

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 340**

51 Int. Cl.:

F28D 7/10 (2006.01)

F28F 1/40 (2006.01)

F28F 21/04 (2006.01)

F28D 1/06 (2006.01)

F28D 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2012** **E 12735050 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016** **EP 2729752**

54 Título: **Procedimiento para extraer calor de un efluente que circula por un conducto, en particular de aguas residuales, intercambiador de calor y material para realizar este procedimiento**

30 Prioridad:

06.07.2011 FR 1156085

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

05.10.2016

73 Titular/es:

LYONNAISE DES EAUX FRANCE (100.0%)
Tour CB21- 16, place de l'Iris
92040 Paris, FR

72 Inventor/es:

DUONG, FRÉDÉRIC

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 585 340 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).

DESCRIPCION

Procedimiento para extraer calor de un efluente que circula por un conducto, en particular de aguas residuales, intercambiador de calor y material para realizar este procedimiento.

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para extraer calor de un efluente que circula por un conducto, particularmente un colector de aguas residuales, procedimiento según el cual se instala, al menos en el fondo del conducto, un intercambiador de calor que se baña en el efluente, estando este intercambiador de calor formado por recubrimiento de tubos con un hormigón lo suficientemente conductor del calor colado alrededor de los tubos destinados para la circulación de un fluido caloportador, realizándose el intercambio calorífico con el efluente del conducto a través del recubrimiento moldeado.
- 10 Los colectores o conductos de evacuación de aguas residuales transportan aguas sucias que están templadas o atemperadas debido a su procedencia residencial o terciaria, o de su procedencia de actividad colectiva o industrial. Su temperatura se encuentra generalmente comprendida entre los 15 y 20°C.
- 15 El calor sensible de estas aguas representa una fuente de energía que puede ser recuperada para necesidades de calefacción de la construcción, de producción de agua caliente sanitaria, o cualquier otra utilización térmica, en combinación con una bomba de calor.
- 20 Los documentos DE 35 21 285 y EP 1 215 460, que pueden ser considerados como el estado de la técnica más próximo, muestran colectores de aguas residuales con intercambiador de calor sumergido en la pared de hormigón del colector. Tales intercambiadores tienen un precio de coste ventajoso, desde el punto de vista de la fabricación y de la puesta en práctica, con relación a los intercambiadores de calor realizados con piezas metálicas. Sin embargo, la transmisión de calor a través del hormigón requiere ser mejorada, al igual que la resistencia mecánica de este intercambiador que puede tener que soportar el pisoteado por el personal de servicio.
- 25 La invención tiene por objeto, sobre todo, proponer un procedimiento que permita obtener un intercambiador del tipo en cuestión en el cual el efecto conductor térmico y la solidez del intercambiador sean simultáneamente mejorados.
- Según la invención, el procedimiento para extraer calor de un efluente que circula por un conducto, particularmente un colector de aguas residuales, del tipo definido anteriormente, se caracteriza por que el hormigón del recubrimiento está compuesto por al menos un 50% en la masa de carburo de silicio, por una carga de agujas de un material conductor del calor y resistente mecánicamente, por un ligante y el complemento de alúmina, en polvo metálico o en carbono.
- 30 La carga de agujas es preferentemente superior al 2% en masa. Las agujas pueden ser metálicas, en particular de acero al carbono o en aluminio, o pueden ser de carbono. El diámetro de las agujas es preferentemente inferior a cinco décimas de milímetro y la longitud de las agujas es de preferencia inferior a 10 mm.
- Ventajosamente, una capa de material térmicamente aislante se coloca entre los tubos y la pared del conducto; una capa de hormigón conductor se coloca en contacto con los tubos, entre los tubos y el efluente; y, en la superficie, una capa de material resistente a la abrasión se coloca en contacto con el efluente.
- 35 Una red ecilla intermedia, metálica o de fibras sintéticas, puede desplegarse por encima de los tubos, antes del colado del material de recubrimiento, por toda la extensión de una porción del intercambiador con el fin de reforzar la resistencia mecánica y/o mejorar la transferencia térmica.
- Los tubos pueden ser anillados. Ventajosamente, los tubos son de materia plástica. Estos tubos son de preferencia flexibles.
- 40 La invención se refiere igualmente a un intercambiador para extraer el calor a partir de un efluente que circula por un conducto, particularmente un colector de aguas residuales, instalado al menos en el fondo del conducto para bañarse en el fluente, estando el intercambiador constituido por tubos sumergidos en un hormigón conductor del calor colado alrededor de los tubos destinados para la circulación del fluido caloportador, realizándose el intercambio calorífico con el efluente del conducto a través del recubrimiento moldeado, caracterizado por que el hormigón del recubrimiento está compuesto por al menos un 50% en masa de carburo de silicio, una carga de agujas de un material conductor del calor y resistente mecánicamente, un ligante y el complemento de alúmina, en polvo metálico o en carbono.
- 45 De preferencia, los tubos sumergidos en el hormigón son tubos anillados. Los tubos sumergidos en el hormigón pueden ser de materia plástica. Estos tubos pueden ser flexibles.
- 50 Ventajosamente, la carga del hormigón con agujas es de al menos un 2% en masa, y las agujas son de preferencia agujas metálicas, en particular de acero al carbono o de aluminio, o de carbono. Generalmente, el ligante está constituido por cemento.

El intercambiador es realizado de preferencia según el procedimiento definido anteriormente.

La invención se refiere igualmente a la utilización de un material para la puesta en práctica del procedimiento definido anteriormente, caracterizándose este material por que está constituido por una mezcla compuesta de al menos un 50% en masa de carburo de silicio, por una carga de agujas de un material conductor del calor y resistente mecánicamente, por un ligante y el complemento de alúmina, en polvo metálico o en carbono.

Ventajosamente, la carga de agujas es de al menos un 2% en masa. Las agujas pueden ser metálicas, en particular de acero al carbono o de aluminio, o ser de carbono.

La conductividad térmica del material de recubrimiento según la invención se mejora substancialmente por el carburo de silicio que presenta una conductividad térmica elevada. El carburo de silicio, combinado con la alúmina y con un ligante conduce a un tipo de hormigón fácil de poner en práctica.

El hormigón de recubrimiento utilizado en el procedimiento de la invención consiste en una combinación que permite obtener un compuesto que presenta una coherencia y un comportamiento mecánico. La conductividad térmica de la alúmina, más elevada que la de un hormigón clásico, permite obtener una conductividad del compuesto más elevada que la de una mezcla que implique al hormigón usual.

La carga de agujas añadida a la combinación de carburo de silicio y de alúmina permite mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla de carburo de silicio-alúmina, pero también su conductividad térmica creando puentes térmicos que facilitan el paso del flujo de calor.

Las propiedades mecánicas de la mezcla obtenida, y particularmente su gran resistencia mecánica, permiten su puesta en práctica en entornos sometidos a fuertes tensiones como, por ejemplo, el paso de un operario provisto de botas con tachuelas o la caída de una herramienta desde la altura del hombre.

Los ejemplos de realización se describen en estos dibujos:

La Figura 1 es una sección recta de un colector de aguas residuales equipado en la parte inferior de un intercambiador según la invención.

La Figura 2 es una sección recta de un colector de aguas residuales con la parte inferior deteriorada, antes de la colocación de un intercambiador según la invención.

La Figura 3 es una sección parcial a mayor escala de una variante de realización, y

La Figura 4 es una sección esquemática parcial longitudinal de un tubo anillado recubierto, con un intercambiador según la invención.

Haciendo referencia a los dibujos, particularmente a la Figura 1, se puede apreciar una canalización 1 que forma colector de aguas residuales 2 en circulación de superficie libre. En la parte inferior de la canalización 1 está instalado un intercambiador de calor E que se baña en el efluente constituido por las aguas residuales 2.

El intercambiador E está moldeado y constituido por capas de tubos 3 manejables, flexibles, de preferencia anillados, o eventualmente lisos, que se disponen paralelamente entre sí y en la dirección longitudinal del conducto. Sobre los tubos 3 se cuela in situ el hormigón conductor 4 que después de la solidificación, asegurará una doble función de protección mecánica y de intercambio térmico. Los tubos 3 pueden ser semi-rígidos 3, metálicos.

Los tubos 3 no tienen necesidad de presentar un comportamiento mecánico intrínseco; deben permitir al fluido caloportador 5 circular sin riesgo de fuga con un intercambio calorífico optimizado. En eso los tubos anillados de material plástico (policloruro de vinilo PVC, polietileno PE u otro) permiten aumentar a la vez la superficie de intercambio (aproximadamente un 20%) y sobre todo el coeficiente de intercambio superficial interno debido al régimen de circulación turbulento provocado por el perfil de los tubos anillados, y esquematizado en la Figura 4.

El hormigón 4 del recubrimiento de los tubos está compuesto por al menos un 50% en masa de carburo de silicio, una carga de agujas de un material conductor del calor y resistente mecánicamente, un ligante y un complemento de alúmina. El ligante está generalmente constituido por cemento.

El contenido en carburo de silicio puede alcanzar el 90% en masa. La carga de agujas es de preferencia de al menos un 2% en masa.

Las agujas de la carga son de preferencia metálicas, o de carbono. Las agujas metálicas están ventajosamente realizadas en acero al carbono o en aluminio.

El diámetro de las agujas es en general inferior a cinco décimas de milímetro para una extensión generalmente

inferior a 10 mm.

La conductividad térmica del hormigón según la invención se mejora considerablemente con relación a la de un hormigón clásico y, simultáneamente, la resistencia mecánica del hormigón, particularmente en superficie, se mejora muchísimo por la presencia de las agujas.

- 5 El hormigón conductor 4 según la invención presenta una excelente resistencia a la compresión y a la erosión, una buena conductividad y un aumento del coeficiente de intercambio superficial por el lado fluido y por el lado de las aguas residuales.

El intercambiador de calor en aguas residuales se realiza en la parte inferior de los conductos y se recubre por la circulación en superficie libre de aguas residuales según el esquema de la Figura 1.

- 10 El sistema de intercambio térmico está constituido por dos partes distintas:
- una capa de una mezcla conductora 4 de carburo de silicio, alúmina y agujas, particularmente agujas ferríticas, que tapizan el fondo de la canalización 1 y adoptan su forma,
 - una red de tubos 3, en particular de tubos anillados de materia plástica, aprisionados en esta capa de material conductor 4.

- 15 Las calorías contenidas en las aguas residuales 2 son así transferidas al fluido caloportador 5 que circula por los tubos 3, por el material conductor 4 y los tubos 3.

La utilización de tubos anillados 3 permite, no solamente aumentar la superficie de intercambio entre el material conductor 4 y los tubos 3, sino también una creación de turbulencias T (Fig. 4) en el fluido caloportador 5 que circula por los tubos 3, lo cual mejora las condiciones de intercambio sobre la pared interna de los tubos 3.

- 20 La combinación del hormigón conductor y de tubos 3 anillados, hundidos en el hormigón, permite obtener una buena conexión mecánica entre el hormigón y los tubos gracias a la sucesión de anillos de los tubos 3. Además, el intercambio térmico se favorece no solamente por las propiedades del hormigón, sino también por el efecto del tubo anillado que aumenta la superficie de intercambio y que crea un régimen de circulación turbulento para el fluido caloportador 5.

- 25 El intercambiador de calor E está dividido en partes, según la dirección de circulación de las aguas residuales, cuyo tamaño se ajustará de forma que el fluido caloportador 5 se recaliente aproximadamente 4°C, principalmente de 4°C a 8°C. Por cada parte de intercambiador, colectores (no representados) alimentan los tubos 3 con fluido caloportador frío. Después del paso por el intercambiador de calor E, el fluido caloportador recalentado es dirigido, por medio de otros colectores (no representados) hacia una bomba de calor. El fluido caloportador circula en circuito cerrado. El equilibrado hidráulico del conjunto se realiza ventajosamente gracias a un bucle de Tichelmann.

- 30 El hormigón conductor conforme a la invención puede ser realizado por proyección contra la pared interior de la canalización 1, lo cual reduce considerablemente el tiempo de asentamiento y la complejidad de la operación, con relación a una solución que utiliza un intercambiador de acero inoxidable.

- 35 La solución de la invención se adapta a cualquier geometría de canalización y puede ser realizada por equipos que tienen las capacidades necesarias para la utilización de un hormigón clásico.

Por la composición de las aguas residuales, las canalizaciones son sometidas a tensiones que producen un desgaste particularmente pronunciado de sus partes inferiores sumergidas.

- 40 Además de permitir la creación de una solución de intercambio de calor con aguas residuales, el nuevo material según la invención presenta la ventaja de permitir una reparación de una canalización 1a (Fig. 2) cuya parte inferior 6 está deteriorada. En lugar de la sustitución de un conducto usado, la colocación de un intercambiador de calor E según la invención, en la parte inferior de la canalización 1a, permite una reparación de este conducto gracias al hormigón conductor que tapizará el fondo de ésta.

La resistencia mecánica elevada de la mezcla protege el sistema de intercambio térmico de cualquier daño y permite la compatibilidad de éste con todos los métodos de limpieza de los colectores de aguas residuales.

- 45 Para la realización del intercambiador, los tubos 3 son previamente fijados, por cualquier medio apropiado, contra la superficie interna de la pared de la canalización 1. El hormigón de recubrimiento 4 es seguidamente colado, de preferencia proyectado, alrededor de los tubos 3 para endurecerse in situ.

Una película de protección 6, particularmente una hoja de materia plástica, puede estar prevista entre la superficie interior del conducto 1 y el intercambiador E integrado en este conducto.

Una redecilla intermedia 7, particularmente metálica o de fibras sintéticas, es desplegada ventajosamente por encima de los tubos 3, por toda la extensión de cada porción de intercambiador E, según la dirección de la circulación de las aguas residuales, con el fin de cubrir la totalidad de la capa de tubos 3. La redecilla 7 refuerza la resistencia mecánica. Este redecilla 7, cuando está realizada en un material conductor térmico, particularmente metálico, contribuye a mejorar la transferencia térmica.

Como se ha ilustrado según la variante de la Fig. 3, el recubrimiento de los tubos 3 puede ser realizado en varias capas de materiales con propiedades diferentes, a saber:

- una capa 8 de un material térmicamente aislante entre los tubos 3 y la pared del conducto 1, o entre los tubos 3 y la película 6 cuando está prevista dicha película;
- una capa de hormigón conductor 4 según la invención en contacto con los tubos, entre los tubos 3 y el efluente y,
- en superficie, una capa eventual 9 de material resistente a la erosión.

Hay que notar que el aumento de la resistencia mecánica del hormigón conductor permite reducir el espesor de la capa de hormigón entre los tubos 3 y las aguas residuales, lo cual es igualmente favorable a los intercambios térmicos, y se combina con la mejora de la conductividad térmica.

Con el fin de dimensionar las características físicas del intercambiador moldeado E en función de los parámetros de funcionamiento: Potencia calorífica, temperatura y caudal del fluido caloportador y de los efluentes, dimensiones de los conductos, perfil de través, superficie desarrollada, número de tubos y separación, velocidad de los fluidos, etc., una modelización térmica y meca-fluida se realizará para cada proyecto.

Después de la puesta en servicio, ensayos de rendimientos in situ permitirán afinar los parámetros de cálculo para optimizar las instalaciones siguientes.

La puesta en práctica del intercambiador es rápida, no necesita medios de manipulación importantes.

- El conducto 1 se vacía, se limpia con la lanza bajo alta presión (eventualmente con arena adicional), y una pintura de cohesión se pulveriza sobre la superficie que recibirá el intercambiador.
- Las capas de tubos 3 flexibles enrolladas en una bobina cilíndrica se introducen en el fondo del conducto y se fijan a nivel de soportes de separación de los tubos 3.
- Después de la colocación de las capas de tubos 3 una prueba con aire comprimido o con agua permite detectar fugas eventuales y proceder a una reparación rápida (manguito de empalme).
- La preparación del hormigón conductor: cemento + SiC + agua + adyuvante se realiza en el exterior del conducto (cubo o amasador según la cantidad).
- El cemento conductor preparado en forma pastosa (casi líquida) se vierte sobre los tubos (con la ayuda de una bomba de hormigón en superficie) luego se somete a vibración con el fin de llenar todas las cavidades intersticiales y los anillos de los tubos 3.
- Los colectores de unión en los tubos situados en los extremos del intercambiador moldeado pueden ser colocados antes o después del colado.
- Para acelerar el fraguado del cemento, un adyuvante puede incorporarse en el momento de la preparación.
- Con el fin de aumentar la dureza superficial es igualmente posible incorporar una resina endurecedora en la mezcla de la capa superficial.

Ejemplos comparativos

En comparación con un intercambiador de calor en aguas residuales constituido por módulos de acero inoxidable, la superficie de intercambio necesaria con un hormigón conductor según la invención es aproximadamente equivalente. Sin embargo, la dificultad de realización, y el tiempo de parada del colector para realizar el intercambiador son fuertemente reducidos.

Con relación a una solución que utiliza un hormigón clásico para recubrir los tubos, la solución que utiliza el hormigón conductor según la invención necesita una superficie de intercambio reducida en un factor del orden de cuatro.

En ensayos realizados con el hormigón conductor según la invención, al 90% en masa de carburo de silicio (SiC), han proporcionado una conductividad térmica de 72 W/m.°K. Para un hormigón clásico, la conductividad térmica es del orden de 1,4 W/m.°K. Para un intercambiador de acero inoxidable, la conductividad térmica es del orden de 16 W/m.°K. La mejora introducida por la solución de la invención es por consiguiente considerable.

La concepción de intercambiador moldeado de la invención responde a los principales criterios técnicos y económicos siguientes:

- Maximizar el intercambio calorífico entre el agua que circula por el conducto de aguas residuales y el fluido

- caloportador del circuito cerrado que está conectado con el evaporador de la bomba de calor.
 - Minimizar el coste de fabricación y de puesta en práctica del dispositivo.
 - Fiabilizar, el equipo, evitar todo riesgo de fuga y permitir una reparación rápida en caso de accidente localizado.
- 5 - Reducir el tiempo de intervención para el montaje in situ.

La elección para los tubos 3 puede realizarse con tubos flexibles anillados utilizados en aplicaciones térmicas para el calentamiento ambiente de invernaderos de cultivo de hortalizas. Tubos flexibles de piso calefactor podrían ser igualmente utilizados.

10 El excelente rendimiento del intercambiador moldeado se debe a la conductividad del material de recubrimiento y a la superficie de intercambio entre los tubos 3 caloportadores y el material que es superior al de una superficie plana ya que el flujo de calor transita por conductividad por toda la superficie de los tubos incluidos en su superficie inferior.

15 El comportamiento mecánico del material de recubrimiento de los tubos permite limitar su espesor y es posible realizar reparaciones de la superficie en las zonas que presentasen una erosión después de numerosos años de explotación.

La superficie del intercambiador moldeado en contacto con las aguas residuales tiene de preferencia un perfil en través curvilíneo de forma que la velocidad de circulación sea máxima cuando el caudal de agua es bajo.

20 El intercambio calorífico en la superficie no sumergida del intercambiador moldeado será significativo, pues el calor será recuperado del aire templado saturado que reina en el conducto de agua residual. El calor latente de condensación del aire aumenta la eficacia energética del intercambiador en periodo de poco caudal de agua residual.

La fiabilidad del intercambiador moldeado es del mismo orden que la de millones de m² de piso calefactor instalados en los sectores residencial, terciario e industrial.

25 El coste de fabricación de un intercambiador moldeado es muy inferior al de un intercambiador construido con módulo de acero inoxidable montado mecánicamente. El coste de realización in situ sería de aproximadamente la mitad y el tiempo de realización igualmente reducido.

El coste de mantenimiento será mínimo, pues los materiales son imputrescibles y la reparación de la superficie del intercambiador previsible después de numerosos años de explotación.

30 El impacto medio ambiental de construcción y de desinstalación es limitado, pues esta tecnología puede recurrir a materiales esencialmente reciclados: tubos, SiC triturado, etc.

La asociación de tubos flexibles anillados y de un material conductor a base de SiC permite realizar un intercambiador de calor a la vez que da rendimiento y es económico.

35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para extraer calor de un efluente (2) que circula por un conducto (1), particularmente un colector de aguas residuales, según el cual se instala, al menos en el fondo del conducto, un intercambiador de calor (E) que se baña en el efluente, estando el intercambiador de calor (E) formado por recubrimiento de tubos (3) con un hormigón lo suficientemente conductor del calor colado alrededor de los tubos destinados para la circulación de un fluido caloportador, realizándose el intercambio calorífico con el efluente del conducto a través del recubrimiento moldeado, caracterizado por que el hormigón del recubrimiento está compuesto por al menos un 50% en masa de carburo de silicio, una carga de agujas de un material conductor del calor y resistente mecánicamente, un ligante y el complemento de alúmina, en polvo metálico o en carbono.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la carga en agujas es superior al 2% en masa.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que las agujas de la carga son metálicas, en particular de acero al carbono o de aluminio, o son de carbono.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el diámetro de las agujas es inferior a cinco décimas de milímetro para una extensión generalmente inferior a 10 mm.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las agujas son agujas ferríticas.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que:
 - una capa (8) de material térmicamente aislante se coloca entre los tubos (3) y la pared del conducto (1),
 - una capa de hormigón conductor (4) se coloca en contacto con los tubos, entre los tubos y el efluente,
 - y, en superficie, una capa (9) de material resistente a la abrasión se coloca en contacto con el efluente.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una redcilla intermedia (7), metálica o de fibras sintéticas, se extiende por encima de los tubos (3), antes del colado del material de recubrimiento, por toda la extensión de una porción del intercambiador con el fin de reforzar la resistencia mecánica y/o mejorar la transferencia térmica.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los tubos (3) están anillados.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los tubos (3) son de materia plástica.
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los tubos (3) son flexibles.
11. Intercambiador para extraer calor a partir de un efluente que circula por un conducto, particularmente un colector de aguas residuales, instalado al menos en el fondo del conducto para bañarse en el efluente, estando el intercambiador constituido por tubos (3) sumergidos en un hormigón conductor del calor colado alrededor de los tubos destinados para la circulación de un fluido caloportador, realizándose el intercambio calorífico con el efluente del conducto a través del recubrimiento moldeado, caracterizado por que el hormigón (4) del recubrimiento está compuesto por al menos un 50% en masa de carburo de silicio, una carga de agujas de un material conductor del calor y resistente mecánicamente, un ligante y el complemento de alúmina, en polvo metálico o en carbono.
12. Intercambiador según la reivindicación 11, caracterizado por que los tubos (3) sumergidos en el hormigón son tubos anillados.
13. Intercambiador según la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que los tubos (3) anillados son de materia plástica.
14. Intercambiador según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado por que los tubos (3) son flexibles.
15. Utilización de un material para la realización de un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada por que está constituida por una mezcla compuesta por al menos un 50% en masa de carburo de silicio, una carga de agujas de un material conductor del calor y resistente mecánicamente, un ligante y el complemento de alúmina, en polvo metálico o en carbono.

16. Utilización de un material según la reivindicación 15, caracterizada por que la carga en agujas es de al menos un 2% en masa.

17. Utilización de un material según la reivindicación 15 o 16, caracterizada por que las agujas son metálicas, en particular de acero al carbono o de aluminio, o son de carbono.

FIG. 1

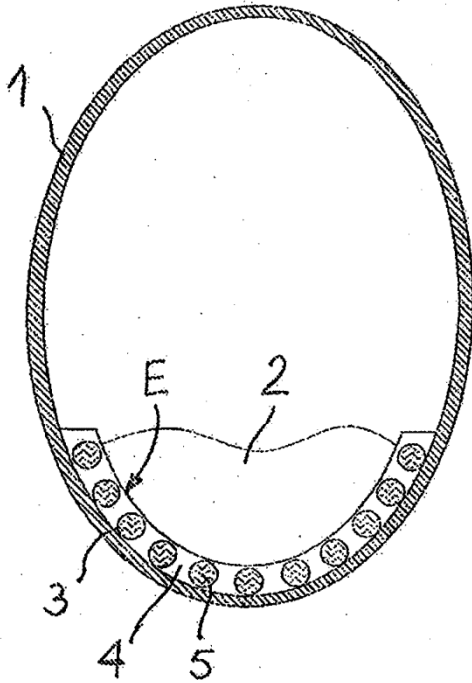


FIG. 2

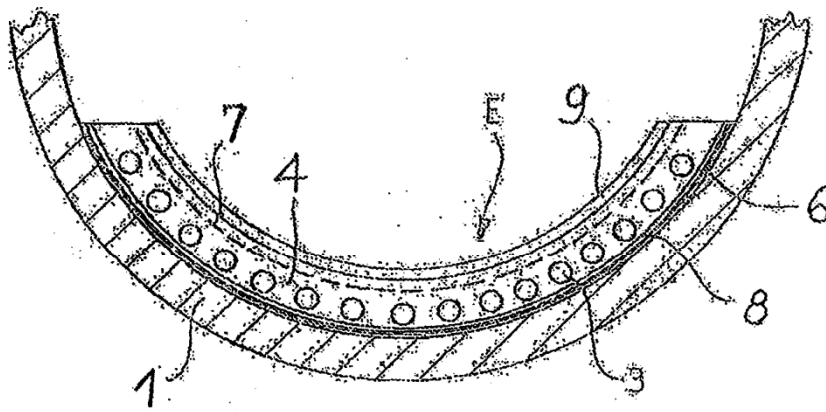
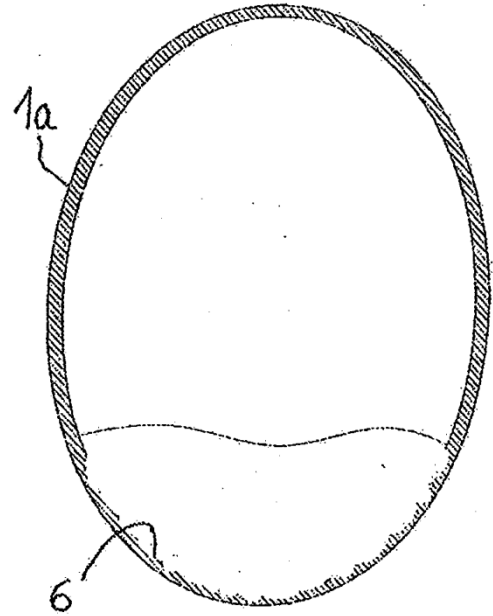


FIG. 3

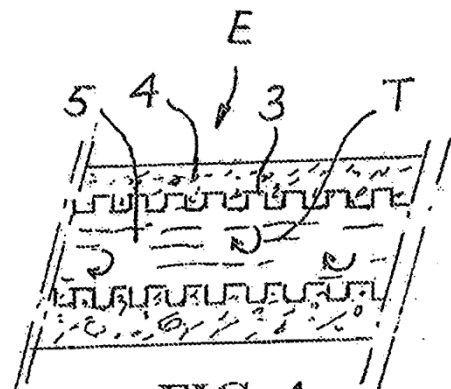


FIG. 4