-sílice o polvo como componente de vidrio 122, el procesamiento es similar al descrito anteriormente, pero sin la etapa de recocido. El método alternativo emplea los mismos intervalos de temperatura de espumado que los relacionados anteriormente. El material del lote 127 consiste en hasta un 8 por ciento en masa de piedra caliza, magnesita u otro agente espumante aplicable 122, normalmente menos del 2 por ciento en masa de fosfato dicálcico 124, siendo el resto una frita de vidrio de borosilicato, silicato, borato o fosfato 122. El lote 127 se coloca entonces en un molde 128 típicamente poco profundo, más típicamente con una configuración de menos de 5,08 cm (2") de lote por cada yarda cuadrada de superficie de molde. A continuación, el molde 128 suele calentarse hasta aproximadamente 250 °C por encima del punto de reblandecimiento dilatométrico del vidrio de sosa-cal (o la viscosidad equivalente para otras composiciones de vidrio) y se deja espumar. El molde 128 se mantiene a la temperatura de espumado durante menos de 30 minutos y luego se temple, es decir, no se permite que ocurra un recocido sustancialmente.

Este método típicamente produce un material 110 de densidad inferior a 0,25g/cc, y más típicamente tan bajo como aproximadamente 0,03g/cc. A continuación, este material 110 se tritura en forma de guijarros 150, con una densidad aparente menor, según el método descrito anteriormente. El material fabricado con este método alternativo tiene propiedades químicas similares a las descritas anteriormente, pero tiene una resistencia sustancialmente menor.

Otro método alternativo para preparar el material de sustrato de vidrio espumado 110 es el siguiente. Un lote 127 se prepara como se ha comentado anteriormente y se prensa en gránulos pequeños (normalmente de menos de 5 mm de

diámetro). Los pellets se calientan rápidamente, por ejemplo, mediante el paso por una fuente de llama, el paso por un horno rotatorio o similares. Típicamente, los gránulos se calientan a unos 1500 grados Fahrenheit, de manera que el gránulo se expanda como una partícula de espuma sin necesidad de un molde. Este material produce las partículas de espuma más débiles, pero menos densas. La densidad típica puede ser tan baja como 0,02g/cc o tan alta como 0,2g/cc, o más.

El sustrato de vidrio espumado 110 suele tener una porosidad en el intervalo de entre un sesenta y cinco y un ochenta y cinco por ciento. La capacidad de retención de aire suele estar entre el cuarenta y el cincuenta y cinco por ciento.

El tamaño de los poros suele estar entre aproximadamente 0,2 mm y 2,0 mm de diámetro, con una distribución del tamaño de los poros relativamente ajustada. El sustrato terminado 110 se procesa típicamente a través de una serie de bandas transportadoras y equipos de trituración para obtener un tamaño deseado de gránulos 150.

El material de vidrio precursor suele ser vidrio reciclado o de desecho postconsumo, como vidrio de placas, ventanas y/o botellas. El vidrio se tritura o muele con un perfil de malla fina de menos 107 micras. En el cuadro 1 se presenta un análisis de tamizado típico del vidrio precursor y en el cuadro 2 un análisis de composición del vidrio

Tabla 1

Análisis de tamizado			
Clase hasta (mm)	Paso (%)	Remanente (%)	Incidencia (%)
0,7	1,3	98,7	1,3
0,9	1,6	98,4	0,3
1	1,8	98,2	0,2
1,4	2,8	97,2	1,0
1,7	3,7	96,3	0,9
2	4,6	95,4	0,9
2,6	6,4	93,6	1,8
3,2	7,9	92,1	1,5
4	9,9	90,1	2,0
5	12,0	88	2,1
	6	86	2,0
8	17,5	82,5	3,5

(continuación)

Análisis de tamizado			
Clase hasta (mm)	Paso (%)	Remanente (%)	Incidencia (%)
10	20,5	79,5	3,0
12	23,3	76,7	2,8
15	27,3	72,7	4,0
18		68,9	3,8
23	37,2	62,8	6,1
30	45,1	54,9	7,9
36	51,2	48,8	6,1
45	59,2	40,8	8,0
56	67,6	32,4	8,4
63	72,3	27,7	4,7
70	76,6	23,4	4,3
90	86,5	13,5	9,9
110	92,7	7,3	6,2
135	97,1	2,9	4,4
165	99,3	0,7	2,2
210	100,0	0	0,7

Tabla 2

Óxido	de	Peso%
SiO ₂		71,5
Na ₂ O		12,6
K ₂ O		0,81
Al ₂ O ₃		2,13
CaO		10,1
MgO		2,3
TiO ₂		0,07
Fe ₂ O ₃		0,34
BaO		0,01
SO ₃		0,05
ZnO		0,01

REIVINDICACIONES

1. Un método para frenar una aeronave que sobrepasa una pista de aterrizaje, que comprende:
- 5 a) pavimentar una zona inmediatamente posterior al final de una pista de aterrizaje con cuerpos de vidrio espumado para definir una almohadilla, en donde los cuerpos de vidrio espumado tienen una resistencia al aplastamiento de entre 345 kPa y 689 kPa (entre 50 PSI y 100 PSI);
- b) cubrir la almohadilla con una capa de material cementoso para definir una almohadilla compuesta que proporcione un área de seguridad de pista de aterrizaje compuesta que comprenda cuerpos de vidrio espumado en una matriz estructural, en donde la superficie del área sea de hormigón; y
- 10 c) aplastar al menos una parte de la almohadilla compuesta con una aeronave que se aproxima, en donde el aplastamiento de al menos una parte de la almohadilla compuesta elimina la energía cinética de la aeronave que se aproxima para frenarla; en donde el lecho compuesto es generalmente resistente al fuego.
- 15 2. Un método de fabricación de un sistema de detención de material diseñado con vidrio espumado para aeropuertos, que comprende:
- a) calentar la frita de vidrio a una temperatura de entre 816 grados C y 1038 grados C (entre 1500 grados Fahrenheit y 1900 grados Fahrenheit);
- b) ablandar la frita para definir un material de vidrio viscoso;
- 20 c) espumar el material de vidrio viscoso para obtener un cuerpo de vidrio espumado, en donde el cuerpo de vidrio espumado tiene una resistencia al aplastamiento de entre 345 kPa y 689 kPa (entre 50 PSI y 100 PSI);
- d) enfriar el cuerpo de vidrio espumado;
- e) colocar el cuerpo de vidrio espumado en una almohadilla situada junto a una pista de aterrizaje de un aeropuerto; y
- f) rodear, al menos parcialmente, el cuerpo de vidrio espumado con un material de matriz estructural de hormigón para definir una porción de almohadilla compuesta que proporcione un área de seguridad de pista de aterrizaje compuesta que comprenda cuerpos de vidrio espumado en la matriz estructural, en donde la superficie del área sea de hormigón.
- 25 3. Un área de seguridad de pista de aterrizaje situada junto a una pista de aterrizaje, que comprende: una pluralidad de cuerpos de vidrio espumado, en donde los cuerpos de vidrio espumado tienen una resistencia al aplastamiento de entre 345 kPa y 689 kPa (entre 50 PSI y 100 PSI); y
- 30 una matriz de cemento que cubra y rodee, al menos parcialmente, los respectivos cuerpos de vidrio espumado y defina un área de seguridad de pista de aterrizaje compuesta por cuerpos de vidrio espumado en una matriz estructural, en donde la superficie del área es de hormigón; en donde el área de seguridad de pista de aterrizaje tiene un modo de fallo de compresión principal de aplastamiento;
- 35 en donde el área de seguridad de la pista fallará preferentemente por aplastamiento en lugar de deslizarse sobre sí misma bajo las cargas de compresión y torsión producidas por una aeronave que rueda sobre el área de seguridad de pista de aterrizaje.
4. El método de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2, o el área de seguridad de pista de aterrizaje de la reivindicación 3, en donde el área de seguridad de pista de aterrizaje está formada por material compuesto de vidrio espumado que incluye vidrio espumado en un nivel de al menos 90 por ciento de volumen.
- 40 5. El método de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2 o el área de seguridad de pista de aterrizaje de la reivindicación 3, en donde los cuerpos de vidrio espumado tienen una estructura celular cerrada.
- 45 6. El método de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2 o el área de seguridad de pista de aterrizaje de la reivindicación 3, en donde los cuerpos de vidrio espumado están en forma de agregados, bloques de vidrio espumado con forma, o una combinación de tamaños y formas incorporados a una matriz estructural de cemento.
- 50 7. El método de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2 o el área de seguridad de pista de aterrizaje de la reivindicación 3, en la que el área de seguridad de pista de aterrizaje tiene una superficie sólida que puede estar texturizada o contorneada.
8. El método de la reivindicación 2, que comprende además:
- 55 g) combinar una pluralidad de porciones de almohadilla compuesta para definir una almohadilla compuesta;

- h) haciendo rodar una aeronave que se aproxima sobre el lecho de material compuesto;
- i) aplastar, al menos parcialmente, la almohadilla compuesta con la aeronave que se aproxima; y
- j) frenando la aeronave que se aproxima;

5 en donde al aplastar, al menos parcialmente, la almohadilla compuesta se elimina la energía cinética de la aeronave que se aproxima.

9. El método de la reivindicación 2, en donde la almohadilla compuesta tiene un modo de fallo compresivo principal de aplastamiento y en donde la almohadilla compuesta fallará preferentemente por aplastamiento en lugar de deslizarse sobre sí misma bajo cargas compresivas y de torsión excesivas.

10

10. El método de la reivindicación 2, en donde la almohadilla compuesta es un concreto definido por cuerpos de vidrio espumado suspendidos en una matriz cementosa.

11. El método de la reivindicación 10, en donde los cuerpos de vidrio espumado comprenden agregados del área de seguridad de la pista y en donde la almohadilla compuesta comprende un área de seguridad de pista de aterrizaje vertida.

15

12. El método de la reivindicación 2, en donde la almohadilla compuesta define una pluralidad de porciones adyacentes de almohadilla compuesta prefabricada.

20

13. El método de la reivindicación 10, en donde el material cementoso es cemento Portland.

14. El método de la reivindicación 10, en donde el material cementoso es cemento de fosfato.

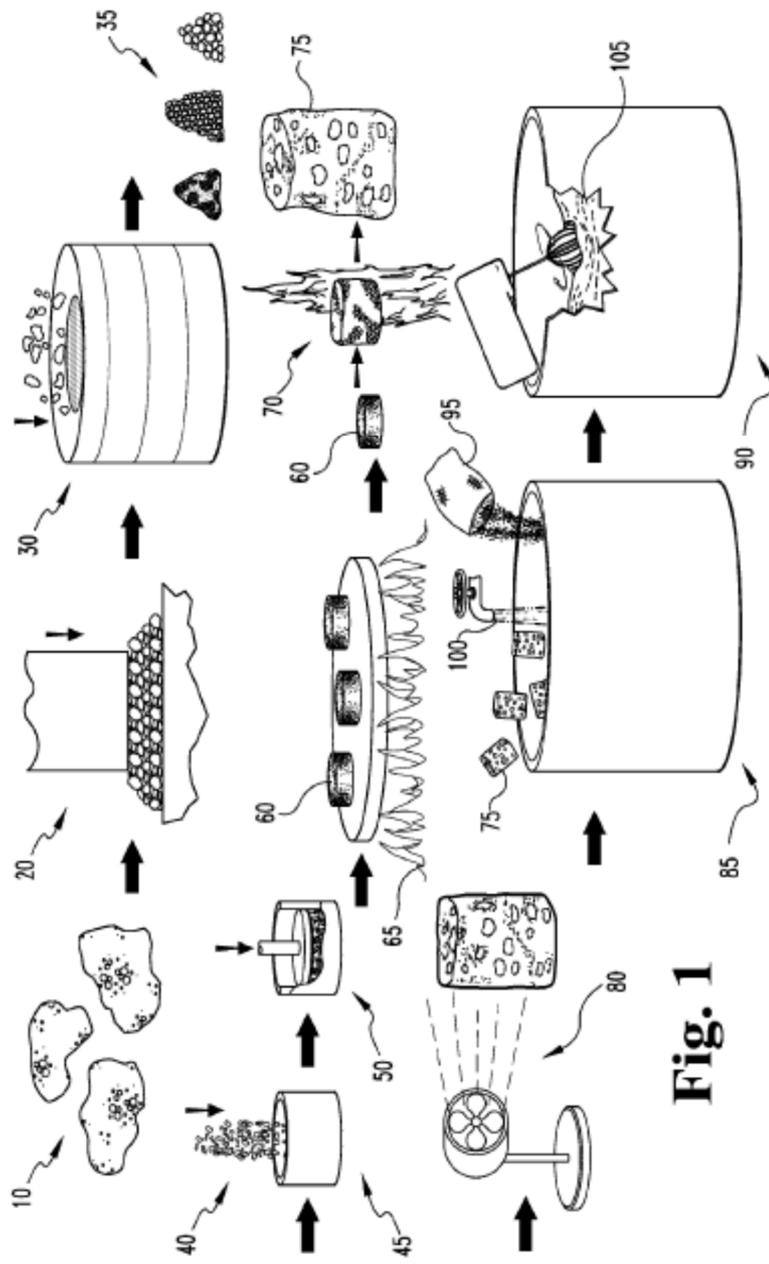


Fig. 1

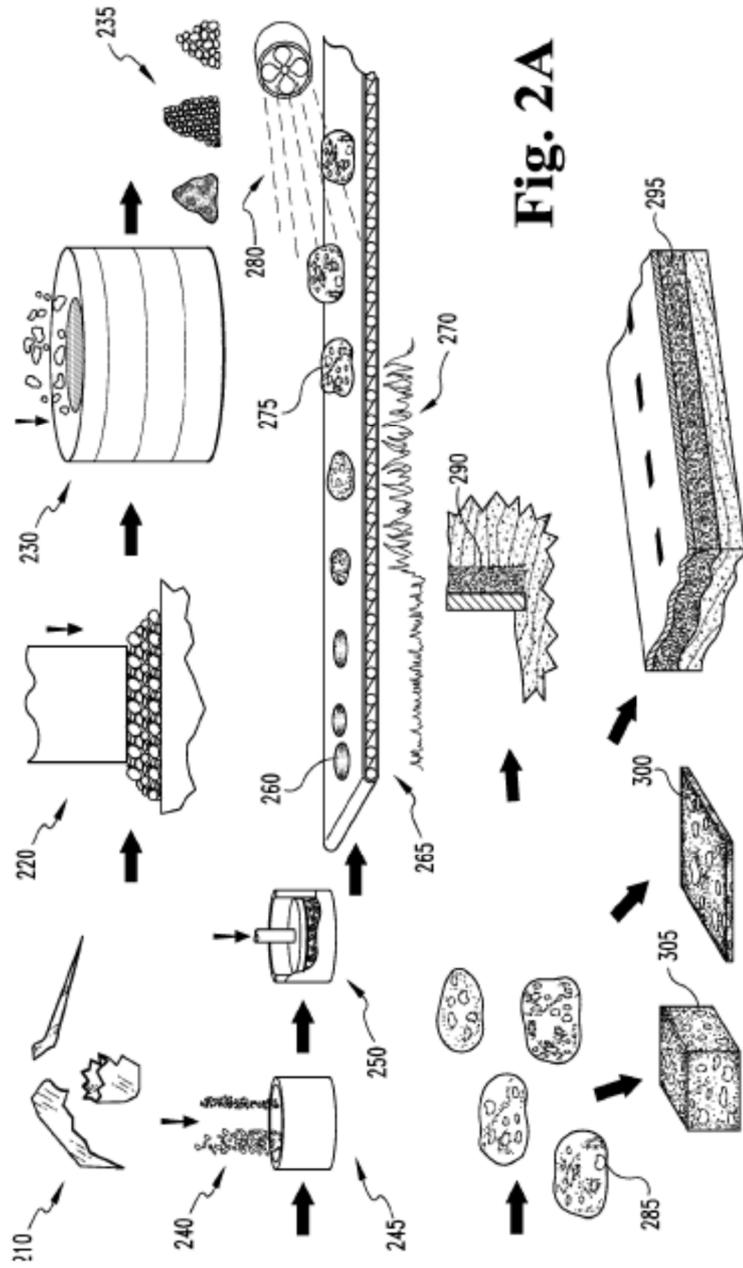


Fig. 2A

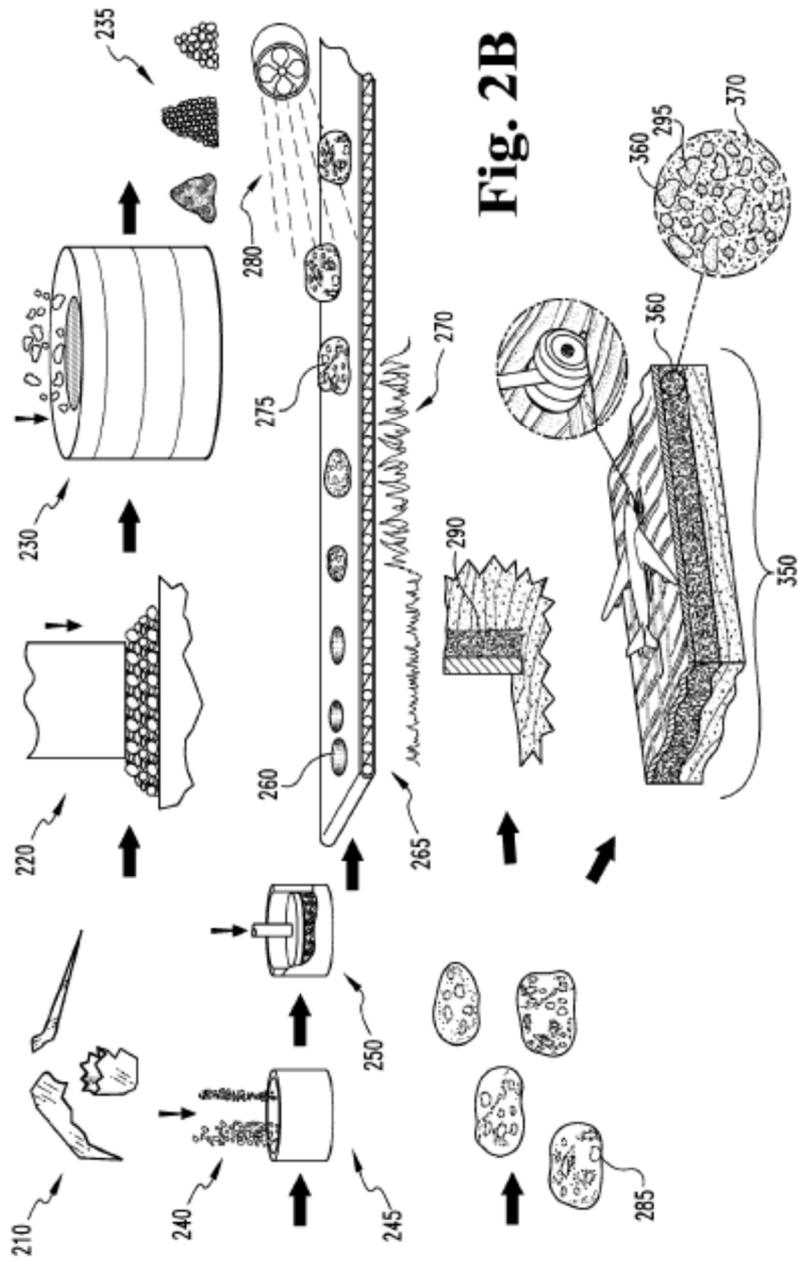


Fig. 2B

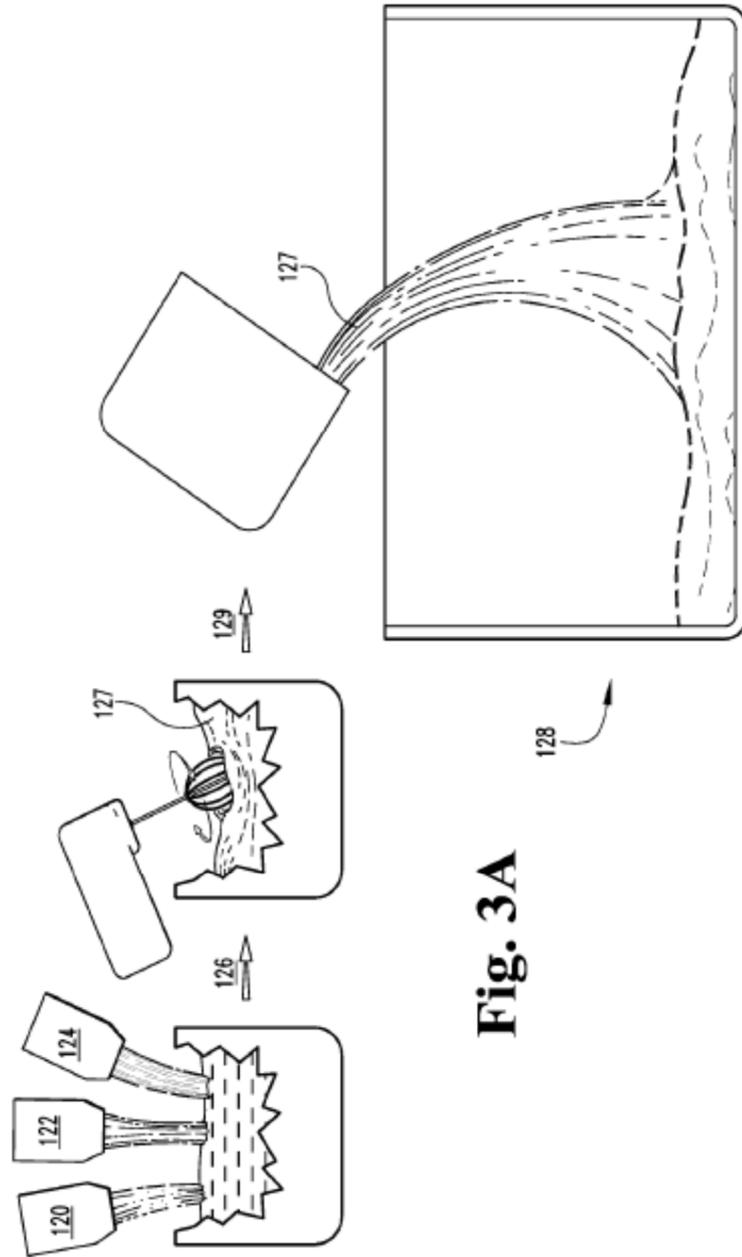


Fig. 3A

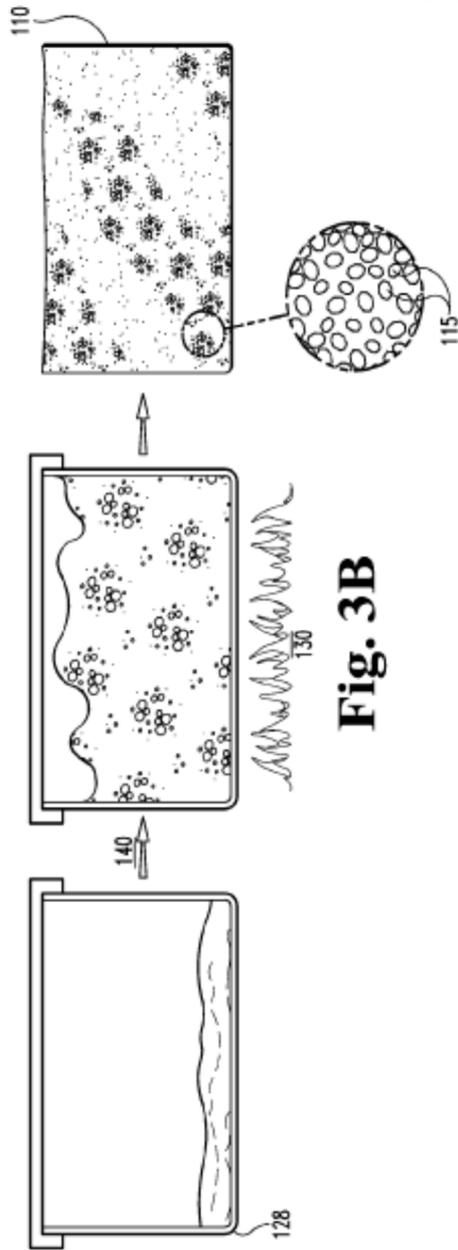


Fig. 3B

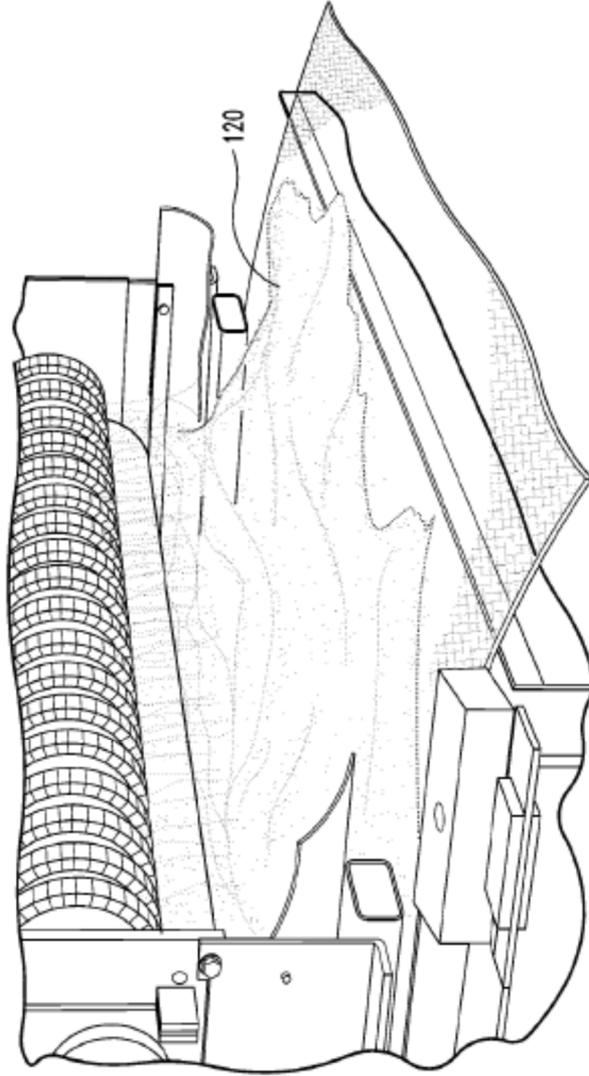


Fig. 3C

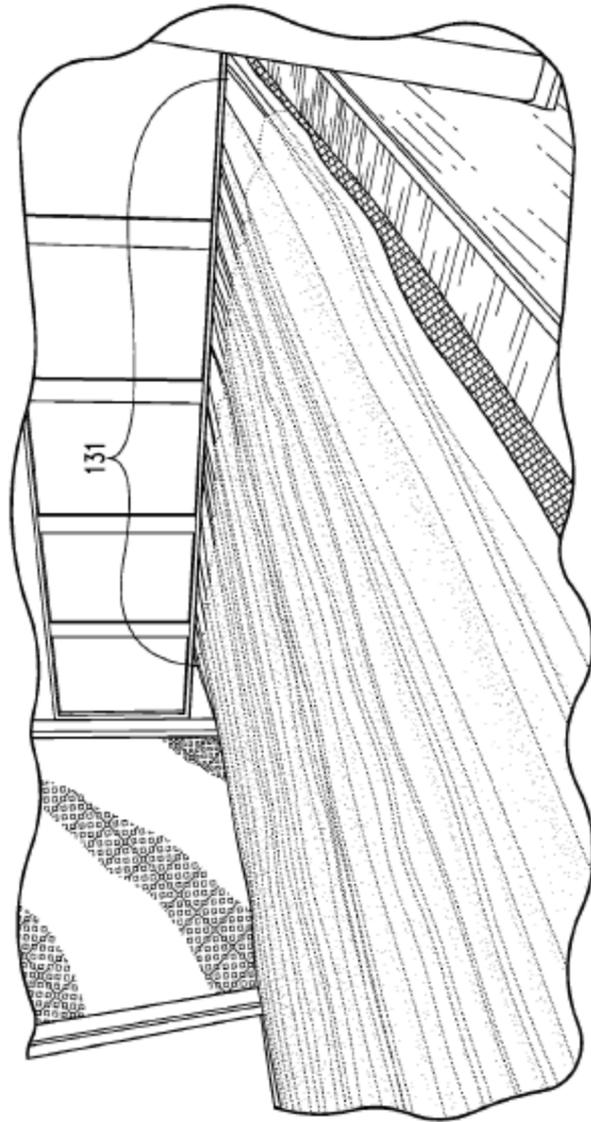


Fig. 3D

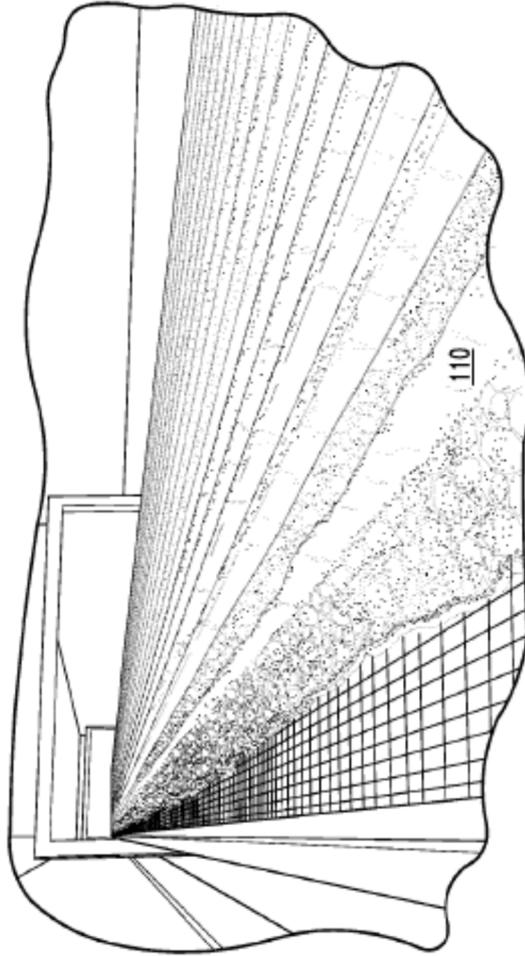


Fig. 3E

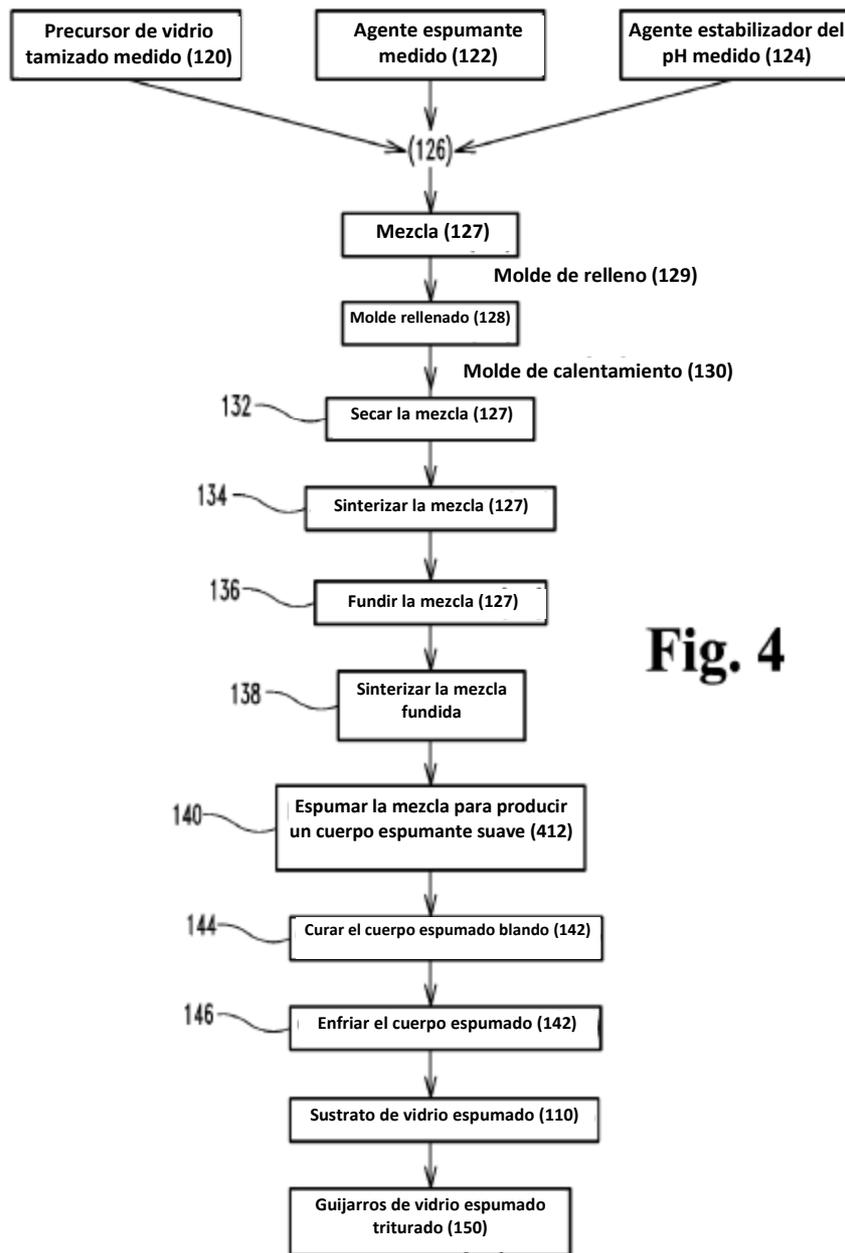


Fig. 4