

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 069 051
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21)

Anmeldenummer: 82730089.8

(51)

Int. Cl.³: F 17 C 3/02

(22)

Anmeldetag: 29.06.82

(30)

Priorität: 01.07.81 DE 3125846

(71)

Anmelder: Philipp Holzmann AG, Taunusanlage 1,
D-6000 Frankfurt 1 (DE)

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 05.01.83
Patentblatt 83/1

(72)

Erfinder: Krabbe, Wilfried, Dr.-Ing., Breitseeweg 32,
D-6072 Dreieich-Buchschlag (DE)
Erfinder: Schäfer, Hans, Dr.-Ing.,
Grimmelshausenstrasse 13, D-6100 Darmstadt (DE)
Erfinder: Dietz, Hans-Dieter, Dr.-Ing., Am Brennhaus 27,
D-6230 Frankfurt 80 (DE)

(84)

Benannte Vertragsstaaten: BE DE FR GB IT

(74)

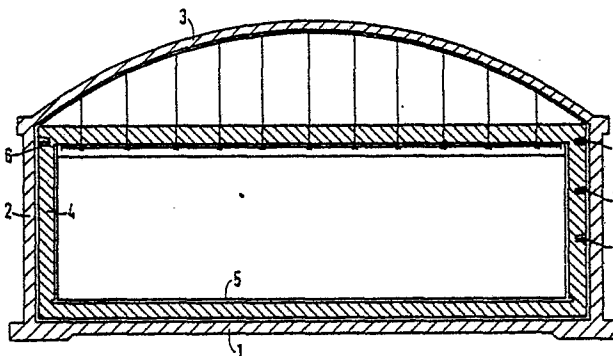
Vertreter: Eikenberg & Brümmerstedt Patentanwälte,
Schackstrasse 1, D-3000 Hannover 1 (DE)

(54)

Behälter zur Einlagerung von tiefgekühlten Flüssigkeiten.

(57)

Es wird ein Behälter zur Einlagerung von tiefgekühlten Flüssigkeiten, insbesondere von verflüssigten Gasen beschrieben, der aus einem allseitig geschlossenen Stahlbetonaussenbehälter und aus einem in diesen unter Einfügung eines Isoliermaterials eingesetzten Stahlinnenbehälter besteht, wobei als Isolierung zwischen den beiden Behältern ein Granulat auf mineralischer Basis dient. Um bei einem Riss des Stahlinnenbehälters zu verhindern, dass die Flüssigkeit schwallartig in den Zwischenraum einströmt und örtlich hohe Belastungen des Stahlbetonaussenbehälters verursacht, wird zwischen den Behältern wenigstens am oberen Rand ein ringförmiger Sperrkörper angeordnet, der einen Zwischenraum zwischen den beiden Behältern frei lässt, so dass erreicht wird, dass bei Auftreten eines solchen Risses das zur Isolierung dienende Granulat nicht nach oben aus dem Zwischenraum verdrängt und dadurch die Strömungsgeschwindigkeit in dem Zwischenraum klein gehalten wird.



EP 0 069 051 A2

Behälter zur Einlagerung von tiefgekühlten Flüssigkeiten

Die Erfindung betrifft einen Behälter zur Einlagerung von tiefgekühlten Flüssigkeiten, insbesondere von verflüssigten Gasen, bestehend aus einem allseitig geschlossenen Stahlbeton- oder Spannbetonaußenbehälter und aus einem darin unter Einfügung eines Isoliermaterials eingesetzten, oben offenen Stahlinnenbehälter, der zur Aufnahme der Flüssigkeit dient, wobei das Isoliermaterial im ebenfalls offenen ringförmigen Zwischenraum zwischen den beiden Behältern aus einem Granulat auf mineralischer Basis besteht.

In letzter Zeit hat der Einsatz von Erdgas als Energieträger im Privatbereich und der Wirtschaft zunehmend an Bedeutung gewonnen. Abgesehen vom Transport des Gases von weit abgelegenen Förderorten zu Abnehmern durch Rohrleitungen erfolgt der Transport auch nach Verflüssigung des Gases auf dem Seeweg. Das verflüssigte Gas erfordert dann entsprechende Lagerungsvorrichtungen beim Abnehmer, wobei vorgeschriebene Sicherheitsbedingungen erfüllt sein müssen.

In der Regel dient ein nach oben offener Stahlinnenbehälter zur Aufnahme des verflüssigten Gases, wobei der Stahlinnenbehälter von einem Stahlbetonaußenbehälter unter Zwischenschaltung eines Isoliermaterials vollständig umgeben ist.

Für den Betrieb solcher Behälter müssen umfangreiche Sicherheitsvorkehrungen getroffen sein. So muß der Außenbehälter einerseits erdbebensicher sein, andererseits aber auch Belastungen bei einer Gaswolkenexplosion überstehen können. Für den Innenbehälter muß aber auch dem Lastfall begegnet werden, daß dieser plötzlich aufreißt. Da Stahl bei den niedrigen Temperaturen, mit denen verflüssigtes Gas gelagert wird, zur Sprödigkeit neigt, können Materialfehler im Stahl tatsächlich dazu führen, daß eine zunächst kleine Bruchstelle

sich zu einem durchgehenden Riß aufweitet. Die Folge davon ist, daß das tiefgekühlte Flüssiggas aus dem Riß austritt und sich in den Ringspalt zwischen dem Stahlinnenbehälter und dem Stahlbetonaußenbehälter ergießt und von der Austrittsstelle in beiden Richtungen in den Ringspalt einströmt.

Betrachtet man zunächst den vereinfachten Fall, daß sich in dem Ringspalt kein Isoliermaterial befindet, verläuft der Strom der Flüssigkeit in beiden Richtungen innerhalb des Ringspaltes, bis sich die beiden Teilströme etwa an der der Bruchstelle diametral gegenüberliegenden Seite treffen, und Modellversuche haben gezeigt, daß dann an dieser Stelle des Aufeinandertreffens ein Druck auf den Stahlbetonbehälter einwirkt, der örtlich bis zu dem sechsfachen hydrostatischen Druck beträgt, so daß damit der Stahlbetonaußenbehälter unzulässig beansprucht werden kann.

Dieser überhöhte hydrostatische Druck kann aber auch bei den bisher üblichen Flüssiggasbehältern auftreten, bei denen zwischen dem Stahlinnenbehälter und dem Stahlbetonaußenbehälter eine Isolierung angeordnet ist. Diese Isolierung besteht nämlich üblicherweise aus expandiertem Perlit. Ausgangsmaterial ist dabei ein vulkanisches Silikatgestein, bei dem durch kurzfristiges Erhitzen etwa 1000° das gebundene Wasser in Dampf verwandelt wird, so daß die Glasschmelze auf ein vielfaches ihres ursprünglichen Volumens aufgebläht wird.

Während zwischen dem Boden des Stahlinnenbehälters und dem Stahlbetonaußenbehälter die Isolierung aus Schaumglas besteht, die in der Lage ist, dem statischen Druck des Stahlinnenbehälters und des darin befindlichen Flüssiggases standzuhalten, dient zur Isolierung im Ringraum zwischen den beiden Behältern das Perlitgranulat, das den Vorteil einer hohen Isolationsfähigkeit besitzt, nicht brennbar und verhältnismäßig preiswert ist.

Wie jedes wärmeisolierende Material hat jedoch das Perlitgranulat ein sehr geringes spezifisches Gewicht, was im Falle eines Aufreißens des Stahlinnenbehälters bedeutet, daß die Isolierung der dann austretenden Flüssigkeit keinen nennenswerten Widerstand entgegensetzen würde und von dem austretenden Flüssiggas nach oben aus dem Ringspalt verdrängt würde, so daß dann die gleichen Folgen eintreten würden, als sei zwischen den beiden Behältern kein Isoliermaterial vorhanden.

Um dem entgegenzutreten, wären zwei Lösungen denkbar. Eine dieser Lösungen bestände darin, das Perlitmaterial durch ein anderes Isoliermaterial zu ersetzen, das einer Ausbreitung des Flüssiggases bei einem Riß des Innenbehälters entgegenwirkt. Dies wäre beispielsweise durch Ausschäumen des Zwischenraumes mit einem Kunststoff möglich, der im aufgeschäumten Zustand ausreichend widerstandsfähig ist. Dem stehen jedoch technische und ökonomische Gesichtspunkte entgegen. So sind Kunststoffschäumstoffe brennbar und schon aus diesem Grunde ungeeignet. Ferner ist kein technisches Verfahren bekannt, um eine homogene Schaumauskleidung dieses Ausmaßes herzustellen, denn der Ringspalt hat bei Behältern gängiger Größe eine Dicke von etwa 1 m bei einem Umfang von etwa 300 m. Außerdem würde ein vollständiges Auskleiden des Ringspalt es den Zugang zum Stahlinnenbehälter beispielsweise zu Kontrollzwecken verhindern. Die Kosten des Kunststoffmaterials und dessen Einbringung in den Ringspalt wären zudem erheblich größer als bei Verwendung des Perlitgranulats, das den Vorzug der Nichtbrennbarkeit besitzt, weil es auf mineralischer Basis beruht.

Ausgehend von der Verwendung eines solchen mineralischen Granulats könnte man zwar daran denken, den Ringspalt auf seiner Oberseite zu verschließen, um so bei einem Riß des Innenbehälters eine Verdrängung des Isoliermaterials zu verhindern. Ein solcher Verschluß ist jedoch aus mehreren Gründen nicht möglich. Zum einen würde hierdurch eine unerwünschte

Kältebrücke geschaffen, da eine unmittelbare Verbindung zwischen Stahlinnenbehälter und Stahlbetonaußenbehälter geschaffen würde. Außerdem würde dann ein Druckausgleich nach außen unterbunden, der beispielsweise notwendig ist, wenn das tiefgekühlte Flüssiggas in den Stahlinnenbehälter eingefüllt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Behälter der eingangs genannten Art für den Fall eines Risses im Stahlinnenbehälter unzulässige örtliche Druckbeanspruchungen des Stahlbetonaußenbehälters zu vermeiden.

Die gestellte Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß zwischen dem Stahlbetonaußenbehälter und dem Stahlinnenbehälter mindestens ein ringförmiger Sperrkörper angeordnet ist, der am Stahlbetonaußenbehälter oder am Stahlinnenbehälter befestigt ist und einen Zwischenraum zwischen den beiden Behältern frei läßt.

Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird erreicht, daß bei dem Lastfall des plötzlichen Aufreißens des Stahlinnenbehälters die austretende Flüssigkeit das leichte Granulat nicht schlagartig verdrängen kann, so daß die Strömungsgeschwindigkeit der austretenden Flüssigkeit stark reduziert wird und an der Austrittsstelle gegenüberliegenden Seite die beiden Teilströme nicht mehr schwallartig aufeinandertreffen können.

Dabei wird - da der Sperrkörper keine Verbindung zwischen den beiden Behältern herstellt - sowohl die Ausbildung einer Kältebrücke verhindert als auch ein ungehinderter Druckausgleich zugelassen.

Durch Wahl der Größe des von dem Sperrkörper gelassenen Zwischenraumes im Ringspalt und gegebenenfalls durch Löcher oder Schlitze im Sperrkörper läßt sich erreichen, daß die

Druckbelastung des Spannbetonbehälters zu keinem Zeitpunkt und an keiner Stelle größer ist als die hydrostatische Belastung.

Vorzugsweise ist ein Sperrkörper parallel zum Boden in Höhe des oberen Randes des Stahlinnenbehälters angeordnet, jedoch können auch weitere Sperrkörper in Ebenen unterhalb des oberen Randes des Stahlinnenbehälters vorgesehen werden.

Es kann aber auch ein Sperrkörper an der Dachkuppel des Stahlbetonaußenbehälters befestigt werden, der sich etwa parallel zur Behälterachse in Richtung auf das obere Ende des Stahlinnenbehälters erstreckt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In der Zeichnung bedeuten:

- | | |
|--------|--|
| Fig. 1 | eine Querschnittsdarstellung eines Behälters zur Einlagerung von Flüssiggas; |
| Fig. 2 | einen Ausschnitt aus Fig. 1 in vergrößertem Maßstab und |
| Fig. 3 | eine andere Ausführungsform zur Anbringung des Sperrkörpers. |

Fig. 1 zeigt einen Stahlbetonaußenbehälter, der aus einer Bodenplatte 1, einer Wand 2 und einer Dachkuppel 3 besteht. Innerhalb des Außenbehälters ist getrennt durch eine Isolierung 4 ein Innenbehälter 5 aus Stahl angeordnet, der nach oben hin offen ist und zur Aufnahme von verflüssigtem Erdgas dient. Bei einem solchen Behälter mit einem Fassungsvermögen von 50.000 m³ beträgt die Wandstärke des Stahlinnenbehälters 5 etwa 14 - 30 mm, die Dicke der Isolierung 4 etwa 1 m und die Wandstärke des Stahlbetonaußenbehälters etwa 50 cm. Die Isolierung unter dem Boden des Stahlbehälters besteht dabei aus Schaumglas, das in der Lage ist, die statische Belastung des mit Flüssiggas gefüllten Behälters 5

auszuhalten, während die Isolierung an der Decke aus Mineralwolle besteht. Der Ringspalt zwischen den beiden Behältern ist mit einem Granulat aus Perlit gefüllt. Das nicht brennbare Perlitgranulat hat den Vorteil, daß es auf einfache Weise in den Ringspalt eingebracht werden kann, daß es aber auch für Inspektionszwecke oder für erforderliche Reparaturarbeiten genauso leicht durch Absaugen wieder entfernt werden kann.

Um nun bei dem Auftreten eines plötzlichen Aufreisens zu verhindern, daß die aus dem Spalt zu beiden Seiten aus dem Behälter austretenden Teilströme im Zwischenraum zwischen den beiden Behältern an der Austrittsstelle gegenüber liegenden Seite unter Verdrängung des Perlitgranulats schwallartig aufeinandertreffen, ist nun gemäß der Erfindung wenigstens in der Nähe des oberen Endes des Stahlinnenbehälters 5 ein ringförmiger Sperrkörper 6 vorgesehen, wobei Fig. 2 eine mögliche Ausführungs- und Befestigungsform für einen solchen Sperrkörper zeigt.

Dort ist der Sperrkörper 6 als ringförmige Scheibe ausgebildet, die mit Hilfe von Traversen 9 an der Wand 2 des Stahlbeton-Außenbehälters befestigt ist. Die Befestigung kann dabei mittels Schrauben 10 und im Stahlbeton verankerten Bolzen 11 erfolgen. Auf der Innenseite der Stahlbetonwand 2 befindet sich in üblicher Weise eine Blechverkleidung 12, während auf der Außenseite des Stahlinnenbehälters 5 in ebenfalls üblicher Weise eine Mineralfasermatte 13 angebracht ist, die als kompressible Pufferschicht bei einer Ausdehnung des Innenbehälters 5 dient.

Die radialen Abmessungen der Scheibe 6 sind kleiner als der Abstand zwischen der Außenseite der Blechverkleidung 12 und der Außenseite der Mineralfasermatte 13, so daß ein Zwischenraum 14 verbleibt, durch den ein Druckausgleich erfolgen kann. Gegebenenfalls können auch in der ringförmigen Scheibe 6 zusätzlich noch Löcher oder Schlitze 15 angebracht

werden.

Sollte der Lastfall des plötzlichen Aufreißens des Stahlinnenbehälters eintreten, würde das dann austretende Flüssiggas an einer raschen Strömung im Zwischenraum zwischen den Behältern stark gehindert, da der Sperrkörper 6 dafür sorgt, daß das Perlitgranulat nur in begrenztem Maße durch den Zwischenraum 14 und gegebenenfalls die Löcher oder Schlitze 15 austreten kann, so daß der Zwischenraum zwischen den Behältern nur langsam vollsickert und ein schwallartiges Aufeinandertreffen von Teilflüssigkeitsströmen unterbunden wird. Beim Eindringen des Flüssiggases in den Zwischenraum durch Verdampfung sich bildende Gase können ebenfalls durch den Zwischenraum 14 und gegebenenfalls die Löcher oder Schlitze 15 entweichen. Modellversuche haben ergeben, daß die abgedeckte Oberfläche des Behälterzwischenraums etwa 50 % bis 90 % der Gesamtoberfläche betragen sollte.

In Fig. 1 ist angedeutet, daß gegebenenfalls auch noch weitere Sperrkörper 7 bzw. 8 in Ebenen unterhalb des oberen Randes der Behälter vorgesehen werden können, die gleich ausgebildet sind wie der in Fig. 2 dargestellte Stahlkörper.

Natürlich sind auch andere Ausführungsformen des Sperrkörpers denkbar, und die Befestigung kann auch am Stahlinnenbehälter erfolgen.

Beispielsweise ist es gemäß Fig. 3 möglich, den Sperrkörper 6 an der Dachkuppel 3 zu befestigen, wobei der Sperrkörper sich etwa parallel zur Behälterachse erstreckt und bis zum oberen Ende des Stahlinnenbehälters 5 verläuft. Der Zwischenraum für den begrenzten Durchtritt des Perlitgranulats im Berstfall wird hier durch eine oder mehrere Öffnungen 15 im Sperrkörper 6 oberhalb der Isolierung über dem Stahlinnenbehälter 5 gebildet. Hierbei überlappt das Ende des Sperrkörpers 6 das obere Ende des Stahlinnenbehälters

5. Stattdessen könnte jedoch auch der Sperrkörpers am oberen Ende des Stahlinnenbehälters 5 befestigt werden und dann einen Abstand zur Dachkuppel 3 bilden.

Philipp Holzmann AG

332/39

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Behälter zur Einlagerung von tiefgekühlten Flüssigkeiten, insbesondere von verflüssigten Gasen, bestehend aus einem allseitig geschlossenen Stahlbeton- oder Spannbetonaußenbehälter und aus einem darin unter Einfügung eines Isoliermaterials eingesetzten, oben offenen Stahlinnenbehälter, der zur Aufnahme der Flüssigkeit dient, wobei das Isoliermaterial im ebenfalls oben offenen ringförmigen Zwischenraum zwischen den beiden Behältern aus einem Granulat auf mineralischer Basis besteht, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Stahlbetonaußenbehälter (2) und dem Stahlinnenbehälter (5) mindestens ein ringförmiger Sperrkörper (6) angeordnet ist, der am Stahlbetonaußenbehälter (2) oder am Stahlinnenbehälter (5) befestigt ist und einen Zwischenraum zwischen den beiden Behältern frei läßt.

2. Behälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sperrkörper (6) parallel zum Boden in Höhe des oberen Randes des Stahlinnenbehälters (5) angeordnet ist.

3. Behälter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Sperrkörper (7, 8) in Ebenen unterhalb des oberen Randes des Behälters (5) angeordnet sind.

4. Behälter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sperrkörper (6, 7, 8) aus ringförmigen Scheiben bestehen.
5. Behälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sperrkörper (6) an der Dachkuppel (3) des Stahlbetonaußenbehälters (2) befestigt ist und sich etwa parallel zur Behälterachse in Richtung auf das obere Ende des Stahlinnenbehälters (5) erstreckt.
6. Behälter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum dadurch gebildet wird, daß der Sperrkörper (6) geringere Abmessungen besitzt als der Zwischenraum zwischen den Behältern.
7. Behälter nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum durch Löcher oder Schlitzze (15) in dem Sperrkörper (6) gebildet wird.
8. Behälter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der bzw. die Sperrkörper mittels Traversen (9) versteift sind.

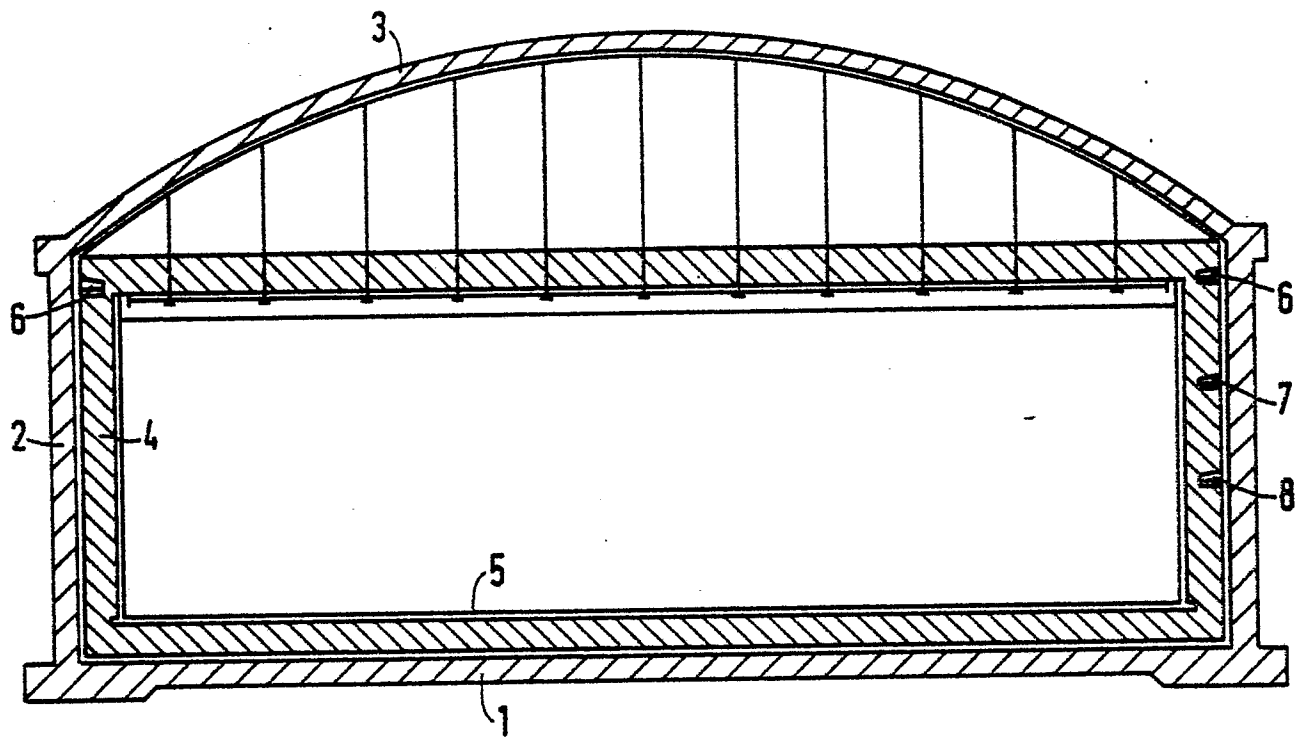


FIG. 1

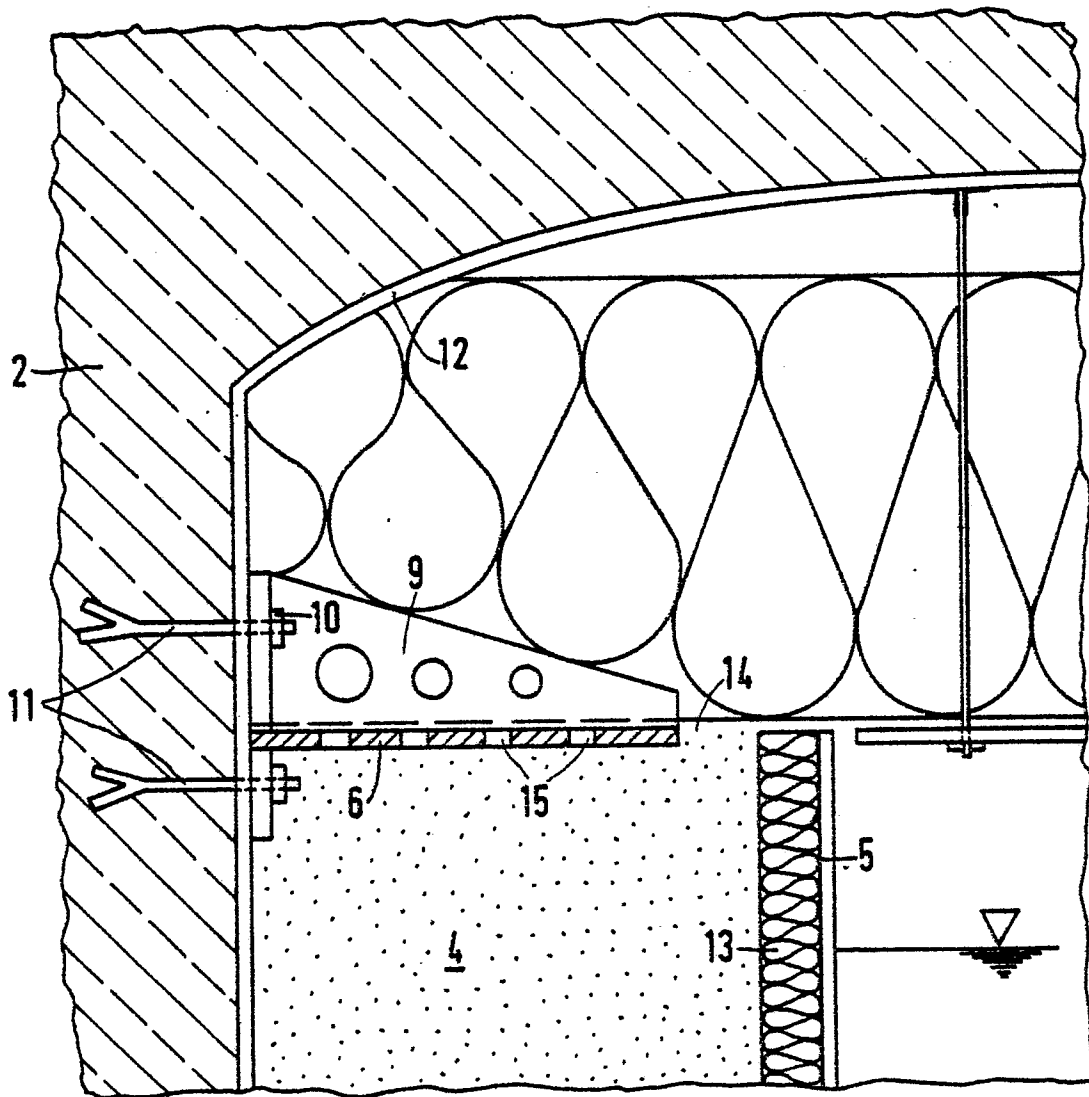


FIG. 2

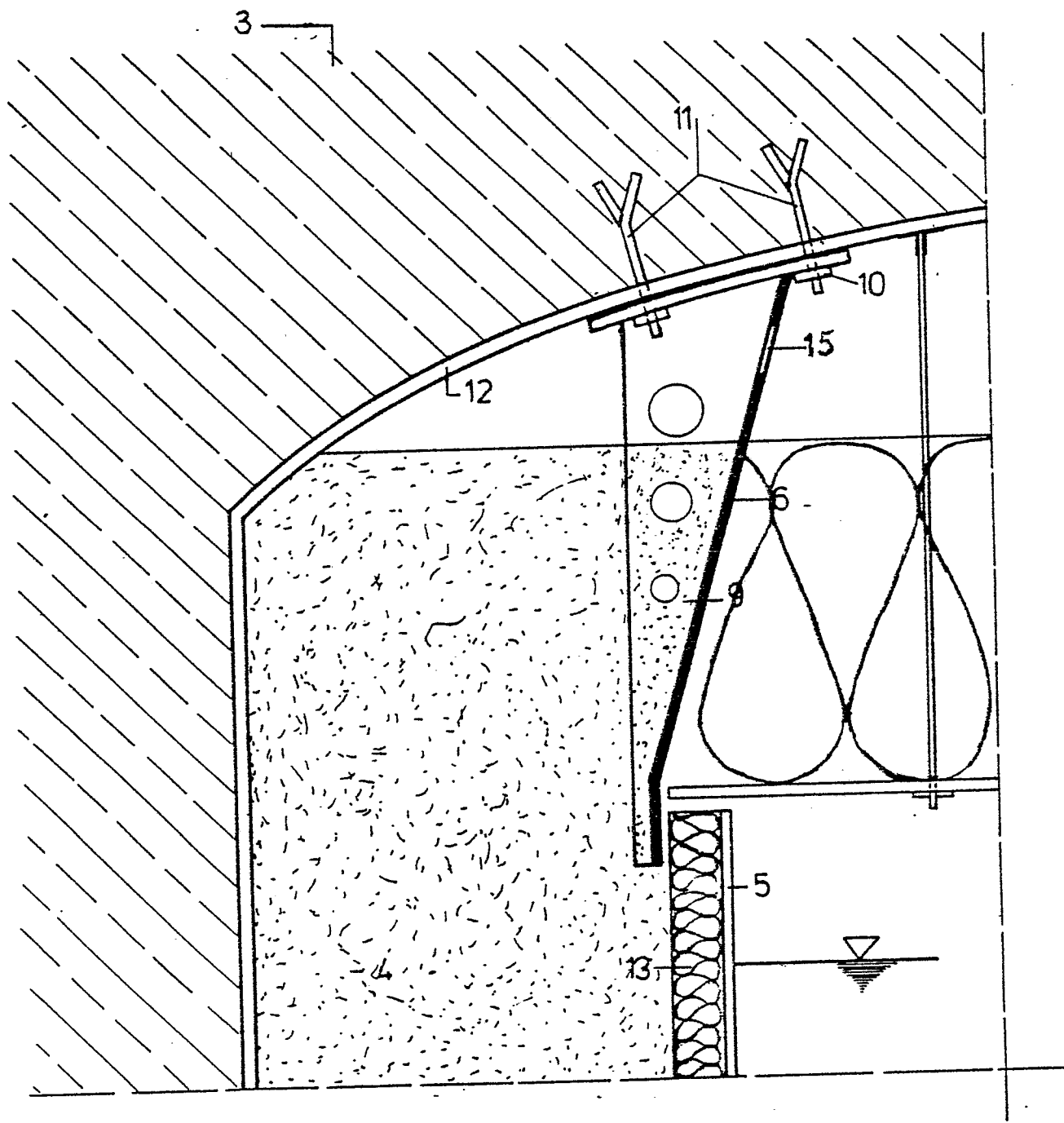


FIG. 3