



(11)

EP 3 062 313 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
06.03.2024 Patentblatt 2024/10

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
G21F 5/08 (2006.01) **G21F 5/12 (2006.01)**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
01.02.2017 Patentblatt 2017/05

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B22D 25/005; G21F 5/08; G21F 5/12

(21) Anmeldenummer: **15156784.9**

(22) Anmeldetag: **26.02.2015**

(54) Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar sowie Verfahren zur Herstellung des Behälters

Container for storing radioactive inventory and method for producing the container

Récipient de réception de matériel d'exploitation radioactif et procédé de fabrication du récipient

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- S. Le Foulgoc et al: "RD26 Packaging: A new solution for plutonium transportation", Proceedings of the 9th International Conference on the Radioactive Materials Transport and Storage RAMTRANSPORT, May 2012 (2012-05), pages 1-8,**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.08.2016 Patentblatt 2016/35

- Rajendram J. et al: "Preliminary investigation of aluminium foam as an energy absorber for nuclear transportation cask", MATERIALS AND DESIGN, vol. 29, no. 9 October 2008 (2008-10), pages 1732-1739,**

(73) Patentinhaber: **GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH
45127 Essen (DE)**

- Serco: "Thermal Assessment of the SWTC-285 Transport Container Under Regulatory Transport Conditions", A report to the NDA, January 2013 (2013-01), pages 1-59, Retrieved from the Internet:
URL:https://rwm.nda.gov.uk/publication/the_rmal-assessment-of-the-swtc-285-transport-container/?download**

(72) Erfinder:

- Friedrich, Peter
45699 Herten (DE)**
- Böhme, Falk
45138 Essen (DE)**
- Hüggenberg, Roland
44795 Bochum (DE)**
- Becker, Joern
45359 Essen (DE)**

- INS: "Contents Activity Limits for Miscellaneous Beta Gamma Waste Store Box Package in a SWTC-150 Transport Container", TD.ETS.R.12.305.REV1.DOCX1, 2013,**

(74) Vertreter: **Andrejewski - Honke
Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaft mbB
An der Reichsbank 8
45127 Essen (DE)**

- Contents Activity Limits for Miscellaneous Beta Gamma Waste Store Box Waste Package in an SWTC-150 Transport Container"2013**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 2 827 336	WO-A1-2015/032848
CN-U- 203 026 182	FR-B1- 2 835 958
JP-A- 2000 121 790	JP-A- 2014 048 190
US-A- 4 190 160	US-A- 4 560 069
US-A1- 2011 158 372	US-A1- 2013 068 578

- Certificat d'Agreement d'un Modele de Colis F/399/B(U)F-96(Ae)2013**
- Certificat d'Agreement d'un Modele de Colis F/264/B(U)F-(Hj)"2002**
- M.F. Ashby et al., Metal Foams: A Design Guide", Butterworth-Heinemann, 2000**
- Wikipedia, "Wärmeleitfähigkeit", [gefunden am 17-04-2019]**
- Wikipedia, Edelstahl, [gefunden am 17-04-2019]**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar, umfassend einen Behälterboden, einen Behältermantel und einen Behälterdeckel. Der Behälter umschließt einen Innenraum zur Aufnahme des radioaktiven Inventars.

[0002] Derartige Behälter sind aus der Praxis grundsätzlich bekannt. Dabei bildet - unter extremen Umständen - die Verbindung des Behälterdeckels auf dem Behältermantel eine relative Schwachstelle, da die Verbindung häufig reversibel ausgestaltet sein soll. Unter reversiblen Verbindungen werden beispielsweise Schraubverbindungen verstanden. Aufgrund des sehr dauerhaften Charakters des Einsatzes der Behälter müssen die Behälter für eine ganze Reihe an Extremsituationen ausgelegt sein. Hierunter fallen beispielsweise auch extreme Erschütterungssituationen wie Stürze aus mehreren Metern Höhe. Bei solchen Stürzen wandelt sich die potentielle Energie des Behälters in Verformungsenergie um, wobei aufgrund der massiven Ausführungen der Behälterwände, die Schrauben am stärksten belastet werden. Wird die Streckgrenze der Schrauben überschritten, so werden die Schrauben plastisch verformt. Die plastische Verformung kann im Extremfall zu einer Undichtigkeit des Behälters führen.

[0003] Es ist aus der Praxis ferner bekannt, für Behälter mit Brennelementen plastisch verformbare Stoßdämpfer innerhalb des Behälters vorzusehen. Diese Stoßdämpfer sind hohlzylindrisch ausgeformt und bestehen aus Aluminium. Bei einem Fall aus mehreren Metern Höhe auf den waagerecht auftreffenden Behälterdeckel (Deckelflachfall) prallen die Brennelemente auf die hohlzylindrischen Stoßdämpfer, wodurch letztere ziehharmonikaartig plastisch verformt werden. Diese plastische Verformung der Stoßdämpfer nimmt einen erheblichen Teil der potentiellen Energie auf, so dass die Spannungen in den Schrauben zumindest soweit verringert werden, dass keine plastischen Verformungen an den Schrauben auftreten. Allerdings werden die hohlzylindrischen Stoßdämpfer aus dem aus der Praxis bekannten Stand der Technik über weitere Schraubverbindungen an der Innenseite des Behälterdeckels befestigt. Folglich sind Gewindebohrungen auf der Innenseite des Behälterdeckels erforderlich, wodurch der Behälterdeckel an Stabilität einbüßt. Außerdem erfordern die Herstellung der hohlzylindrischen Stoßdämpfer sowie deren Befestigung auf der Innenseite des Behälterdeckels einen gewissen Aufwand. Schließlich muss das Inventar in Form der Brennelemente mittels Führungsköpfen an den Stoßdämpfern geführt werden, damit sichergestellt ist, dass das Inventar nicht etwa an den Stoßdämpfern vorbeigleitet und so ungedämpft auf den Behälterdeckel prallt.

[0004] WO 2015/032848 A1 beschreibt einen Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar, wobei auf der Unterseite eines Deckels eine Vielzahl von plastisch verformbaren Stoßdämpfern vorgesehen ist. Diese

Stoßdämpfer bestehen beispielsweise aus Aluminium, welche die Form von Voll- oder Hohlzylindern annehmen können. Das radioaktive Inventar prallt direkt auf diese Stoßdämpfer. Die Stoßdämpfer werden beispielsweise mittels Schraubverbindungen auf der Unterseite des Deckels befestigt.

[0005] In EP 2 827 336 A1 wird ein Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar beschrieben, welcher ein Metallblech mit Noppen aufweist. Die Noppen dienen im Wesentlichen der Abstandshalterung und in der Folge der Hohlraumbildung und Isolation. Allerdings ermöglichen die dem Metallblech aufgeprägten Noppen auch eine plastische Verformung, so dass der dort beschriebene Behälter einen Stoßdämpfer für den Behälterboden und den Behältermantel aufweist. Ein Stoßdämpfer für den Deckel ist nicht beschrieben.

[0006] CN 203 026 182 U beschreibt einen Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar, wobei auf der Innenseite des Behältermantels angeordnete Federn als Stoßdämpfer fungieren. Ein Stoßdämpfer am Deckel ist nicht offenbart.

[0007] Der zuvor beschriebene Stand der Technik offenbart zwar Stoßdämpfer auf der Deckelunterseite (WO 2015/032848 A1), doch müssen derartige Stoßdämpfer aufwändig geformt werden, um im Zusammenspiel mit ähnlich aufwändig geformtem radioaktivem Inventar die Aufprallenergie abzufangen. Ebenso müssen sämtliche Stoßdämpfer auf der Unterseite des Deckels befestigt werden, wodurch einerseits der Behälterdeckel an Stabilität einbüßt und andererseits ein erheblicher Aufwand bei der Herstellung und der Befestigung der Stoßdämpfer an der Deckelunterseite anfällt.

[0008] In US 4 190 160 ist ein Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar offenbart, welcher eine plastisch verformbare Schicht aus Mammutbaumholz aufweist.

[0009] Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Behälter der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem die vorstehend aufgezeigten Nachteile vermieden werden können. Insbesondere ist es Aufgabe, den Aufwand bei der Herstellung und Montage der Stoßdämpfer weiter zu verringern.

[0010] Zur Lösung dieses technischen Problems lehrt die Erfindung einen Behälter gemäß Anspruch 1.

[0011] Als radioaktives Inventar kommen beispielsweise Pellets, zerschnittener Stahlschrott und massive Elemente in Betracht. Das radioaktive Inventar kann auch zumindest ein Fass bzw. eine Mehrzahl von Fässern aufweisen. Neben dem radioaktiven Inventar kann sich insbesondere auch Wasser in dem Behälter befinden. Daher ist der Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar dazu geeignet, das Inventar fluiddicht von der Umgebung zu isolieren. Außerdem ist der Behälter zu einer ausreichenden radioaktiven Abschirmung über entsprechend dicke metallische Behälterwände geeignet. Der Behälterboden und/oder der Behälterdeckel ist reversibel oder irreversibel mit dem Behältermantel verbunden. Reversible Verbindungen stellen beispiels-

weise Schraubverbindungen dar. Irreversible Verbindungen sind z. B. Schweißverbindungen. Vorzugsweise ist der Behälterboden irreversibel mit dem Behältermantel verbunden. Es ist vorteilhaft, dass der Behälterdeckel reversibel mit dem Behältermantel verbunden ist.

[0012] Die allermeisten festen Körper sind zu einem gewissen Grade sowohl elastisch als auch plastisch verformbar. Der Ausdruck "plastisch verformbar" im Sinne der Erfindung meint daher, dass der jeweilige Körper überwiegend plastisch verformbar ist. Hierunter fallen insbesondere Hohlkammerstrukturen verschiedenster Art aus verschiedensten Materialien. Die Hohlkammern können regelmäßige geometrische Formen aufweisen wie etwa Waben. Die Hohlkammern können aber auch in Form von Blasen ausgebildet sein, so dass das plastisch verformbare Element dann ein verfestigter Schaum ist.

[0013] Der Begriff "Schicht" kann sowohl ein flächig durchgängiges Element bezeichnen als auch eine Vielzahl von über einer Fläche verteilten Elementen. Die plastisch verformbare Schicht kann somit ganz unterschiedliche Flächenformen annehmen. Die plastisch verformbare Schicht kann beispielsweise ein Kreis oder ein Quadrat sein oder mehrere konzentrisch zueinander angeordnete Ringe umfassen. Die Schicht kann in Form eines Schachbretts oder in Form einer Vielzahl an Punkten ausgestaltet sein. Es sind auch Kombinationen aus verschiedenen Flächenformen möglich.

[0014] Um die Aufprallkräfte gleichmäßig verteilen zu können, muss die Schicht durchgängig bzw. müssen die einzelnen Elemente der Schicht in etwa gleich stark ausgebildet sein. Dadurch wird sichergestellt, dass die Aufprallkräfte des Inventars nicht punktuell zu stark auf eine oder mehrere hervorstehende Schichtbereiche übertragen werden. Insbesondere dürfen zwischen den plastisch verformbaren Schichtbereichen bzw. um diese herum keine festen Körper derart angeordnet sein, dass die Aufprallkräfte zur Gänze bzw. zu einem Teil auf den Behälterdeckel übertragen werden und so die plastisch verformbare Schicht überbrückt wird. Insbesondere ist die plastisch verformbare Schicht derart ausgebildet, dass auf die plastisch verformbare Schicht beispielsweise eine Platte auflegbar ist, welche die Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars auf wenigstens einen Großteil der Fläche gleichmäßig verteilen kann. Der Begriff "Großteil" meint vorzugsweise 50 %, weitervorzugsweise 75 % und besonders vorzugsweise 100 %. Durch eine derartige Ausgestaltung der plastisch verformbaren Schicht wird erreicht, dass die kinetische Energie des Aufpralls über eine besonders große Fläche verteilt werden kann, wodurch die plastisch verformbare Schicht entsprechend dünner gestaltet werden kann.

[0015] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht in senkrechter Richtung eine spezifische Energieaufnahme von 5 bis 50 J/cm³, vorzugsweise von 15 bis 40 und besonders vorzugsweise von 20 bis 30 J/cm³ aufweist. Die spezifische Energieaufnahme ist ein wesentliches volumenunabhängi-

ges Maß der plastisch verformbaren Schicht. Je geringer die spezifische Energieaufnahme ist, umso dicker muss die plastische verformbare Schicht sein, damit entsprechend viel kinetische Energie in der plastisch verformbaren Schicht aufgefangen werden kann. Allerdings kann die spezifische Energieaufnahme nicht beliebig hoch sein, da sonst die Spannungen in den Schrauben so groß werden können, dass auch in den Schrauben plastische Verformungen auftreten. Die angegebenen

5 Bereiche der spezifischen Energieaufnahme sind weitgehend unabhängig von der Ausgestaltung des Behälters und des Inventars, so dass sie eine grundsätzliche Aussage über die Beschaffenheit der plastisch verformbaren Schicht darstellen. Die spezifische Energieaufnahme kann vor allem über durchschnittliche Hohlkammervolumina bzw. über das entsprechende Material eingestellt werden. Je größer die Hohlkammervolumina sind umso härter muss das entsprechende Materialsystem für eine bestimmte gewünschte spezifische Energieaufnahme sein und umgekehrt.

10 **[0016]** Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht isotrop verformbar ist. Dabei meint der Begriff "isotrop" dass die plastisch verformbare Schicht in alle Raumrichtungen ungefähr gleich gut 15 plastisch verformbar ist. Ein Beispiel für isotrope plastisch verformbare Materialien sind verfestigte Schäume. Hohlkammerstrukturen mit regelmäßigen geometrischen Abmessungen wie etwa Wabenkammern hingegen sind in der Regel nicht isotrop verformbar.

20 **[0017]** Der Metallschaum ist vorteilhafterweise geschlossenporig. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht Aluminium aufweist und nach besonders bevorzugter Ausführungsform aus Aluminiumschaum besteht bzw. im Wesentlichen aus 25 Aluminiumschaum besteht. Zweckmäßigerweise besteht der Aluminiumschaum aus zumindest 90 Gew.-%, bevorzugt aus zumindest 95 Gew.-% und besonders bevorzugt zu mindestens 97 Gew.-% aus Aluminium. Vorzugsweise ist die plastisch verformbare Schicht eine 30 AlMgSi-Mischung. Weiter vorzugsweise weist die plastisch verformbare Schicht Reste eines Treibmittels auf. Sehr bevorzugt enthält die plastisch verformbare Schicht 35 Rückstände von Titan.

[0018] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die 40 plastisch verformbare Schicht eine Stärke von 30 bis 200 mm, vorzugsweise von 40 bis 150 mm und besonders vorzugsweise von 50 bis 100 mm aufweist. Die Dichte der plastisch verformbaren Schicht beträgt bevorzugt 0,1 bis 2 g/cm³, weiter bevorzugt 0,2 bis 1,3 g/cm³ und besonders bevorzugt 0,5 bis 0,9 g/cm³. Es ist zweckmäßig, dass die plastisch verformbare Schicht kreis- oder ringförmig ausgebildet ist.

[0019] Nach einer Ausführungsform ist die plastisch verformbare Schicht stoffschlüssig mit dem Behälterdeckel verbunden. Vorzugsweise ist die plastisch verformbare Schicht auf den Behälterdeckel geklebt oder geschweißt und besonders vorzugsweise wurde die plastisch verformbare Schicht bei einem Aufschäumen an

dem Behälterdeckel angeformt. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die plastisch verformbare Schicht mit Hilfe von Schrauben am Behälterdeckel befestigt.

[0020] Eine andere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Behälterdeckel und der plastisch verformbaren Schicht ein Bleiabschirmungsdeckel zwischengeschaltet ist. Es liegt dabei im Rahmen der Erfindung, dass der Bleiabschirmungsdeckel mittels eines flächigen Halteelements, insbesondere mittels eines Haltebleches an dem Behälterdeckel befestigt ist. In diesem Fall ist das flächige Halteelement bzw. das Halteblech zwischen Bleiabschirmungsdeckel und plastisch verformbarer Schicht angeordnet und somit ist das Aggregat aus Bleiabschirmungsdeckel und flächigem Halteelement bzw. Halteblech zwischen dem Behälterdeckel und der plastisch verformbaren Schicht positioniert. Die Befestigung der plastisch verformbaren Schicht kann dabei mit Hilfe von Schraubverbindungen erfolgen. Die plastisch verformbare Schicht kann aber auch alternativ oder zusätzlich stoffschlüssig mit dem Bleiabschirmungsdeckel bzw. mit dem flächigen Halteelement verbunden sein. So kann die plastisch verformbare Schicht auf den Bleiabschirmungsdeckel bzw. auf das flächige Halteelement geklebt oder geschweißt sein.

[0021] Gemäß der Erfindung ist die plastisch verformbare Schicht von einer wasserdichten Ummhüllung umschlossen. Weiterhin liegt es im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht in einer umhüllenden Form, insbesondere in einer wasserdichten umhüllenden Form aufgeschäumt wurde.

[0022] Nach einer empfohlenen Ausführungsform der Erfindung ist eine Bleiabschirmung behälterinnenraumseitig auch an dem Behältermantel und an dem Behälterboden vorgesehen. Dann liegt es im Rahmen der Erfindung, dass der gesamte Innenraum des Behälters von einer Bleiabschirmung eingekapselt ist. Die Dicke der Bleiabschirmung liegt bevorzugt zwischen 20 und 140 mm.

[0023] Zweckmäßigerweise grenzen die Seitenwände der plastisch verformbaren Schicht wenigstens bereichsweise an ein Fluid an. Unter den Begriff "Fluid" werden Flüssigkeiten und Gase und insbesondere Luft bzw. Wasser verstanden. Es ist zweckmäßig, dass die Seitenwände der plastisch verformbaren Schicht von der Innenseite des Behältermantels oder von der Innenseite der Bleiabschirmung an dem Behältermantel beabstandet sind. Vorzugsweise beträgt der Abstand zwischen wenigstens einer Seitenwand der plastisch verformbaren Schicht und der Innenseite des Behältermantels bzw. der Innenseite der Bleiabschirmung 0 bis 100 mm, insbesondere 10 bis 90 mm und bevorzugt 20 bis 90 mm.

[0024] Es ist zweckmäßig, dass der Lastverteiler eine Lastverteilerplatte ist. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist der Lastverteiler ein Korbdeckel, welcher das radioaktive Inventar umschließt. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das radioaktive Inventar selber mit einer den Behälterdeckel zugewandten und pa-

rallelen Fläche versehen. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die dem Behälterdeckel zugewandte und parallele Fläche des radioaktiven Inventars durch kleinteilige Elemente wie etwa Pellets gebildet wird.

[0025] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst der Lastverteiler eine Lastverteilerplatte. Zweckmäßigerweise ist die Lastverteilerplatte aus Feinkornbäustahl. Es ist bevorzugt, dass die Lastverteilerplatte 5 bis 40 mm, weiter bevorzugt 10 bis 30 mm und besonders bevorzugt 15 bis 25 mm stark ist. Die 0,2 %-Dehngrenze der Lastverteilerplatte beträgt vorteilhafterweise 600 bis 1600 MPa, weiter vorteilhafterweise 800 bis 1400 MPa und besonders vorteilhafterweise 1000 bis 1200 MPa. Diese Maßnahmen verhindern insbesondere ein Durchstanzen des Lastverteilers.

[0026] Es ist zweckmäßig, dass der Behälterdeckel mittels reversibler Befestigungsmittel an dem Behältermantel befestigt ist. Vorzugsweise umfassen die reversiblen Befestigungsmittel Schraubverbindungen. Die Schrauben der Schraubverbindungen weisen Außengewinde von zweckmäßigerweise 24 bis 64 mm, bevorzugt von 30 bis 56 mm und besonders bevorzugt von 36 bis 48 mm auf.

[0027] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der Behältermantel eine Stärke von 100 bis 350 mm, vorzugsweise von 120 bis 250 mm und besonders vorzugsweise von 140 bis 180 mm aufweist. Die Innenraumhöhe des Behälters beträgt zweckmäßigerweise von 0,5 bis 10 m und bevorzugt 0,5 bis 5 m. Nach besonders bevorzugter Ausführungsform der Erfindung beträgt die Innenraumhöhe des Behälters 0,6 bis 2 m, insbesondere 0,7 bis 1,5 m.

[0028] Vorzugsweise sind der Behältermantel und der Behälterboden aus einem Guss. Es ist bevorzugt, dass der Behältermantel und der Behälterboden sowie auch der Behälterdeckel Gusseisen aufweisen. Das Gusseisen ist bevorzugt der Qualität GGG 40 zuzurechnen.

[0029] Zur Lösung des Problems lehrt die Erfindung ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Behälters gemäß Anspruch 10.

[0030] Wie oben bereits dargelegt, kann der Behälter nach besonders bevorzugter Ausführungsform der Erfindung auch eine innenseitige Bleiabschirmung aufweisen, wobei die Bleiabschirmung zweckmäßigerweise an der Innenseite des Behälterdeckels und/oder an der Innenseite des Behältermantels und/oder an der Innenseite des Behälterbodens angeordnet ist.

[0031] Gemäß besonders empfohlener Ausführungsform besteht die plastisch verformbare Schicht aus einem Aluminiumschaum bzw. im Wesentlichen aus einem Aluminiumschaum. Vorzugsweise wird der Metallschaum mittels eines Treibmittels aufgeschäumt. Das Treibmittel ist bevorzugt Titandihydrid. Die Befestigung bzw. Verbindung der plastisch verformbaren Schicht bzw. des Metallschaums kann grundsätzlich auch über Schraubverbindungen stattfinden.

[0032] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die plastisch verformbare Schicht zu einer erhebli-

chen Vereinfachung des Behälters führt. Eine weitere Folge ist, dass der Stoßdämpfer in Form der plastisch verformbaren Schicht eine geringere Höhe aufweist, wodurch mehr nutzbarer Raum zur Verfügung steht. Insbesondere erlaubt die Verwendung von Metallschaum eine wirtschaftliche Herstellung des Stoßdämpfers, welcher die kinetische Energie nahezu vollständig aufnehmen kann. Der Lastverteiler erlaubt eine flächige Verteilung der Aufprallkräfte und vermeidet ein Durchstanzen der plastisch verformbaren Schicht. Hierdurch kann die plastisch verformbare Schicht gefahrlos noch dünner gestaltet werden.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigt in schematischer Darstellung:

Fig. 1 einen Querschnitt eines erfindungsgemäßen Behälters,

Fig. 2 den Gegenstand gemäß Fig. 1 in einer anderen Ausführungsform und

Fig. 3 den Gegenstand nach Fig. 1 in einer weiteren Ausführungsform.

[0034] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Behälter mit einem Behälterboden 2, einem Behältermantel 3 und einem Behälterdeckel 4 ersichtlich. Der Behälter ist hohlzylindrisch ausgeführt und umschließt einen Innenraum 5, in welchem ein nur symbolisch dargestelltes radioaktives Inventar 1 befindlich ist. Der Behälter ist kopfüber dargestellt, um die Situation eines Deckelflachfalls zu verdeutlichen. Im Zeitpunkt des Aufpralls auf eine massive Unterlage trifft das Inventar 1 zeitlich verzögert auf den Behälterdeckel 4 auf, weshalb erhebliche Kräfte auf den Behälterdeckel 4 einwirken. Der Behälterdeckel 4 ist über Schraubverbindungen 8 in Form von 24 M36-Schrauben mit dem Behältermantel 3 verbunden. Die Behälterwände 2, 3, 4 bestehen aus Gusseisen der Qualität GGG 40. Der Behältermantel 3 weist eine Dicke von 160 mm auf, wohingegen der Behälterboden 2 und der Behälterdeckel 4 eine Dicke von jeweils 180 mm aufweisen. Der hohlzylindrische Innenraum 5 weist eine Höhe von 1140 mm auf und besitzt einen Durchmesser von 740 mm.

[0035] Auf der Innenseite des Behälterdeckels 4 ist eine plastisch verformbare Schicht 6 in Form eines Aluminiumschaums befestigt. Der Aluminiumschaum wurde mittels des Treibmittels Titandihydrid aufgeschäumt. Die beim Aufschäumen aufgewendete Wärmeenergie führte zur Verflüssigung des Aluminiums.

[0036] Der Aluminiumschaum ist in alle Raumrichtungen ungefähr gleich gut plastisch verformbar und daher isotrop. Der Aluminiumschaum ist geschlossenporig und zwecks Wasserdichtheit gekapselt. Er weist eine Dichte von 0,7 g/cm³, eine Stärke von 70 mm sowie einen Durchmesser bei einer kreisförmigen Fläche von 585 mm auf.

Die 0,2 %-Dehngrenze des Lastverteilers 7 in Form einer kreisförmigen Lastverteilerplatte aus Feinkornbaustahl beträgt 1100 MPa. Die Stärke des Lastverteilers 7 beträgt 20 mm.

[0037] In Fig. 2 ist eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Behälters dargestellt. Die gleichen Komponenten wie in Fig. 1 sind hier mit entsprechenden gleichen Bezugszeichen versehen. Dieser Behälter gemäß Fig. 2 weist im Vergleich zu der Ausführungsform nach Fig. 1 eine zusätzliche innere Bleiabschirmung 9 auf. Dabei ist diese Bleiabschirmung 9 behälterinnenseitig sowohl am Behälterboden als auch am Behältermantel sowie als Bleiabschirmungsdeckel 10 am Behälterdeckel 4 angeordnet. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 15 wird der Bleiabschirmungsdeckel 10 mittels eines Haltebleches 11 am Behälterdeckel 4 gehalten bzw. fixiert. Zweckmäßigerverweise und im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist also zwischen der plastisch verformbaren Schicht 6 - bevorzugt in Form des Aluminiumschaums - und dem Behälterdeckel 4 das Aggregat aus Bleiabschirmungsdeckel 10 und Halteblech 11 zwischengeschaltet. **[0038]** In der Ausführungsform nach Fig. 3 wird auf das Halteblech 11 verzichtet. Stattdessen wird hier der Bleiabschirmungsdeckel 10 mit Hilfe des Lastverteilers 7 bzw. mit Hilfe der Lastverteilerplatte am Behälterdeckel 4 gehalten bzw. fixiert. Entsprechende in Fig. 3 angeordnete Schraubverbindungen reichen hier von dem Lastverteiler 7 bzw. von der Lastverteilerplatte bis in den Behälterdeckel 4.

30

Patentansprüche

1. Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar (1), umfassend einen Behälterboden (2), einen Behältermantel (3) und einen Behälterdeckel (4), wobei der Behälter einen Innenraum (5) zur Aufnahme des radioaktiven Inventars (1) umschließt, wobei zwischen dem Behälterdeckel (4) und dem Inventar (1) wenigstens eine plastisch verformbare Schicht (6) angeordnet ist, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) derart ausgebildet ist, dass Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars (1) auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht (6) gleichmäßig verteilt sind, indem ein Lastverteiler (7) zwischen der plastisch verformbaren Schicht (6) und dem Inventar (1) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass
die plastisch verformbare Schicht (6) ein Metallschaum ist, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) von einer wasserdichten Ummhüllung umschlossen ist.

- 55 2. Behälter nach Anspruch 1, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) isotrop verformbar ist.
3. Behälter nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei

- die plastisch verformbare Schicht (6) Aluminium aufweist.
4. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) eine Stärke von 30 bis 200 mm, vorzugsweise von 40 bis 150 mm und besonders vorzugsweise von 50 bis 100 mm aufweist. 5
5. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) kreis- oder ringförmig ausgebildet ist. 10
6. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Seitenwände der plastisch verformbaren Schicht (6) wenigstens bereichsweise an ein Fluid angrenzen. 15
7. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Lastverteiler (7) eine Lastverteilerplatte umfasst. 20
8. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Behälterdeckel (4) mittels reversibler Befestigungsmittel an dem Behältermantel (3) befestigt ist.
9. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Behältermantel (3) eine Stärke von 100 bis 350 mm, vorzugsweise von 120 bis 250 mm und besonders vorzugsweise von 140 bis 180 mm aufweist. 25
10. Verfahren zur Herstellung eines Behälters für die Aufnahme von radioaktivem Inventar (1), insbesondere zur Herstellung eines Behälters gemäß wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Behälter einen Behälterboden (2), einen Behältermantel (3) und einen Behälterdeckel (4) umfasst, wobei der Behälter einen Innenraum (5) zur Aufnahme des radioaktiven Inventars (1) umschließt, wobei zwischen dem Behälterdeckel (4) und dem Inventar (1) wenigstens eine plastisch verformbare Schicht (6) angeordnet wird, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) derart ausgebildet wird, dass Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars (1) auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht (6) gleichmäßig verteilt sind, indem ein Lastverteiler (7) zwischen der plastisch verformbaren Schicht (6) und dem Inventar (1) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die plastisch verformbare Schicht (6) ein Metallschaum ist, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) von einer wasserdichten Umhüllung umschlossen ist. 30
- comprising a container bottom (2), a container shell (3) and a container cover (4), the container enclosing an inner chamber (5) for accommodating the radioactive stock (1), at least one plastically deformable layer (6) being arranged between the container cover (4) and the stock (1), the plastically deformable layer (6) being formed such that impact forces of at least most of the stock (1) can be distributed uniformly to at least most of the area of the plastically deformable layer (6) by arranging a load distributor (7) between the plastically deformable layer (6) and the stock (1), **characterised in that** the plastically deformable layer (6) is a metal foam, wherein the plastically deformable layer (6) is enclosed by a watertight enclosure. 35
2. The container according to claim 1, wherein the plastically deformable layer (6) is isotropically deformable.
3. The container according to one of claims 1 or 2, wherein the plastically deformable layer (6) contains aluminium.
4. The container according to one of claims 1 to 3, wherein the plastically deformable layer (6) has a thickness of 30 to 200 mm, preferably 40 to 150 mm, particularly preferably 50 to 100 mm.
5. The container according to one of claims 1 to 4, wherein the plastically deformable layer (6) is circular or annular.
6. The container according to one of claims 1 to 5, wherein the side walls of the plastically deformable layer (6) are adjacent to a fluid, at least in some regions.
7. The container according to one of claims 1 to 6, wherein the load distributor (7) comprises a load distributor plate.
8. The container according to one of claims 1 to 7, wherein the container cover (4) is fastened to the container shell (3) by means of reversible fastening means.
9. The container according to one of claims 1 to 8, wherein the container shell (3) has a thickness of 100 to 350 mm, preferably 120 to 250 mm, particularly preferably 140 to 180 mm.
10. A method for producing a container for accommodating radioactive stock (1), in particular for producing a container according to at least one of claims 1 to 9, the container comprising a container bottom (2), a container shell (3) and a container cover (4), the container enclosing an inner chamber (5) for ac-

Claims

1. A container for accommodating radioactive stock (1),

commodating the radioactive stock (1), at least one plastically deformable layer (6) being arranged between the container cover (4) and the stock (1), the plastically deformable layer (6) being formed such that impact forces of at least most of the stock (1) can be distributed uniformly to at least most of the area of the plastically deformable layer (6) by arranging a load distributor (7) between the plastically deformable layer (6) and the stock (1),

characterised in that

the plastically deformable layer (6) is a metal foam, wherein the plastically deformable layer (6) is enclosed by a watertight enclosure.

Revendications

- Conteneur destiné à recevoir un inventaire radioactif (1), comprenant un fond inférieur (2) de conteneur, une enveloppe (3) de conteneur et un couvercle (4) de conteneur, le conteneur entourant un espace intérieur (5) destiné à recevoir l'inventaire radioactif (1), entre le couvercle (4) de conteneur et l'inventaire (1) étant placée au moins une couche (6) plastiquement déformable, la couche (6) plastiquement déformable étant conçue de telle sorte que des forces d'impact d'au moins une majeure partie de l'inventaire (1) soient susceptibles d'être distribuées régulièrement sur au moins une majeure partie de la surface de la couche (6) plastiquement déformable, en ce qu'un distributeur de charges (7) est placé entre la couche (6) plastiquement déformable et l'inventaire (1),
caractérisé en ce que
la couche (6) plastiquement déformable est une mousse métallique, la couche (6) plastiquement déformable étant entourée d'une gaine étanche à l'eau.
- Conteneur selon la revendication 1, la couche (6) plastiquement déformable étant déformable de manière isotrope.
- Conteneur selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, la couche (6) plastiquement déformable comportant de l'aluminium.
- Conteneur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, la couche (6) plastiquement déformable présentant une épaisseur de 30 à 200 mm, de préférence de 40 à 150 mm et de manière particulièrement préférentielle, de 50 à 100 mm.
- Conteneur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, la couche (6) plastiquement déformable étant conçue de forme circulaire ou annulaire.
- Conteneur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, les parois latérales de la couche (6) plas-

tiquement déformable étant adjacentes au moins par zones à un fluide.

- Conteneur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, le distributeur de charges (7) comprenant une plaque distributrice de charges.
- Conteneur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, le couvercle (4) de conteneur étant fixé à l'aide de moyens de fixation réversibles sur l'enveloppe (3) de conteneur.
- Conteneur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, l'enveloppe de conteneur (3) présentant une épaisseur de 100 à 350 mm, de préférence de 120 à 250 mm et de manière particulièrement préférentielle, de 140 à 180 mm.
- Procédé de fabrication d'un conteneur destiné à recevoir un inventaire radioactif (1), notamment pour la fabrication d'un conteneur selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, le conteneur comprenant un fond inférieur (2) de conteneur, une enveloppe (3) de conteneur et un couvercle (4) de conteneur, le conteneur entourant un espace intérieur (5) destiné à recevoir l'inventaire radioactif (1), entre le couvercle (4) de conteneur et l'inventaire (1) étant placée au moins une couche (6) plastiquement déformable, la couche (6) plastiquement déformable étant conçue de telle sorte que des forces d'impact d'au moins une majeure partie de l'inventaire (1) soient susceptibles d'être distribuées régulièrement sur au moins une majeure partie de la surface de la couche (6) plastiquement déformable, en ce qu'un distributeur de charges (7) est placé entre la couche (6) plastiquement déformable et l'inventaire (1),
caractérisé en ce que
la couche (6) plastiquement déformable est une mousse métallique, la couche (6) plastiquement déformable étant entourée d'une gaine étanche à l'eau.

Fig.1

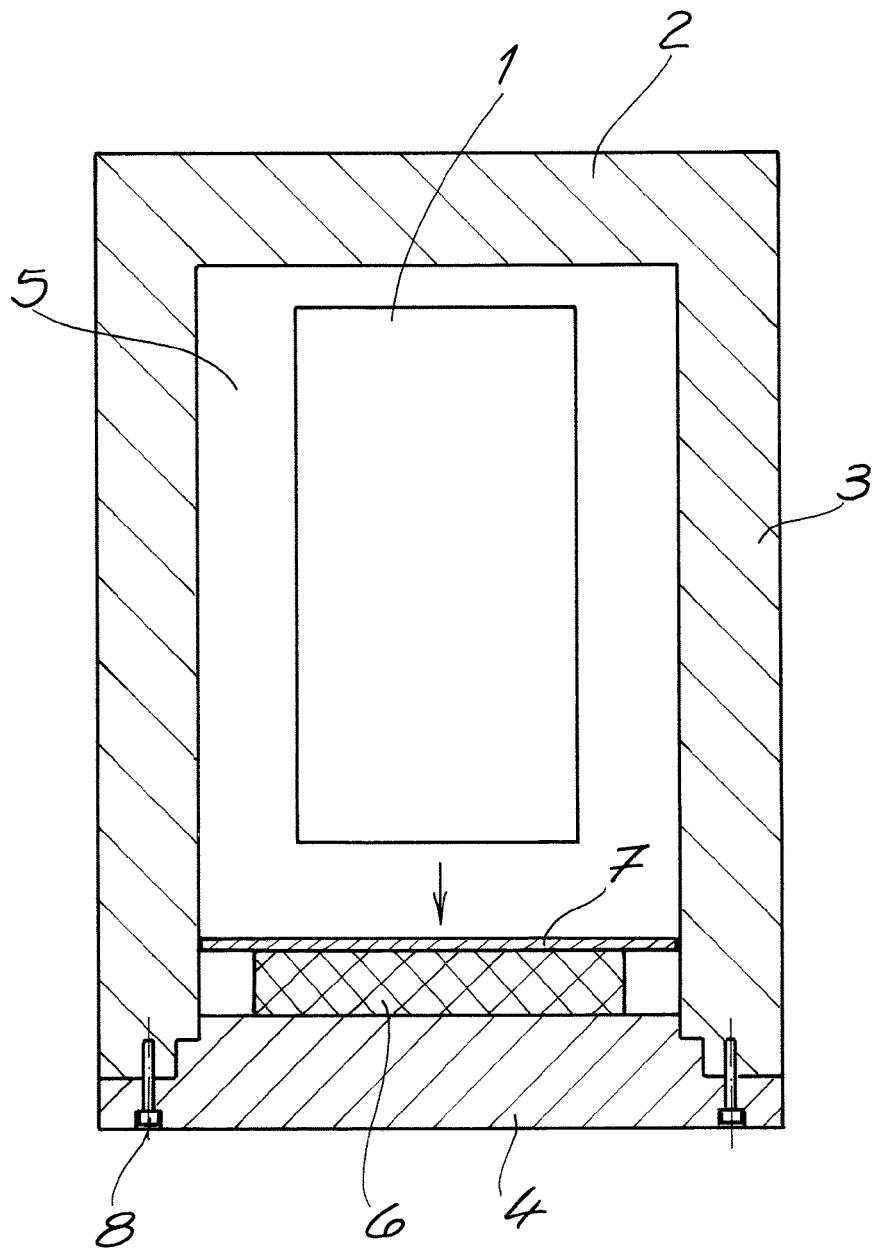


Fig.2

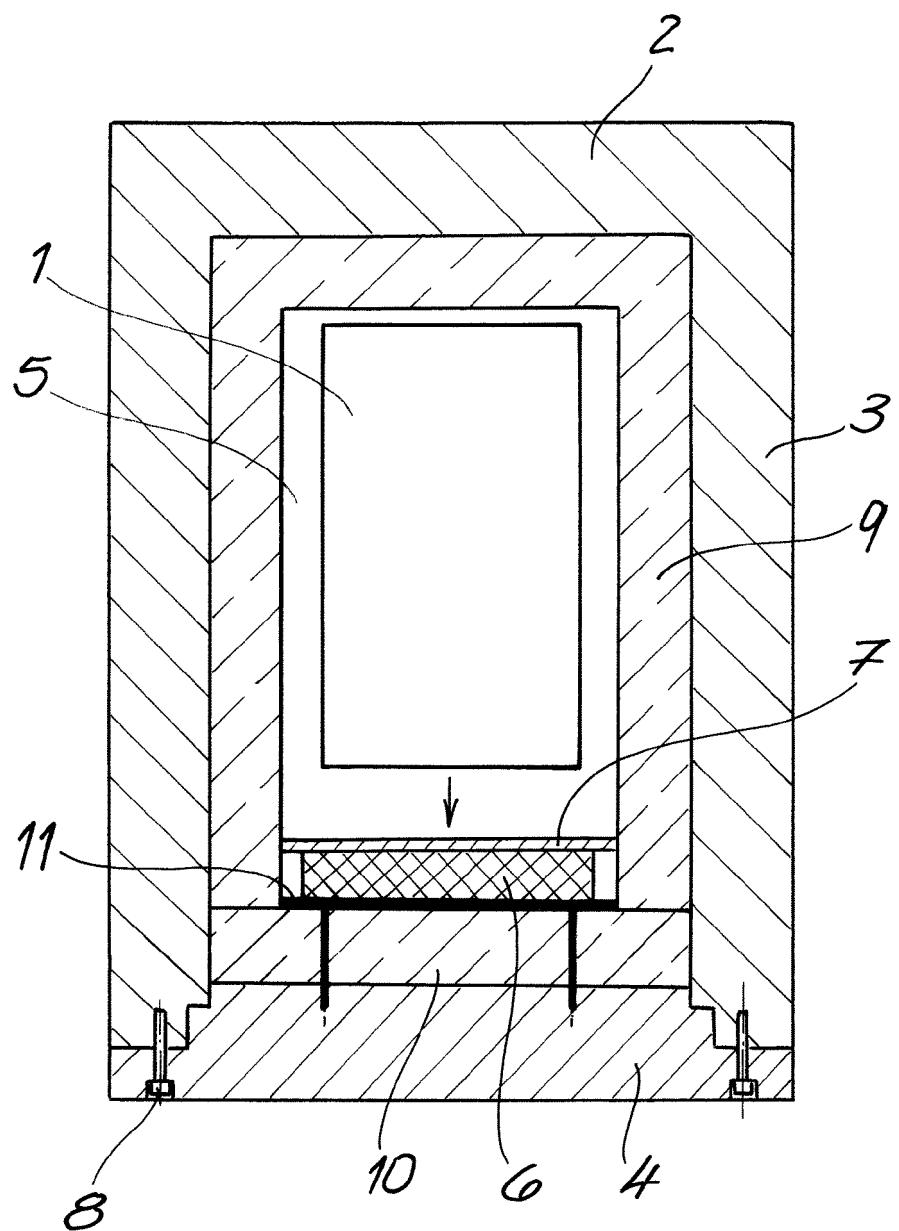
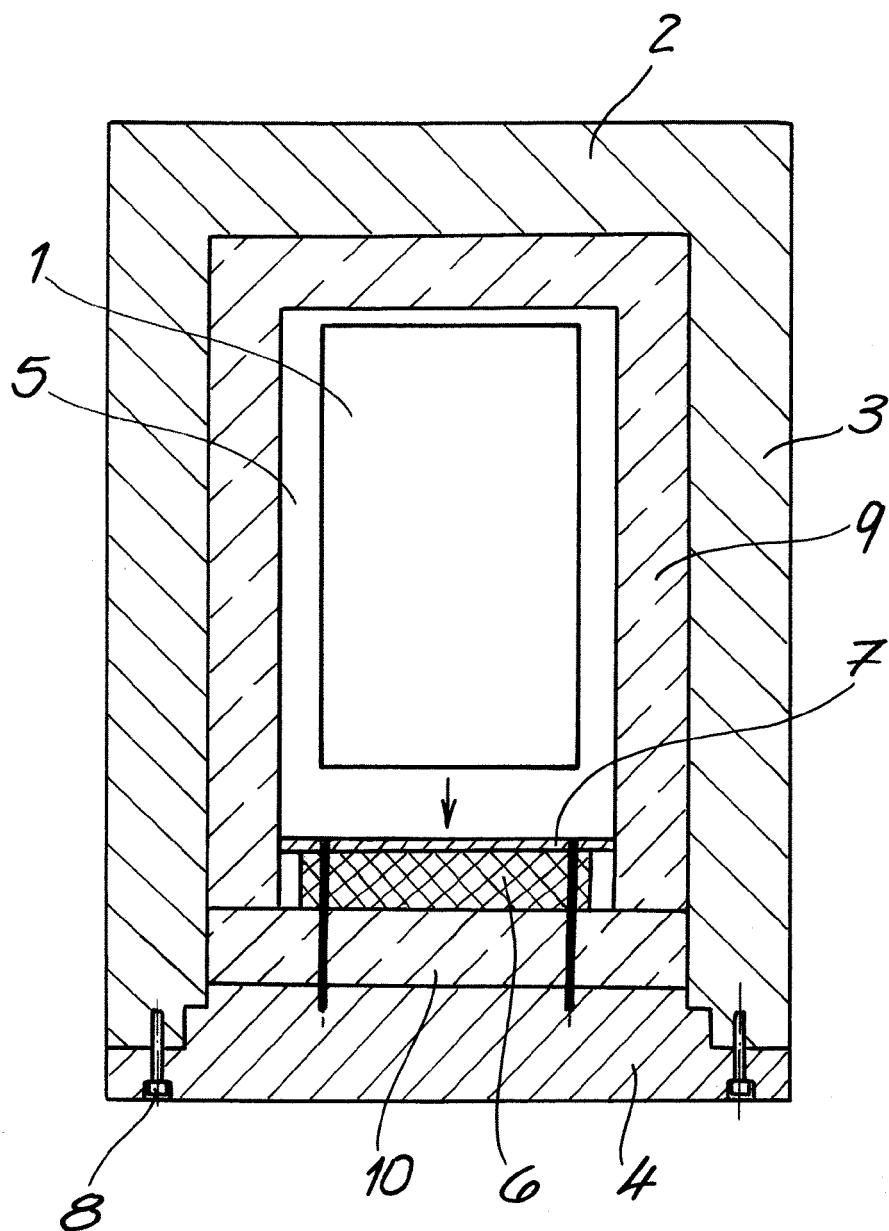


Fig.3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2015032848 A1 [0004] [0007]
- EP 2827336 A1 [0005]
- CN 203026182 U [0006]
- US 4190160 A [0008]