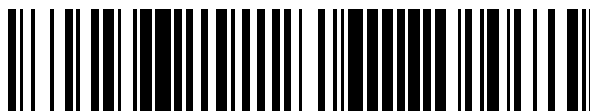


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 747**

51 Int. Cl.:

G21C 19/07 (2006.01)

G21C 19/40 (2006.01)

G21F 5/012 (2006.01)

G21F 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2008** **E 08841596 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2012** **EP 2201577**

54 Título: **Conjuntos de embalaje y estructura interna de soporte para el transporte y almacenaje de materiales radioactivos**

30 Prioridad:

19.10.2007 US 999788 P

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

24.04.2013

73 Titular/es:

AREVA FEDERAL SERVICES LLC (100.0%)
505 South 336th Street, Suite 400
Federal Way, WA 98003, US

72 Inventor/es:

TEMUS, CHARLES, JOSEPH;
ROSS, ALEC y
CRIDDLE, TOM

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 401 747 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

Conjuntos de embalaje y estructura interna de soporte para el transporte y almacenaje de materiales radiactivos

5 Referencia cruzada a la solicitud relacionada

Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de patente de EE.UU. nº 60/999.788, depositada el 19 de octubre de 2007.

10 Campo técnico

Las realizaciones de la presente divulgación se refieren en general a conjuntos de embalaje y a estructuras interna de soportes para el transporte y/o almacenamiento de materiales radiactivos y, más específicamente, a conjuntos de embalaje que tienen estructuras internas de soporte no metálicas.

15 Antecedentes

Las partes internas o cestos de los conjuntos de transporte radiactivo convencionales, han estado limitados generalmente a componentes metálicos, normalmente de acero (inoxidable o al carbono) o aluminio. Aunque estos componentes tienen un demostrado récord de supervivencia en accidentes, los componentes metálicos tienden a añadir un peso significativo a un embalaje de transporte y tienden a ser costosos de fabricar con poca a ninguna garantía de geometría repetible a efectos de intercambiabilidad de piezas.

Se han desarrollado materiales no metálicos con propiedades térmicas y estructurales superiores para su uso en las industrias de la automoción, aeroespacial y de defensa, en relación con componentes bajo capó a alta temperatura, componentes estructurales de aeronaves, y blindaje balístico, respectivamente. Con la aceptación de la aplicación de materiales no metálicos en estas industrias, su extensión en el campo de los embalajes de transporte radiactivo se ha convertido en un área de desarrollo potencial.

Con una selección apropiada de los compuestos, los materiales no metálicos que pueden sobrevivir tanto al impacto como a las altas temperaturas pueden cumplir los requisitos de un embalaje de transporte radiactivo. El beneficio añadido al uso de materiales no metálicos para componentes en grandes cantidades de producción consiste en que, después de la cualificación del utillaje, las piezas pueden ser fabricadas económicamente con geometría repetible. Tal geometría repetible permite la intercambiabilidad de las piezas para la estandarización del proceso y eficiencias de proceso mejoradas.

Los documentos US-3.466.445 y DE-19823020 divulgan conjuntos de embalaje de la técnica anterior.

Por lo tanto, existe una necesidad de un embalaje mejorado de transporte radiactivo que tenga partes internas o cestos realizados con materiales no metálicos que puedan sobrevivir tanto a las cargas de impacto como a su exposición a altas temperaturas.

Sumario

Este sumario se proporciona a efectos de introducir una selección de conceptos de una forma simplificada que están descritos adicionalmente a continuación de la Descripción Detallada.

La presente invención se refiere a un conjunto de embalaje para materiales radiactivos de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones están definidas en las reivindicaciones 2-4 dependientes.

50 Descripción de los dibujos

Los aspectos anteriores y muchas de las ventajas que se esperan de la presente invención, resultarán más fácilmente evidentes mediante referencia a la descripción detallada que sigue, cuando se toma junto con los dibujos que se acompañan, en los que.

la figura 1 es una vista en perspectiva, parcialmente en corte, de un conjunto de embalaje configurado de acuerdo con varios aspectos de la presente divulgación;

60 la figura 2 es una vista en despiece ordenado del conjunto de embalaje de la figura 1;

la figura 3 es una vista lateral en sección transversal del conjunto de embalaje de la figura 1; y

65 las figuras 4-7 son vistas parcialmente en despiece ordenado de diversos componentes del conjunto de embalaje de la figura 1.

Descripción detallada

Las realizaciones de la presente invención están dirigidas en general a conjuntos de embalaje para transportar y/o almacenar materiales radiactivos, en los que los conjuntos de embalaje incluyen en general estructuras internas de soporte no metálicas. Con referencia a las figuras 1-3, se muestra un conjunto de embalaje, indicado en general con 20, construido en conformidad con una realización de la presente descripción. El conjunto de embalaje 20 incluye en general un contenedor 22 exterior, que incluye una porción 24 de cubierta y una porción 26 de base y que define una cavidad 28 interna (véase la figura 3). El conjunto de embalaje 20 incluye además un contenedor 30 interior configurado para que pueda ser recibido en el interior de la cavidad 28 interna del contenedor 22 exterior. El contenedor 30 interior incluye una porción 32 de cubierta y una porción 34 de base y define una cavidad 36 interna (véase la figura 3).

El conjunto de embalaje 20 incluye además una estructura interna 40 de soporte configurada para que pueda ser recibida en el interior de la cavidad 36 interna del contenedor 30 interior. La estructura interna 40 de soporte está configurada de modo que conserva una geometría adecuada para blindar y mantener el control de criticidad de los materiales contenidos en el conjunto de embalaje 20. Según se describe con mayor detalle en lo que sigue, la estructura interna 40 de soporte está construida a partir de un material no metálico. En la realización ilustrada, la estructura interna 40 de soporte incluye una pluralidad de bandejas 50 de soporte (véase la figura 7). Sin embargo, se debe apreciar que otras estructuras internas 40 de soporte no metálicas, tal como pantallas internas, cestos, almohadillas de desgaste, amortiguadores de vibración, y otras estructuras de soporte de geometría adecuada para blindar y mantener el control de criticidad del contenido del conjunto de embalaje 20, caen también dentro del alcance de la presente divulgación.

Las bandejas 50 de soporte incluyen primeras y segundas porciones 52 y 54 (véase la figura 7), y tales primeras y segundas porciones 52 y 54 son apilables para formar una estructura interna 40 de soporte. Se debe apreciar que los componentes metálicos del conjunto de embalaje 20, por ejemplo, porciones de los contenedores 22 y 30 exterior e interior pueden estar contruidos a partir de acero, por ejemplo acero inoxidable de Tipo 304, teniendo soldaduras en ángulo de espesor completo.

Las realizaciones del conjunto 20 descritas en la presente memoria están diseñadas y configuradas para el almacenaje y/o el transporte de materiales radiactivos, incluyendo aunque sin limitación bloques de uranio y paquetes de varillas de combustible, tal como por ejemplo paquetes de combustible de baja reactividad en vacío (LVRF), según se describe en la solicitud Internacional Publicada núm. WO 97/41565, depositada el 23 de Abril de 1997, cuya descripción se incorpora aquí expresamente por referencia. En la realización ilustrada, el conjunto 20 incluye paquetes de combustible B (véase la figura 7).

El material radiactivo puede ser óxido de uranio enriquecido, por ejemplo, en el caso de LVRF, hasta un máximo de un 1,33% y puede incluir óxido de disprosio, que actúa como un veneno consumible. Por consiguiente, las realizaciones del conjunto 20 están diseñadas minimalmente para proteger el personal de transporte, otras personas y el medio ambiente frente al material potencialmente peligroso como resultado de un fuego, una inmersión, un impacto o daños en el conjunto 20. Los parámetros de diseño minimal incluyen confinamiento del material radiactivo sin liberación al ambiente cuando se somete a pruebas estándar de deformación, caída, perforación, fuego hipotético e inmersión en agua, según se requiere para la certificación del conjunto.

A pesar de estos parámetros para certificación de diseño, se debe apreciar que las realizaciones del conjunto 20 que se describen en la presente memoria pueden ser usadas también para almacenar y/o transportar otros materiales radiactivos o no radiactivos, tal como conjuntos de combustible fisible para reactores nucleares de investigación, reactores de agua a presión, reactores de agua hirviendo, reactores de lecho de gravilla, y otros reactores. Los materiales pueden incluir paquetes de combustible, pastillas de combustible, y/o contenedores de materiales radiactivos, tal como frascos, botes, u otros contenedores.

Además, las realizaciones del conjunto 20 de la presente divulgación están dimensionadas y configuradas en general de modo que son transportables, por ejemplo, para ser transportadas con medios de transporte adecuados, tal como elevadores de horquilla, camiones y vagonetas. Sin embargo, se debe apreciar que los conjuntos no transportables o estacionarios, por ejemplo cuando se utilizan en aplicaciones de almacenaje y/o aplicaciones mixtas de almacenaje y transporte, caen también dentro del alcance de la presente divulgación. Además, los contenedores 22 y 30 exterior e interior están diseñados en general para ser manejados y abiertos fácilmente a efectos de permitir inspecciones periódicas del contenido, según se aprecia en el ejemplo de desensamblaje del conjunto de embalaje 20 mediante la secuencia de las figuras 4-7.

Debido a los requisitos de manipulación en planta, los diversos componentes del conjunto 20 pueden estar diseñados de modo que sean intercambiables. Puesto que los contenedores 30 interiores son transportados en general con los contenedores 22 exteriores, pero no se almacenan con los contenedores 22 exteriores, se requiere que los contenedores 30 interiores sean intercambiables con cualquier contenedor 22 exterior que se utilice para el transporte. De igual modo, las estructuras internas 40 de soporte pueden ser cambiadas de un contenedor 30 interior a otro durante la carga y durante el procesamiento, pudiendo las estructuras internas 40 de soporte ser

también intercambiables con los contenedores 30 interiores. Tal intercambiabilidad requiere una fabricación de precisión de los componentes individuales.

Aunque las realizaciones del conjunto 20 descritas en la presente memoria incluyen por lo general un contenedor 22 exterior, un contenedor 30 interior, y una estructura interna 40 de soporte, se debe apreciar que las realizaciones de la presente divulgación están también dirigidas a elementos concretos del conjunto 20, por ejemplo, una estructura interna 40 de soporte discreta o a bandejas 50 de soporte discretas, es decir, sin que incluyan un contenedor 30 interior o un contenedor 22 exterior. Se debe apreciar además que las realizaciones de la presente divulgación pueden ser dirigidas también a otras combinaciones de componentes, por ejemplo, una estructura interna 40 de soporte que pueda ser alojada en el interior de un contenedor 30 interior, es decir, sin que incluya un contenedor 22 exterior.

Los componentes individuales del conjunto de embalaje 20 van a ser descritos ahora con mayor detalle, empezando por el contenedor 22 exterior o conjunto de sobreembalaje. Con referencia a las figuras 1-3, el contenedor 22 exterior es el contenedor más externo del conjunto 20, y como tal, está diseñado para proporcionar una protección adecuada a su contenido. A este respecto, el contenedor 22 exterior está diseñado en particular para resistir condiciones de accidente sin daños minimales en el contenedor 22 exterior o en cualquier contenido alojado en el interior del mismo. Tales condiciones de accidente incluyen las caídas libres en condiciones normales de transporte (NCT) de 1,2 metros (4 pies) (por ejemplo, caídas por el lado plano, caída CG sobre la esquina superior, y CG sobre el borde corto inferior), caídas libres en condiciones de accidente de transporte (ACT) de 9 metros (30 pies)), y pruebas de caída con perforación (por ejemplo, al caer el conjunto de embalaje sobre una barra de acero de 15,2 cm (6 pulgadas) de diámetro desde una altura de 1 metro (40 pulgadas)).

En la realización ilustrada, el contenedor 22 exterior consiste en una caja rectangular de lados planos que incluye una porción 24 de tapa y una porción 26 de base, y que define una cavidad 28 interna. En un ejemplo no limitativo, la caja rectangular de lados planos puede tener una longitud de alrededor de 1,3 m (52 pulgadas), una anchura de alrededor de 1,05 m (41,6 pulgadas), y una altura de 80,3 cm (31,6 pulgadas). Se debe apreciar, sin embargo, que otras formas y tamaños de contenedores exteriores caen también dentro del alcance de la presente divulgación, siempre que se complementen con los demás componentes del conjunto 20.

La porción 26 de base del contenedor 22 exterior está hecha de un material de soporte adecuado tal como una placa de acero de 6,3 mm (1/4 pulgada) de espesor, y está soportada por acero laminado conformado que crea una estructura elevada sobre la porción 26 de base, la cual ha sido diseñada de modo que sea compatible con las horquillas de una carretilla elevadora. Según se aprecia en la figura 2, el lado superior de la porción 26 de base puede incluir pernos 56 de posicionamiento que pueden ser recibidos en el interior de orificios posicionadores (no representados) del lado inferior de la porción 34 de base del contenedor 30 interior para posicionar el contenedor 30 interior dentro del contenedor 22 exterior.

Haciendo referencia a la figura 3, la porción 24 de tapa del contenedor 22 exterior está hecha con preferencia según una construcción en sándwich que incluye una capa 60 externa, tal como una lámina de acero externa, una capa 62 interna, tal como una lámina de acero interna, y una capa 64 de amortiguamiento situada entre las capas interna y externa. La capa 64 de amortiguamiento puede consistir en cualquier material amortiguador de golpes, de compresión o antichoque, incluyendo aunque sin limitación espuma de poliuretano de 0,16 g/cm³ (10 lb/pie³). Según un ejemplo no limitativo de construcción sándwich de la porción 24 de tapa adecuada, la porción 24 de tapa incluye una lámina de acero 60 externa de 3,3 mm (0,13 pulgadas) de espesor, una lámina de acero 62 interna de 2,0 mm (0,08 pulgadas) de espesor, y una capa 64 de amortiguamiento de 5,8 cm (2,3 pulgadas) de espesor que incluye espuma de poliuretano nominalmente de 0,16 g/cm³ entre las capas 60 y 62 externa e interna. La capa 64 de amortiguamiento está con preferencia sellada entre las capas 60 y 62 interna y externa a efectos de impedir la entrada de humedad.

Los bordes y las esquinas del contenedor 22 exterior están preferentemente reforzados para mejorar la integridad del contenedor 22 exterior. Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, los cuatro bordes 66 verticales y las esquinas 68 superiores pueden estar reforzados con dobles láminas, por ejemplo de lámina exterior de acero de 3,3 mm (0,12 pulgadas) de espesor, para su refuerzo. Además, las esquinas 68 superiores pueden estar formadas de modo que crean bolsas de elevación 70 a los efectos de elevar la porción 24 de tapa desde la porción 26 de base. La abertura externa de cada bolsa 70 puede incluir una ranura que está diseñada para emparejarse con un accesorio extremo para cable y preformado. Además, cada bolsa 70 puede incluir un orificio 72 de drenaje para permitir que el agua pueda drenar hacia fuera. Aunque las bolsas de elevación 70 han sido mostradas en la realización representada en cada una de las cuatro esquinas 68 superiores del contenedor 22 exterior, se puede apreciar que las bolsas pueden estar situadas adecuadamente en cualquier posición de la porción 24 de tapa.

La fijación de la porción 24 de tapa a la porción 26 de base puede conseguirse mediante cualquier método de fijación adecuado. En la realización ilustrada, la porción 24 de tapa está sujeta a la porción 26 de base por medio de un sistema de fijación de tubo y varilla. Con referencia a las figuras 2 y 3, la porción 24 de tapa incluye una pluralidad de tubos 82 en el extremo inferior del bastidor de la porción 24 de tapa. Adicionalmente, la porción 26 de base incluye una pluralidad de tubos 84 alternos que se emparejan con los tubos de la porción 24 de tapa. Según un

ejemplo no limitativo, la tubuladura puede tener un diámetro externo de 1 pulgada mediante tubos de acero con un espesor de pared de 3,0 mm (0,12 pulgadas). En la realización ilustrada, tres tubos 82 se han fijado a la porción 24 de tapa y dos tubos 84 alternados se han sujetado a la porción 26 de base. Sin embargo, podrá apreciarse que otras configuraciones de tubos están también dentro del alcance de la presente divulgación.

Una o más varillas 86 de retención pueden ser insertadas (o "cosidas") en los tubos 82 y 84 alternos para asegurar la porción 24 de tapa a la porción 26 de base a través de los tubos 82 y 84. Las varillas 86 pueden ser ahusadas por un extremo y son aproximadamente de la misma longitud que el lado del contenedor 22 exterior al que están conectadas. Cada varilla 86 puede tener un mango 88 corto en un extremo, que puede ser usado para deslizar la varilla 86 hacia su lugar, así como también puede ser usado para fijar una varilla 86 completamente insertada. A este respecto, una vez que la varilla 86 ha sido insertada, el mango 88 puede ser girado hacia una posición de fijación adyacente a la porción 26 de base del contenedor 22 exterior (véase la figura 3). La varilla 86 puede ser fijada entonces en su lugar por medio de un perno 90 retenedor, tal como un perno de enganche, o cualquier otro dispositivo de fijación adecuado, asegurando que las varillas 86 de retención se mantengan en su lugar y que la porción 24 de tapa del contenedor 22 externo se mantiene sujeta a la porción 26 de base. El tubo y el sistema de fijación por varilla proporcionan una unión fuerte aunque compatible, que está capacitada para soportar daños locales sin pérdida de integridad.

Cuando están ensambladas, cualquier espacio de separación entre la porción 24 de tapa y la porción 26 de base puede ser cerrado mediante un cierre hermético a la humedad (no representado), por ejemplo, un material trenzado de manguito cerámico, que puede ser sujetado a la porción 26 de base del contenedor 22 exterior mediante adhesivo u otro método de sujeción adecuado.

La porción 24 de tapa para el contenedor 22 exterior puede incluir además un mecanismo de ventilación para liberar los gases generados en el conjunto 20, por ejemplo, en caso de fuego. En una realización adecuada, el mecanismo de ventilación consiste en uno o más tapones 48 consumibles por el fuego situados en un orificio 26 de ventilación en la superficie externa de la porción 24 de tapa del contenedor 22 exterior (véanse las figuras 2 y 4).

Con referencia a las figuras 2-4, se va a describir ahora el contenedor 30 interior o conjunto de carga, con mayor detalle. El contenedor 30 interior está diseñado para proteger y confinar material radiactivo, por ejemplo, paquetes de combustible, u otros contenidos que estén encerrados durante el transporte (junto con el contenedor 22 exterior) y durante el almacenaje (típicamente sin el contenedor 22 exterior). Durante el transporte, el contenedor 22 exterior proporciona en general protección contra la caída y la manipulación normal, y el contenedor 30 interior proporciona protección contra el fuego. Puesto que existe un pequeño riesgo de accidente por caída o manipulación durante el almacenaje, el contenedor 30 interior puede ser usado para almacenar material radiactivo sin ningún contenedor 22 exterior.

En la realización ilustrada, el contenedor 30 interior es en general una caja rectangular con lados planos que incluye una porción 32 de tapa y una porción 34 de base, y que define una cavidad 36 interna. Según se aprecia en las figuras 2-4, el contenedor 30 interior está diseñado para ser recibido por, y acoplado con, la cavidad 28 interna del contenedor 22 exterior. En el ejemplo no limitativo, la caja rectangular de lados planos puede tener una longitud de alrededor de 1,2 m (48,1 pulgadas), una anchura de alrededor de 1,0 m (37,7 pulgadas) y una altura de alrededor de 58,0 cm (22,7 pulgadas). Se debe apreciar, sin embargo, que otras formas y tamaños de contenedores interiores caen dentro del alcance de la presente divulgación, siempre que se emparejen con los demás componentes del conjunto 20.

Según se aprecia en la figura 3, las paredes de la porción 32 de tapa del contenedor 30 interior están construidas con preferencia según una construcción en sándwich que incluye una capa 92 externa, tal como una lámina de acero externa, una capa 94 interna, tal como una lámina de acero interna, y una capa 96 refractaria de aislamiento térmico entre las capas 92 y 94 externa e interna. La capa 96 de aislamiento puede ser de cualquier material aislante adecuado, incluyendo, aunque sin limitación un aislamiento cerámico, por ejemplo, aislamiento de alúmina y sílice, tal como el compuesto fabricado por UNIFRAX bajo la marca FIBERFRAX® DURABOARD TYPE LTD. Como ejemplo no limitativo de construcción sándwich de una porción 32 de tapa adecuada, la porción 32 de tapa incluye una lámina 92 externa de acero de un espesor de 3,3 mm (0,13 pulgadas), una lámina 94 interna de acero de un espesor de 2,0 mm (0,08 pulgadas), y una capa 96 de aislamiento de un espesor de 2,5 cm (1 pulgada) entre las capas 92 y 94 externa e interna. La capa 96 de aislamiento está hermetizada con preferencia entre las capas 92 y 94 interna y externa para impedir la entrada de humedad. En una realización, todos los lados del contenedor 30 interior (incluyendo las paredes laterales y la pared superior de la porción 32 de tapa) incluyen un aislamiento térmico refractario.

La porción 32 de tapa puede incluir una pared 98 central acoplada al interior de la porción 32 de tapa. La pared 98 central puede ser usada para dividir la cavidad 36 interna del contenedor 30 interior en dos porciones. Como ejemplo no limitativo, la pared 98 central puede tener un espesor de su sección transversal de 3,8 cm (1,5 pulgadas) construida con dos láminas de acero de 2,0 mm (0,08 pulgadas) separadas por refuerzos en forma de U. Los bordes inferiores de la pared 98 central pueden estar además reforzados, por ejemplo, mediante un tubo de acero con un espesor de pared de 3,0 mm (0,12 pulgadas) de 2,5 cm (1 pulgada) de diámetro.

La porción 32 de tapa puede incluir además bolsas de elevación 74 a los efectos de elevación de la porción 32 de tapa desde la porción 34 de base del contenedor 30 interior (véase la figura 4). Al igual que las bolsas de elevación 70 del contenedor 22 exterior, la abertura externa de cada bolsa 74 puede incluir una ranura que está diseñada para emparejarse con un accesorio extremo para cable y preformado. Cada bolsa 74 puede incluir también un orificio 76 de drenaje para permitir que el agua drene hacia fuera. En la realización ilustrada, las bolsas 74 están situadas en la mitad de cada borde superior longitudinal de la porción 32 de tapa; sin embargo, se debe apreciar que las bolsas pueden estar situadas adecuadamente en cualquier posición de la porción 32 de tapa.

Al igual que la porción 2 de tapa para el contenedor 22 exterior, la porción 32 de tapa para el contenedor 30 interior puede incluir además un mecanismo de ventilación para la liberación de cualquier gas que se genere en el contenedor 30 interior, por ejemplo en caso de fuego. En una realización adecuada, el mecanismo de ventilación consiste en uno o más tapones 100 consumibles por el fuego situados en orificios 102 de ventilación de la superficie externa de la porción 32 de tapa del contenedor 30 interior (véanse las figuras 3 y 4).

La porción 34 de base del contenedor 34 interior está hecha de un material de soporte adecuado, tal como una placa de acero de un espesor de 6,3 mm (1/4 de pulgada), y está soportada por el acero laminado conformado que crea una estructura elevada sobre la porción 34 de base. Al igual que la porción 26 de base del contenedor 22 exterior, la porción 34 de base del contenedor 30 interior está diseñada de modo que sea compatible con las horquillas de una carretilla elevadora. En una realización, al menos una porción de la porción 34 de base (por ejemplo, la región central de la porción 34 de base) puede estar cubierta con una capa de un material cerámico aislante, tal como una capa de 2,5 cm (1 pulgada) de espesor de placa cerámica aislante, encerrada por dentro de una pared de acero, tal como una lámina de acero de 3,3 mm (0,13 pulgadas) de espesor, que se fija adecuadamente, por ejemplo, mediante soldadura a la porción 34 de base.

La fijación de la porción 32 de tapa a la porción 34 de base puede ser lograda mediante cualquier método de fijación adecuado. En la realización ilustrada, la porción 32 de tapa está sujeta a la porción 34 de base mediante un sistema de fijación por tubo y varilla, similar al sistema de fijación por tubo y varilla para el contenedor 22 exterior descrito con anterioridad. A este respecto, la porción 32 de tapa incluye una pluralidad de tubos 104 en el extremo inferior del bastidor de la porción 32 de tapa. Adicionalmente, la porción 34 de base incluye una pluralidad de tubos 106 alternos que se emparejan con los tubos 104 de la porción 32 de tapa. Como ejemplo no limitativo, la tubuladura puede consistir en tubos de acero con un espesor de pared de 3,0 mm (0,12 pulgadas) y 2,5 cm (1 pulgada) de diámetro externo. Una o más varillas 108 pueden ser insertadas (o "cosidas") en los tubos 104 y 106 para fijar la porción 32 de tapa a la porción 34 de base mediante los tubos 104 y 106. En la realización ilustrada, las varillas 108 son aseguradas mediante un sistema de fijación de mango 110 y perno 112 retenedor.

Cuando están ensambladas, cualquier espacio de separación entre la porción 32 de tapa y la porción 34 de base puede ser cerrado mediante un cierre hermético al polvo (no representado), por ejemplo de material trenzado de manguito cerámico, que puede ser fijado a la porción 34 de base del contenedor 30 interior mediante adhesivo u otro método de sujeción adecuado.

Con referencia a las figuras 6 y 7, la estructura interna 40 de soporte va a ser descrita ahora con mayor detalle. La estructura interna 40 de soporte está configurada para mantener el material radiactivo en una configuración subcrítica, e incluye una pluralidad de bandejas 50 de soporte discretas. En una realización, las una o más bandejas 50 de soporte discretas son apilables unas sobre otras (véase la figura 7).

Con referencia a la figura 7, las bandejas 50 de soporte de la realización ilustrada incluyen primeras y segundas porciones 52 y 54, en las que las primeras y las segundas porciones 52 y 54 son, respetivamente, porciones superiores e inferiores. En la realización ilustrada, las primeras y segundas porciones 52 y 54 incluyen ranuras 114 y 116 que cuando se acoplan entre sí, forman cavidades 118 cilíndricas sustancialmente horizontales. Las cavidades 118 cilíndricas sustancialmente horizontales están diseñadas para contener y proteger una pluralidad de paquetes B de combustible. Como ejemplo no limitativo, la primera porción 52 de una bandeja 50 de soporte es de alrededor de 9,9 cm (3,9 pulgadas) de alta y la segunda porción 54 de una bandeja 50 de soporte es de alrededor de 3,6 cm (1,4 pulgadas) de alta. Sin embargo, se puede apreciar que las formas y las dimensiones externas de las bandejas 50 de soporte están dentro del alcance la presente divulgación, siempre que se emparejen con los demás componentes del conjunto 20.

Se pueden usar dispositivos de posicionamiento para posicionar las primeras y las segundas porciones 52 y 54 de bandejas 50 de soporte individuales, bandejas 50 de soporte adyacentes, bandejas 50 de soporte apiladas, así como posicionar las bandejas 50 de soporte en el contenedor 30 interior. En la realización ilustrada, el lado superior de la porción 34 de base incluye una pluralidad de pernos 120 de posicionamiento que pueden ser recibidos en el interior de orificios 122 posicionadores dispuestos en el lado inferior de la segunda porción 54 de una bandeja 50 de soporte para posicionar la bandeja 50 de soporte dentro del contenedor 30 interior (véase la figura 6). Adicionalmente, según se ve en la figura 7, el apilamiento de bandejas 50 de soporte incluye pernos 124 posicionadores y orificios 126 posicionadores en las primeras y segundas porciones 52 y 54 respectivas de bandejas 50 de soporte individuales, unas sobre la parte superior de otras. En la realización ilustrada, los pernos 124

posicionadores y los orificios 162 posicionadores están situados en primeras y segundas porciones 52 y 54 respectivas en las crestas entre ranuras 114 y 116 respectivas que forman las cavidades 118 cilíndricas horizontales. Además, las bandejas 50 de soporte adyacentes pueden incluir pernos 128 posicionadores y orificios 122 posicionadores (véase la figura 6) entre las segundas porciones 54 y las primeras porciones 52 de apilamiento adyacentes.

Con referencia a las figuras 5-7, se han mostrado tres bandejas 50 de soporte de un apilamiento, estando cada bandeja 50 de soporte configurada para mantener seis paquetes B de combustible, de tal modo que un apilamiento de tres mantiene dieciocho paquetes B de combustible (véase la figura 7). Los dos apilamientos soportados por el conjunto 20 mantienen un total de treinta y seis paquetes B de combustible (véanse las figuras 5 y 6). Sin embargo, se debe apreciar que otras configuraciones para mantener cualquier número de paquetes de combustible caen también dentro del alcance de la presente divulgación. Se debe apreciar, además, que las bandejas de soporte pueden incluir topes adecuados para mantener los contenidos en su lugar. Como ejemplo no limitativo, las bandejas de soporte de la realización ilustrada incluyen topes 130 extremos para sujetar los paquetes B de combustible frente a su deslizamiento en el interior de las bandejas 50 de soporte o hacia fuera de los lados de las bandejas 50 de soporte si las bandejas 50 de soporte están inclinadas con un ángulo.

Aunque se han mostrado formando cavidades 118 cilíndricas sustancialmente horizontales, se debe apreciar que las primeras y las segundas porciones 52 y 54 pueden estar configuradas con otras formas para contener de manera óptima paquetes de combustible, pastillas de combustible, otros materiales radiactivos, y/o contenedores de materiales radiactivos, u otros materiales. La estructura interna 40 de soporte está diseñada adecuadamente para proteger el contenido que la misma transporte, mientras que permite el fácil acceso a los contenidos con vistas a una verificación e inspección reglamentaria. La estructura interna 40 de soporte debe ser también compatible con sondas, tal como sondas de detección de radiación, usadas por inspectores, por ejemplo, que permitan el acceso y minimicen la interferencia con la sonda.

Según se ha mencionado en lo que antecede, la estructura interna 40 de soporte está fabricada a base de materiales no metálicos. La estructura interna 40 de soporte está fabricada con preferencia a partir de un material que tiene un comportamiento de resistencia a la rotura por fragilidad a altas relaciones de deformación (condiciones de accidente de transporte, tal como caídas libres desde 9 metros (30 pies)), y una capacidad para aguantar temperaturas asociadas al fuego regulatorio y fuego añadido de zona de almacenaje (tal como un fuego de área de almacenaje de 30 minutos, a 550 °C). La estructura interna 40 de soporte tiene una resistencia al calor de hasta aproximadamente 260 °C (500 °F).

En una realización adecuada, la estructura 100 interna de soporte puede tener una resistencia a la tracción mínima de $14 \cdot 10^5 \text{ kg/m}^2$ (22 ksi). En otra realización adecuada, la estructura interna 40 de soporte puede tener un impacto Izod (con muescas) mínimo de 12,5 J/cm (23 pies-lb/pulgada). La resistencia a la tracción y al impacto de las bandejas de soporte está relacionada directamente con el diseño de la estructura interna 40 de soporte, y las especificaciones dependen de configuraciones específicas de diseño y de requisitos de carga útil.

La estructura interna 40 de soporte está fabricada a partir de un material compuesto, tal como un compuesto de moldeo de polímero de peso ligero. El polímero está reforzado con fibras que incluyen las fibras Kevlar, de grafito, de acero inoxidable, fibras de vidrio, y combinaciones de las mismas. En una realización, se modelaron bandejas de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con una densidad de $1,84 \text{ g/cm}^3$ (la densidad nominal es de $1,92 \text{ g/cm}^3$). En otra realización, una densidad adecuada para las bandejas de polímero reforzado con fibra de vidrio está comprendida en la gama de alrededor de $0,6 \text{ g/cm}^3$ a alrededor de $2,8 \text{ g/cm}^3$.

Los compuestos de moldeo adecuados incluyen los termoestables reforzados. Los termoestables adecuados incluyen el poliéster y el viniléster.

El material puede ser proporcionado en forma de lámina pre-curada, que se moldea a continuación en componentes de bandeja mediante la aplicación de presión y calor. En otra realización, el material compuesto con el que se realizan los conjuntos de bandeja de soporte incluye un compuesto supresor o retardador de llama, tal como zinc, antimonio, bromo, tri-hidrato de aluminio, o cualquier otro retardador o supresor de llama específico.

Como ejemplo no limitativo, las bandejas 50 de soporte pueden ser moldeadas a partir de una resina de poliéster reforzada que tiene un espesor de aproximadamente 4,8 mm (3/16 pulgada). Además según otro ejemplo no limitativo, las bandejas 50 de soporte pueden incluir un tabique de refuerzo por el lado trasero de cada porción de bandeja que tenga un espesor de aproximadamente 4,8 mm (3/16 pulgada) para impartir una resistencia y una rigidez adicionales a las bandejas 50 de soporte. Según otro ejemplo no limitativo más, las bandejas 50 de soporte pueden estar forradas con una espuma de amortiguamiento (no representada), tal como una espuma de poliuretano elástica, para proporcionar una interfaz blanda para el material radiactivo que ayude a sujetar el material radiactivo en las bandejas 50 de soporte. Tal espuma puede estar fijada a las bandejas 50 de soporte con adhesivo.

Métodos adecuados de fabricación de estructuras interna de soportes de polímero termoestable pueden incluir uno o más de los siguientes métodos: (1) bandeja húmeda tradicional; (2) moldeo por transferencia de resina (RTM); (3)

RTM iluminado; (4) compuesto de moldeo en volumen (BMC) o compuesto de moldeo en lámina (SMC); y (5) pre-impregnación epoxi.

La estructura interna 40 de soporte puede incluir opcionalmente protectores de desgaste y/o amortiguadores de vibración para proteger la estructura interna 40 de transporte frente al desgaste. Puesto que la estructura interna 40 de soporte es una estructura no metálica, si no está protegida puede tender a desgastarse en cualquier entrecara entre la estructura interna 40 de soporte y el contenedor 30 interior. Tal desgaste puede producir un polvo indeseado en el conjunto 20 de embalaje o puede afectar a la integridad del conjunto de embalaje 20.

Según se aprecia en la figura 7, las bandejas 50 de soporte de la realización ilustrada pueden incluir forros protectores o protectores contra el desgaste en las zonas de entrecara entre las primeras y las segundas porciones 52 y 54 de las bandejas 50 de soporte. Como ejemplos no limitativos, los pernos 124 posicionadores de interconexión y/o los orificios 126 posicionadores de las respectivas primeras y segundas porciones 52 y 54 de las bandejas 50 de soporte pueden incluir forros protectores o protectores del desgaste. Adicionalmente, los pernos 128 posicionadores de interconexión y los orificios 122 posicionadores (véase la figura 6) entre segundas porciones 54 y primeras porciones 52 de apilamiento adyacentes pueden incluir forros protectores. Además, otras regiones de interconexión de las bandejas 50 de soporte, tal como los nervios 134 creados durante el moldeo de las bandejas de soporte de polímero, pueden incluir forros protectores o protectores contra el desgaste. Los protectores adecuados contra el desgaste pueden estar fabricados a partir de polietileno o de otros compuestos resistentes al desgaste.

Haciendo referencia a la figura 3, la estructura interna 40 de soporte puede incluir además uno o más mecanismos 136 de precarga para amortiguamiento vibratorio, para evitar mejor el desgaste en la estructura interna 40 de soporte. En la realización ilustrada, los mecanismos de precarga han sido mostrados como estructuras de compresión, tal como espuma de compresión, situados en las esquinas superiores del contenedor 30 interior. Sin embargo, se debe apreciar que los mecanismos de precarga adecuados pueden estar situados en cualquier posición circundante de la estructura interna 40 de soporte. Como ejemplo no limitativo, el mecanismo 136 de precarga puede estar realizado integralmente con la porción 32 de tapa del contenedor 30 interior. Según otro ejemplo no limitativo, el mecanismo 136 de precarga puede estar fabricado integralmente con la porción 34 de base del contenedor 30 interior. Se debe apreciar además que otros tipos de mecanismos de precarga caen dentro del alcance de la presente divulgación, incluyendo aunque sin limitación los resortes, miembros de empuje, y otras estructuras de compresión.

Ejemplo: Composición del material de bandeja

En un ejemplo comparativo, una bandeja de soporte termoestable de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio de peso ligero, modelada con una densidad de $1,84 \text{ g/cm}^3$ (la densidad nominal es de $1,92 \text{ g/cm}^3$), incluía la siguiente composición:

Componente	% en peso	% en peso asumido
C	25	25
O	38	38
H	2	2
Br	2	2
Sb	1	1
Ca	8	8
N	1	1
Si	18	23
Otro	5	0

Aunque la materia objeto ha sido descrita en lenguaje específico en cuanto a características y/o actos metodológicos, se debe entender que la materia objeto definida en las reivindicaciones anexas no se limita necesariamente a las características o actos específicos descritos en lo que antecede. Por el contrario, las características y actos específicos descritos con anterioridad se divulgan como formas ejemplares de implementación de las reivindicaciones. Aunque se han mostrado y descrito realizaciones ilustrativas, se podrá apreciar que se pueden introducir en las mismas diversos cambios sin apartarse del alcance de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1.- Un conjunto de embalaje (20) para material radiactivo, que comprende:

5 (a) un contenedor (22), y

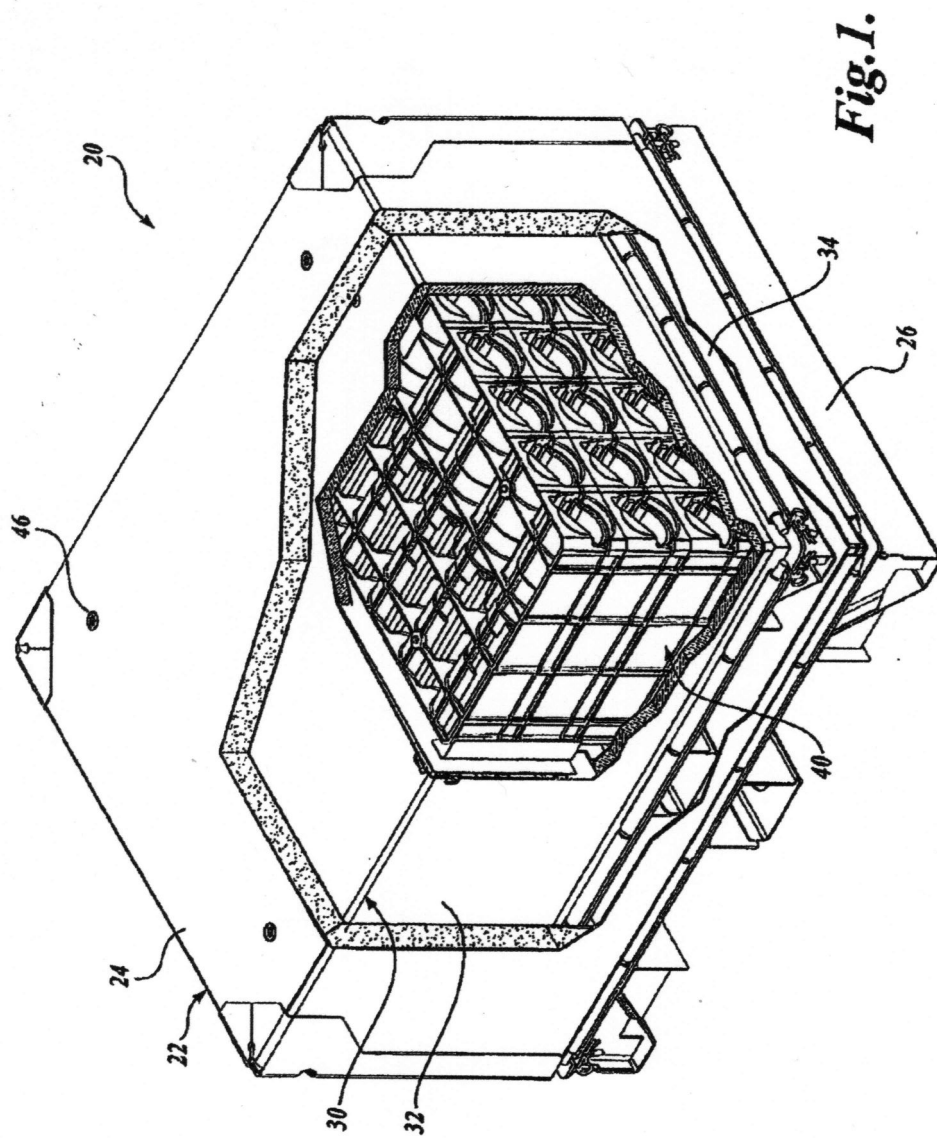
(b) una estructura (40) interna de soporte dispuesta en el interior del contenedor,

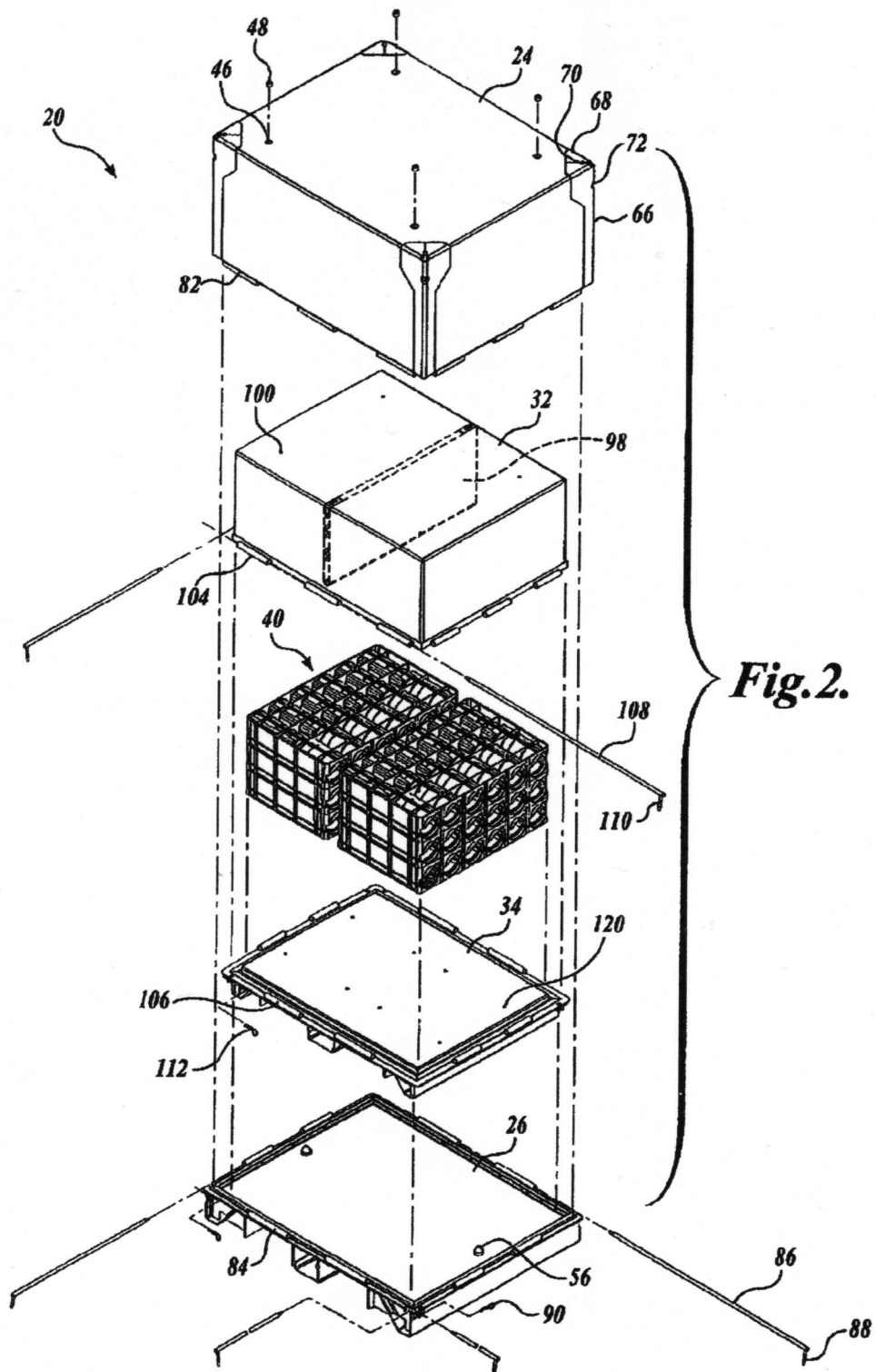
10 incluyendo la estructura (40) interna de soporte al menos una bandeja (50) de soporte, estando la estructura interna de soporte realizada a partir de materiales no metálicos, en el que la al menos una bandeja (50) de soporte posee porciones (52, 54) inferiores y superiores, en el que las porciones (52, 54) superiores e inferiores se acoplan entre sí y forman cavidades (118) diseñadas para contener y proteger el material radiactivo, en el que el embalaje está diseñado para mantener el material radiactivo en una configuración sub-crítica, caracterizado porque la bandeja de soporte está hecha de termoestables de poliéster viniléster y mezclas de los mismos, en el que la estructura interna de soporte tiene una resistencia al calor hasta 260 °C (aproximadamente 500 °F), en el que los termoestables de poliéster y viniléster y las mezclas de los mismos están reforzados con fibras seleccionadas en el grupo que consiste en Kevlar, grafito, acero inoxidable, fibra de vidrio, y combinaciones de los mismos.

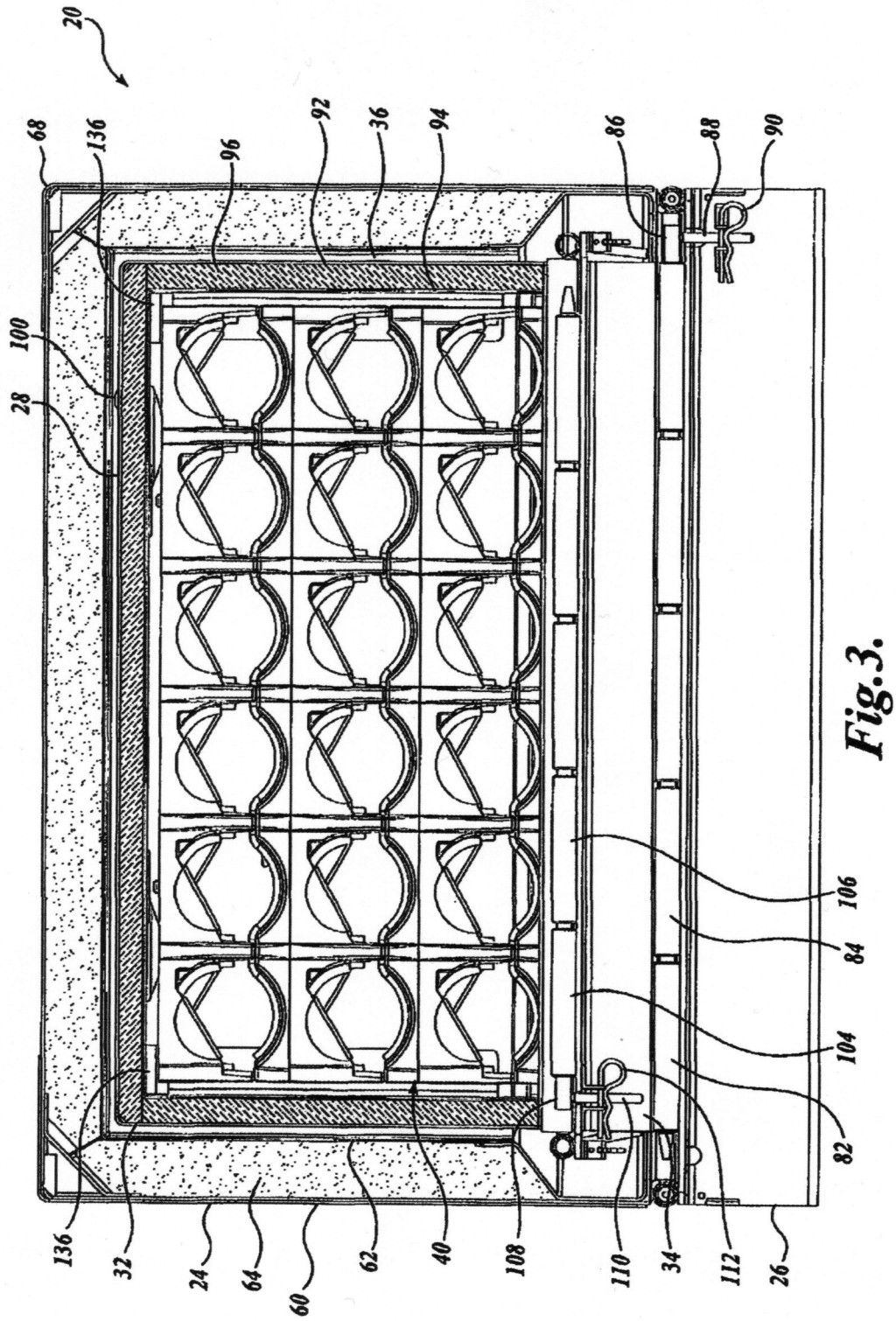
15 2.- El conjunto de embalaje de la reivindicación 1, en el que la estructura (40) interna de soporte incluye un compuesto retardador de llama.

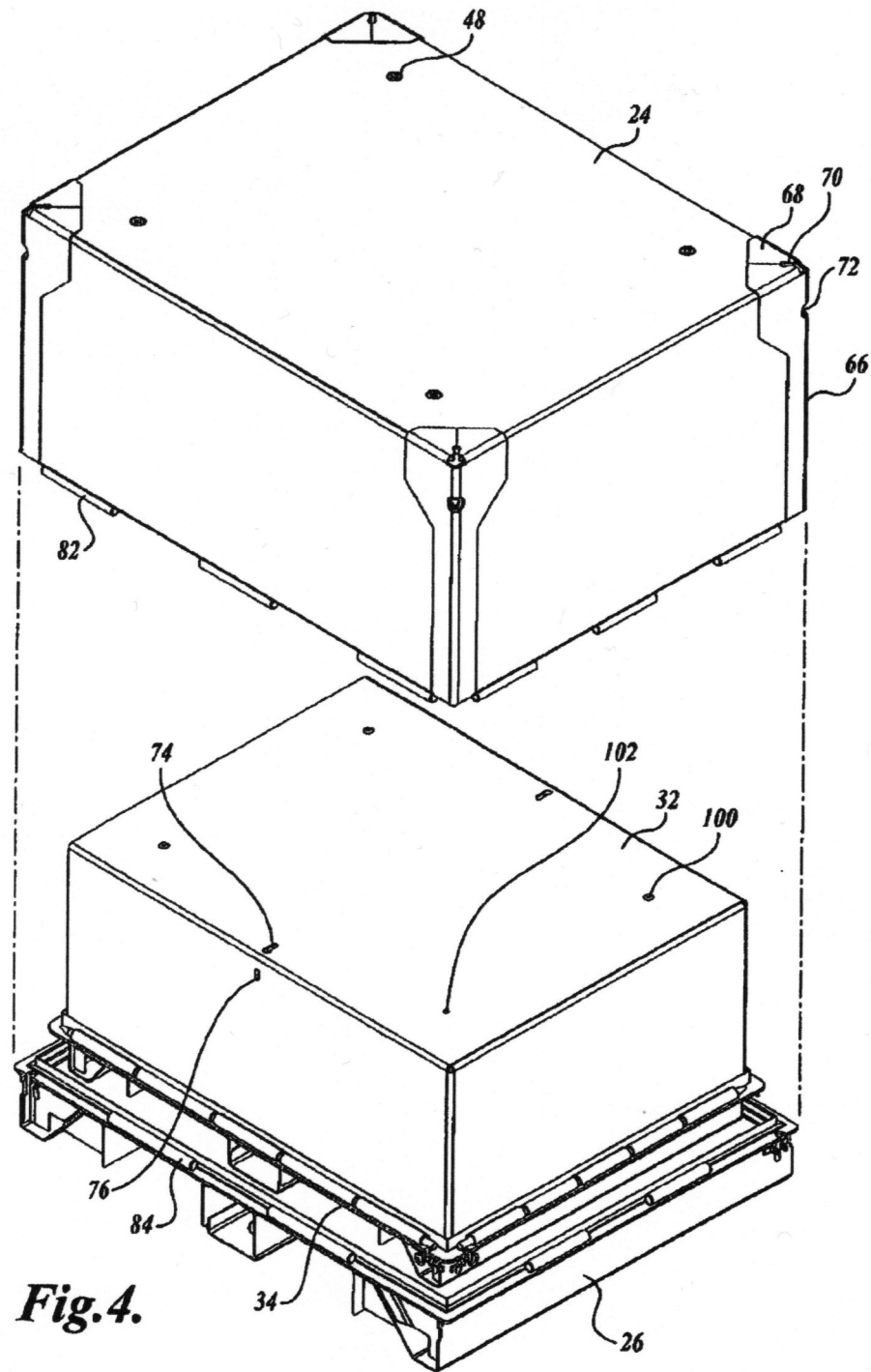
20 3.- El conjunto de embalaje de la reivindicación 1, en el que la estructura (40) interna de soporte está forrada con una espuma de amortiguamiento para asegurar el material radiactivo.

25 4.- El conjunto de embalaje de la reivindicación 1, en el que el material radiactivo se elige en el grupo consistente en conjuntos de combustible, pastillas de combustible, varillas de combustible y contenedores de material radiactivo.









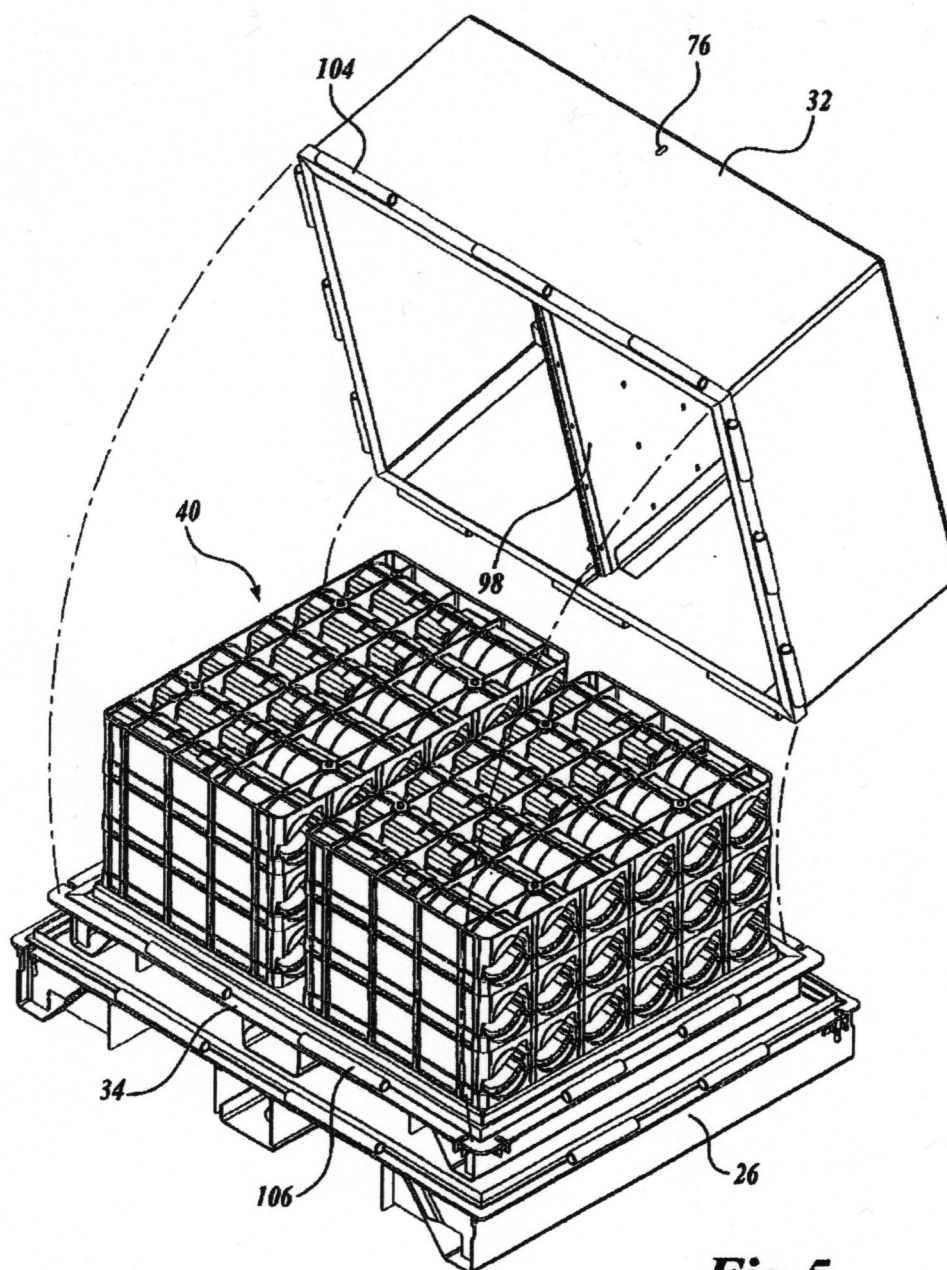
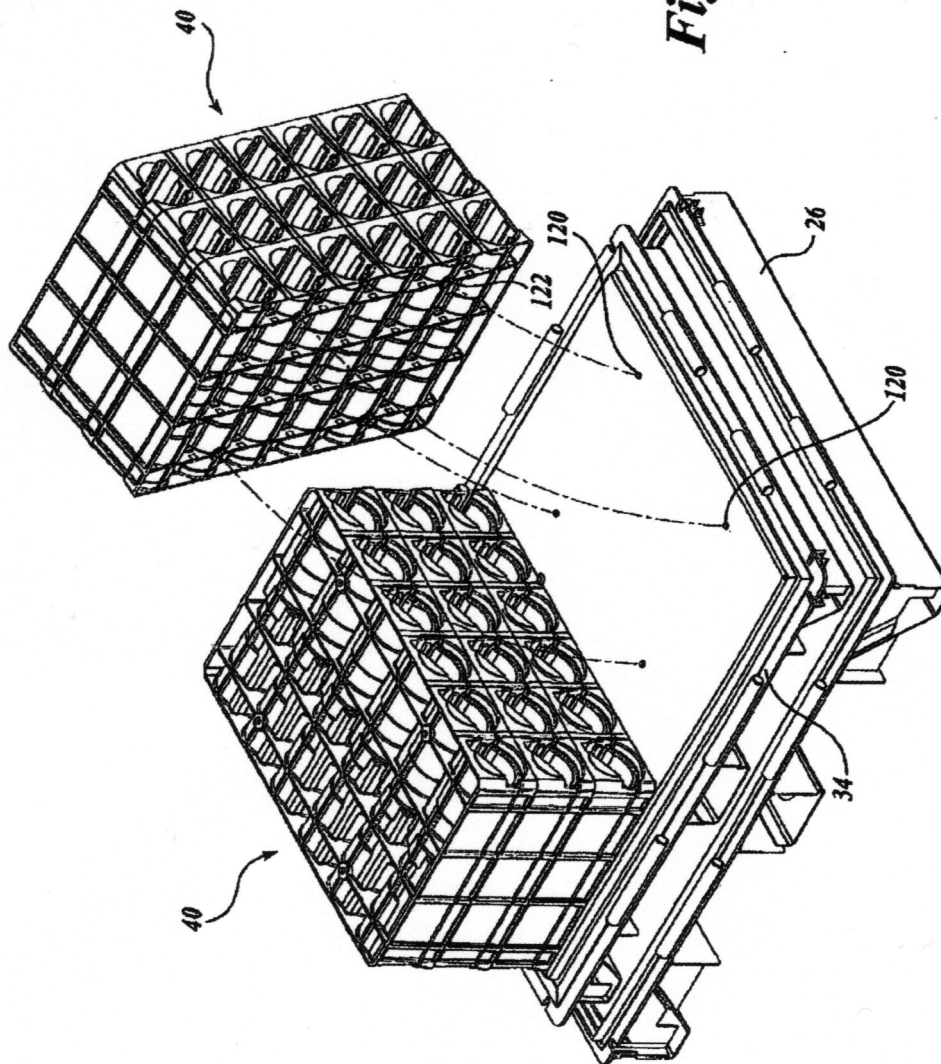


Fig. 5.

Fig. 6.



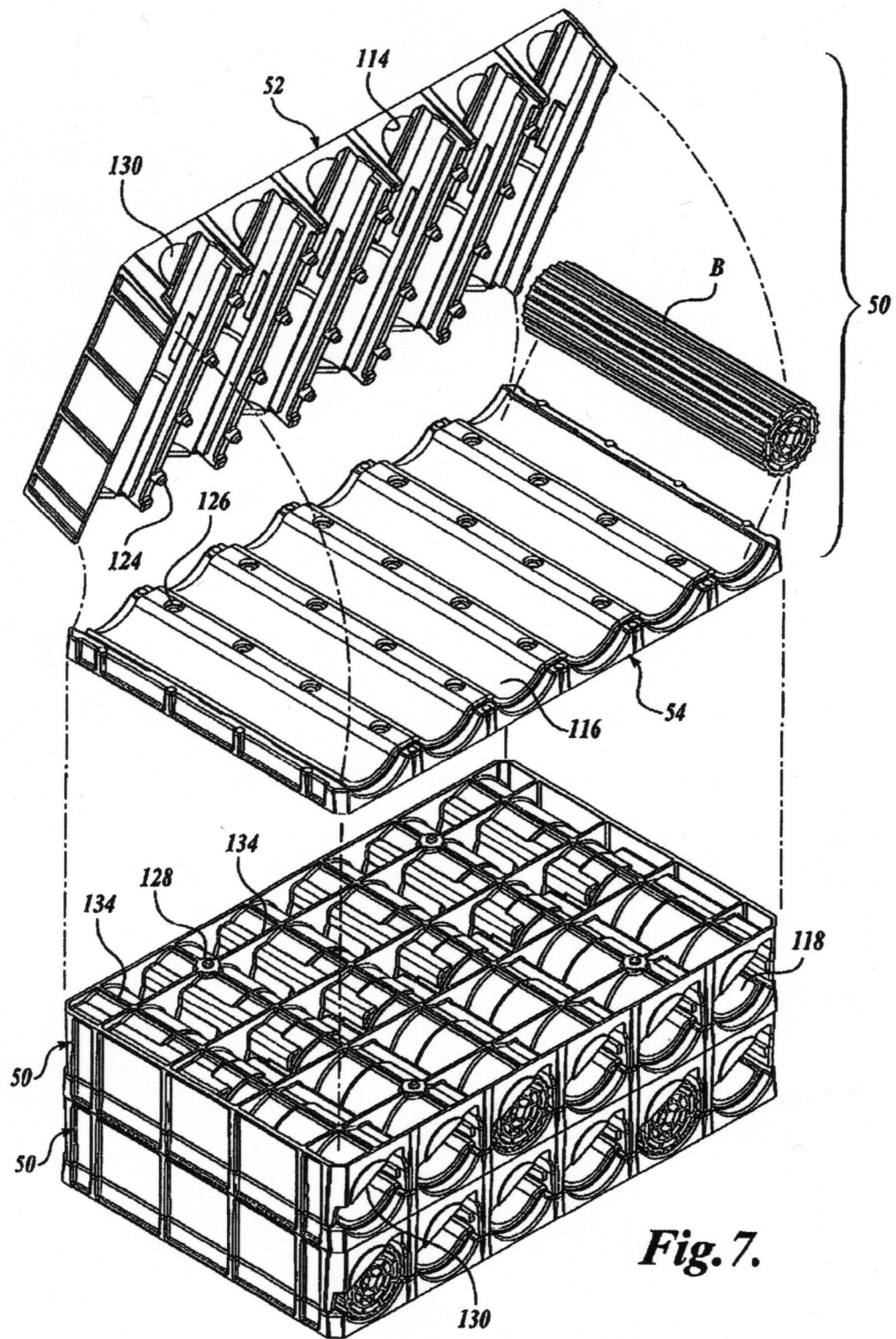


Fig. 7.