(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 447 322 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.12.2005 Patentblatt 2005/51

(51) Int Cl.[7]: **B63G 8/00**, F17C 13/12

(21) Anmeldenummer: **04002633.8**

(22) Anmeldetag: **06.02.2004**

(54) **Unterseeboot mit einem Flüssiggasbehälter**

Submarine with a tank containing a liquid gas

Sous-marin avec un réservoir contenant un gaz liquide

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **12.02.2003 DE 10305776**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.08.2004 Patentblatt 2004/34

(73) Patentinhaber: **Howaldtswerke-Deutsche Werft GmbH**
24143 Kiel (DE)

(72) Erfinder:
- **Benthien, Udo, Dipl.-Ing.**
  23562 Lübeck (DE)
- **Pommer, Hans, Dipl.-Ing.**
  24360 Barkelsby (DE)
- **Sattler, Gunter, Dipl.-Ing.**
  23568 Lübeck (DE)

(74) Vertreter: **Vollmann, Heiko et al**
Patentanwälte Wilcken & Vollmann,
Bei der Lohmühle 23
23554 Lübeck (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
JP-A- 58 146 800
US-A- 4 519 415
US-A- 5 564 588

- **SATTLER G: "Fuel cells going on-board" JOURNAL OF POWER SOURCES, ELSEVIER SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, Bd. 86, Nr. 1-2, März 2000 (2000-03), Seiten 61-67, XP004194100 ISSN: 0378-7753**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 447 322 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Unterseeboot mit einem Tank zur Aufnahme und Lagerung von Flüssiggas, insbesondere Sauerstoff.

[0002] Unterseeboote, insbesondere für den militärischen Einsatz, können ihre elektrische Energie, insbesondere im Tauchbetrieb ganz oder teilweise aus Brennstoffzellen beziehen, in denen beispielsweise Sauerstoff und Wasserstoff zur Gewinnung elektrischer Energie katalytisch oxidiert wird. Um beispielsweise Sauerstoff in ausreichender Menge bootsseitig speichern zu können, ist ein Tank erforderlich, in dem der Sauerstoff in flüssiger Form gelagert werden kann.

[0003] Die Lagerung von tiefkaltem flüssigem Gas, insbesondere von Sauerstoff, zählt zumindest bei Anwendungen an Land zum Stand der Technik. Ein solcher bekannter Tank ist zweischalig aufgebaut, besteht also aus einer druckdichten Innenwand sowie einer mit Abstand dazu angeordneten gegen Vakuum feste Außenwand, zwischen denen Perlite als Strahlungsisolierung verfüllt ist. Zur Wärmleitungsisolierung ist der Zwischenraum zusätzlich auch evakuiert.

[0004] Weiterhin ist es bekannt, eine hohe Wärmeisolation durch Anordnung von mehreren mit Abstand zueinander angeordneten Alufolien und dazwischen befindlichen evakuierten Räumen zu erreichen.

[0005] Diese Anordnungen sind jedoch nur für die stationäre Anwendung geeignet, da sie nur in geringem Maße mechanischen Lasten, wie sie beispielsweise bei einen Aufprall oder einer Detonation auftreten, Stand halten.

[0006] Es zählt weiter zum Stand der Technik bei auf Fahrzeugen angeordneten zweischaligen Flüssigsauerstofftanks zwischen der Innen- und Außenwand Bänder vorzusehen, welche die Wandungen auch im Belastungsfalle mit Abstand zueinander halten. Doch sind auch diese Konstruktionen für den Einsatz in einem militärischen Unterseeboot nicht geeignet, da die Belastungen, die beispielsweise bei der Detonation einer Wasserbombe in der Nähe des Unterseebootes entstehen, im Bereich von dem zehn- bis hundertfachen der Erdbeschleunigung liegen (10 bis 100 g). Zwar wäre es konstruktiv denkbar, die bekannte Konstruktion, bei der Innenwand und Außenwand über Bänder miteinander verbunden sind, soweit zu verstärken, dass eine solche mechanische Belastung aufgenommen werden könnte, doch würden sich hierbei so große Bandquerschnitte ergeben, dass die erforderliche Isolierung zwischen Innen- und Außenwand nicht mehr realisierbar wäre, da die Wärmebrücken durch die Bänder die Isolierung unwirksam machen.

[0007] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Unterseeboot mit einem Tank zur Aufnahme und Lagerung von Flüssiggas, insbesondere von flüssigen Sauerstoff, zu schaffen, bei dem auch der Tank den U-Boot spezifischen insbesondere militärischen Anforderungen genügt.

[0008] Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie der Zeichnung angegeben.

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist das Unterseeboot mit einem Tank zur Aufnahme und Lagerung von Flüssiggas, insbesondere von flüssigem Sauerstoff, ausgestattet, der zweischalig aufgebaut ist, der zwischen Innenwand und Außenwand mit Füllkörpern zur Strahlungsisolierung versehen ist, der zur Wärmeleitungsisolierung zwischen Außenwand und Innenwand evakuiert ist und bei dem darüber hinaus Haltemittel zum mechanischen Verbund von Außenwand und Innenwand vorgesehen sind, welche die Isolierwirkung des Behälters nicht über das erforderliche Maß hinaus beeinträchtigen. Die Haltemittel sind jedoch im Hinblick auf ihre Dimensionierung lediglich auf eine statische Last ausgelegt, also um den durch die Innenwand gebildeten Innenbehälter innerhalb des durch die Außenwand gebildeten Außenbehälters bestimmungsgemäß zu halten. Um die unterseebootspezifischen militärischen Anforderungen, insbesondere hinsichtlich der Schockbelastung, aufnehmen zu können, sieht die Erfindung Füllkörper vor, die im Wesentlichen Kugelform aufweisen. Diese Füllkörper dienen also nicht nur zur Strahlungsisolierung, wie dies an sich bekannt ist, sondern sie dienen insbesondere zur Aufnahme hoher Schockbelastungen, ohne dabei die Isolationswirkung (auch während der Schockbelastung) stark zu beeinflussen. Durch die Kugelform der Füllkörper - es muss hier keine geometrisch ideale Kugelform realisiert werden, es genügt eine angenäherte Kugelform - werden im Falle einer Schockbelastung die auftretenden Kräfte über die Kugeln weitgehend gleichmäßig verteilt, wobei insbesondere bei der erfindungsgemäßen Dimensionierung sich die Kugeln in ihrer Gesamtheit festkörperartig verhalten und somit sehr hohe Kräfte aufnehmen können.

[0010] Besonders geeignet hierfür sind Glaskugeln, da sie extrem formstabil sind, kostengünstig hergestellt werden können und sehr hohe Kräfte aufnehmen können.

[0011] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung sind die Glaskugeln nicht massiv, sondern als Hohlkörper ausgebildet. Hierdurch wird insbesondere die Isolierwirkung gesteigert ohne merkliche Stabilitätseinbußen zu haben.

[0012] Bevorzugt werden als Füllkörper gemäß der Erfindung Mikroglaskugeln eingesetzt, die als Schüttgut flüssigkeitsähnliches Fließverhalten haben, also auch in enge Zwischenräume gelangen und somit fertigungstechnisch besonders günstig in den zwischen Innenwand und Außenwand gebildeten Freiraum verfüllbar sind. Diese Mikroglaskugeln verteilen sich flüssigkeitsähnlich in dem zwischen Außenwand und Innenwand gebildeten Freiraum, wirken jedoch im Falle plötzlicher Belastung, wie sie beispielsweise durch die Druckwelle

bei einer Detonation auftritt, ähnlich wie ein Festkörper. Sie fixieren somit den Innenbehälter mit dem erforderlichen Abstand zum Außenbehälter und gewährleisten die erforderliche Isolierung auch im Belastungsfall. Zwar wird im Belastungsfall die Wärmeleitfähigkeit der Mikroglaskugeln aufgrund der höheren Flächenpressung zwischen den Kugeln gringfügig größer, doch nimmt diese nach Abfall der Belastung im gleichen Maße wieder ab.

[0013] Je nach Anwendungsfall können die Füllkörper aus unterschiedlichem Material und unterschiedlicher Größe bestehen, bevorzugt werden jedoch Mikroglaskugeln mit einem mittleren Durchmesser von 20 bis 120 µm eingesetzt, und zwar in verdichteter Form. Durch das Verdichten der in den Zwischenraum eingefüllten Füllkörper wird eine höhere Packungsdichte und somit eine höhere Stabilität erreicht. Das Verdichten kann mittels einer an sich bekannten Rütteleinrichtung erfolgen. Um die Wärmeleitfähigkeit der Mikroglaskugeln weiter zu verringern, sind diese vorteilhaft nicht als Vollkörper sondern als Hohlkugeln ausgebildet und weisen eine Wanddicke auf, die je nach Druckanforderung zwischen 0,2 und 5 µm liegt.

[0014] Die konstruktive Ausbildung des erfindungsgemäßen Flüssigsauerstofftanks ist, zumindest soweit es die Haltemittel zwischen Innen- und Außentank angeht, relativ einfach, da sie im Wesentlichen zur Aufnahme der zwischen Innenwand und Außenwand wirkenden statischen Lasten ausgelegt und ausgebildet ist. Die Haltemittel dienen also lediglich dazu, unter normalen statischen Bedingungen den Innentank in seiner Position zum Außentank zu halten. Sie brauchen nicht für eine erhöhte (dynamische) Belastung ausgelegt zu werden, was nicht nur konstruktiv von Vorteil ist, sondern auch hinsichtlich der Isolierwirkung Vorteile hat. Die Haltemittel können nämlich in Form von beispielsweise kreuzweise verspannten lang gestreckten Bändern zwischen Innenwand und Außenwand gebildet sein. Eine solche Anordnung ist besonders vorteilhaft, da dann der durch die Innenwand gebildeten Innentank quasi innerhalb des durch die Außenwand gebildeten Außentanks aufgehängt werden kann, d. h. die Halteelemente nur zugbelastet werden. Diese brauchen dann nicht eigensteif ausgebildet zu sein und können einen vergleichsweise geringen Querschnitt aufweisen, so dass die Isolierwirkung zwischen Innen- und Außenbehälter durch die Bänder vergleichsweise wenig verschlechtert wird.

[0015] Um ein Befüllen des flüssigen Sauerstoffs in den Tank und eine Entnahme von flüssigen Sauerstoff aus dem Tank zu ermöglichen, ist mindestens eine den Tank durchdringende Leitung vorzusehen sowie entsprechende Absperrmittel, in Form eines Absperrventils, eines Überdruckventils und dergleichen.

[0016] Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann flüssiges Gas, insbesondere flüssiger Sauerstoff unter Druck und gekühlt gelagert werden, wobei die U-Boot spezifischen Anforderungen hinsichtlich Schockbelastung und Lagerungszeit (beispielsweise über eine Woche) ohne zusätzliche Einrichtungen zur Wärmeabfuhr erzielt werden können.

[0017] Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in stark vereinfachter schematischer Darstellung einen Flüssigsauerstofftank gemäß der Erfindung im Längsschnitt und

Fig. 2 den Tank nach Fig. 1 im Querschnitt.

[0018] Der anhand der Figuren dargestellte Tank 1 für die Lagerung von flüssigem Sauerstoff auf einem militärischen U-Boot ist an geeigneter (nicht dargestellter) Stelle im U-Boot angeordnet, dies kann innerhalb oder außerhalb des Druckraumes sein. Der Tank 1 weist eine Innenwand 2 auf, welche ein druckdichtes Innenbehältnis (Innentank) bildet, in dem der Sauerstoff 3 gelagert ist. In den Figuren ist mit 3a der flüssige Sauerstoff und mit 3b der gasförmige Anteil innerhalb des Tanks 1 gekennzeichnet. Die Innenwand 2 ist zu einem im Wesentlichen zylindrischen und an den Enden etwa halbkugelförmigen Innenbehälter geformt, der allseits mit im Wesentlichen konstanten Abstand 4 zu einer Außenwand 5 angeordnet ist, die ein äußeres Behältnis (Außentank) bildet, das die gleiche Form wie der Innentank aufweist, jedoch deutlich größer ist, um diesen mit Abstand 4 zu umgeben.

[0019] Der durch die Innenwand 2 gebildete Innenbehälter ist über Tragbänder 6 innerhalb des durch die Außenwand 5 gebildeten Außenbehälters aufgehängt. Die Tragbänder 6 sind an mindestens sechs Seiten angeordnet, und zwar jeweils paarweise und gekreuzt um diese möglichst lang ausbilden zu können. Die Bänder 6 sind so ausgelegt, dass sie im Wesentlichen die statische Last tragen, welche der mit Sauerstoff gefüllte Innenbehälter insbesondere durch seine Gewichtskraft erzeugt. Die Bänder 6 sind ebenso wie die Innen- und Außenbehälter aus Stahl gebildet und mit diesen verschweißt.

[0020] Der zwischen Innenwand 2 und Außenwand 5 gebildete Raum ist mit Mikroglaskugeln 7 vollständig gefüllt, die darüber hinaus in diesem Raum verdichtet worden sind. Der so mit verdichteten Mikroglaskugeln 7 ausgefüllte Raum ist danach evakuiert, d. h. unter Vakuum gesetzt worden, um auf diese Weise eine hohe Isolierwirkung zu erreichen. Durch die Verdichtung und Evakuierung sind die Microglaskugeln 7 abriebfest gepackt, so dass auch im normalen Betrieb keinerlei Verschleiß innerhalb der Isolierung entsteht. Sie nehmen die im Falle einer Schockbelastung beispielsweise in Höhe von 10 bis 100 g auftretenden Kräfte auf, ohne dass die Tragbänder 6 zusätzlich merklich belastet werden. Die Isolationswirkung bleibt dabei nahezu vollständig erhalten bzw. wird unmittelbar nach der Belastung vollständig wieder hergestellt.

[0021] Zum Befüllen und Entleeren des flüssigen

Sauerstoffs ist nahe dem Boden des Tanks 1 eine die Innenwand 2 und die Außenwand 5 durchdringende Leitung 8 vorgesehen sowie ein Absperrventil 9, dass symbolisch für die hier gegebenenfalls noch vorzusehenden Sicherheits- und Ventilanordnungen steht.

Bezugszeichen

[0022]

1 - Tank

2 - Innenwand

3 - Sauerstoff

4 - Abstand

5 - Außenwand

6 - Tragbänder

7 - Mikroglaskugeln

8 - Leitung

9 - Absperrventil

Patentansprüche

1. Unterseeboot mit einem Tank (1) zur Aufnahme und Lagerung von Flüssiggas, insbesondere Sauerstoff (3), mit folgenden Merkmalen:

1.1 der Tank (1) weist eine druckdichte Innenwand (2) auf

1.2 der Tank (1) weist eine Außenwand (5) auf

1.3 Außenwand (5) und Innenwand (2) sind über Haltemittel (6) mechanisch miteinander verbunden

1.4 der zwischen Außenwand (5) und Innenwand (2) gebildete Freiraum ist mit Füllkörpern (7) ausgefüllt und evakuiert

1.5 die Füllkörper (7) haben im wesentlichen Kugelform

2. Unterseeboot nach Anspruch 1, bei dem die Füllkörper (7) durch Glaskugeln gebildet sind.

3. Unterseeboot nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Füllkörper (7) durch Hohlkörper gebildet sind.

4. Unterseeboot nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Füllkörper (7) durch Mikroglaskugeln (7) gebildet sind.

5. Unterseeboot nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Füllkörper (7) einen Durchmesser von 20 bis 120 μm aufweisen.

6. Unterseeboot nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Füllkörper (7) verdichtet sind.

7. Unterseeboot nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Haltemittel (6) im Wesentlichen zur Aufnahme der zwischen Innenwand (2) und Außenwand (5) wirkenden statischen Lasten ausgelegt und ausgebildet sind.

8. Unterseeboot nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Haltemittel (6) durch zwischen Innenwand (2) und Außenwand (5) angeordnete Bänder (6) gebildet sind.

9. Unterseeboot nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mindestens eine absperrbare Leitung (8) zum Befüllen und zur Entnahme in den Tank (1) bzw. aus dem Tank (1) vorgesehen ist.

Claims

1. A submarine with a tank (1) for accommodating and storing liquid gas, in particular oxygen (3), with the following features:

1.1 the tank (1) comprises a pressure-tight inner wall (2)

1.2 the tank (1) comprises an outer wall (5)

1.3 the outer wall (5) and the inner wall (2) are mechanically connected to one another via retaining means (6)

1.4 the free space formed between the outer wall (5) and the inner wall (2) is filled out with filler bodies (7) and evacuated

1.5 the filler bodies (7) have an essentially spherical shape.

2. A submarine according to claim 1, with which the filler bodies (7) are formed by glass balls.

3. A submarine according to one of the preceding claims, with which the filler bodies (7) are formed by hollow bodies.

4. A submarine according to one of the preceding

claims, with which the filler bodies (7) are formed by micro glass balls (7).

5. A submarine according to one of the preceding claims, with which the filler bodies (7) have a diameter of 20 to 120 µm.

6. A submarine according to one of the preceding claims, with which the filler bodies (7) are compacted.

7. A submarine according to one of the preceding claims, with which the retaining means (6) are designed and formed essentially for accommodating the static loads acting between the inner wall (2) and the outer wall (5).

8. A submarine according to one of the preceding claims, with which the retaining means (6) are formed by strips (6) arranged between the inner wall (2) and the outer wall (5).

9. A submarine according to one of the preceding claims, with which at least one blockable (shut-off) conduit is provided for the filling into the tank (1) and for removal out of the tank (1).

Revendications

1. Sous-marin comprenant un réservoir (1) destiné à recevoir et à stocker du gaz liquide, notamment de l'oxygène (3), **caractérisé en ce qu'**il comprend les caractéristiques suivantes :

   1.1 le réservoir (1) présente une paroi intérieure (2) étanche à la pression
   1.2 le réservoir (1) présente une paroi extérieure (5)
   1.3 la paroi extérieure (5) et la paroi intérieure (2) sont reliées mécaniquement l'une à l'autre, par l'intermédiaire de moyens de retenue (6)
   1.4 l'espace libre formé entre la paroi extérieure (5) et la paroi intérieure (2) est rempli de corps de charge (7), et est sous vide
   1.5 les corps de charge (7) présentent sensiblement une forme sphérique.

2. Sous-marin selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les corps de charge (7) sont formés par des billes de verre.

3. Sous-marin selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les corps de charge (7) sont formés par des corps creux.

4. Sous-marin selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les corps de charge (7) sont formés par des micro-billes de verre (7).

5. Sous-marin selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les corps de charge (7) présentent un diamètre de 20 à 120 µm.

6. Sous-marin selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les corps de charge (7) sont comprimés.

7. Sous-marin selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de retenue (6) sont essentiellement dimensionnés et configurés pour absorber les charges statiques agissant entre la paroi intérieure (2) et la paroi extérieure (5).

8. Sous-marin selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de retenue (6) sont formés par des bandes (6) agencées entre la paroi intérieure (2) et la paroi extérieure (5).

9. Sous-marin selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**est prévue au moins une conduite (8) pouvant être obturée, pour remplir le réservoir (1) ou pour soutirer à partir du réservoir (1).

Fig. 2

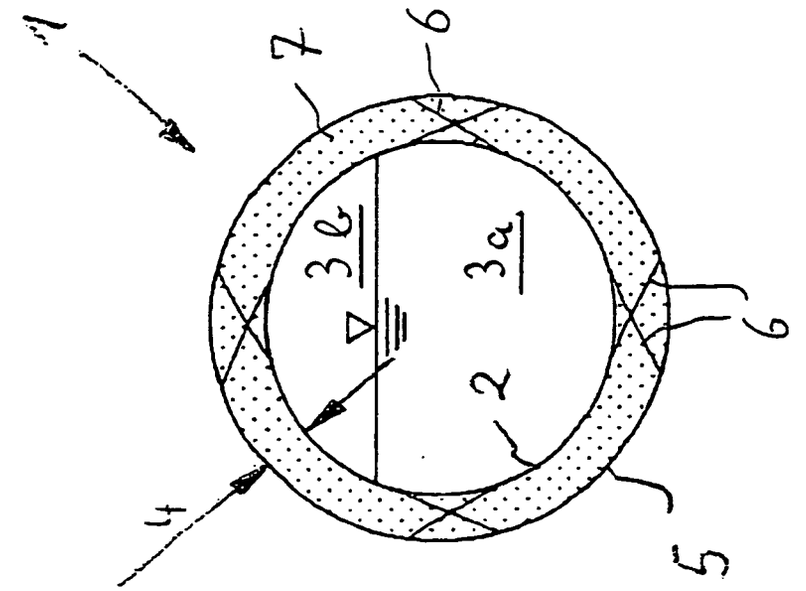


Fig. 1

