

⑲ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication : **2 563 801**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

⑫ N° d'enregistrement national : **85 06669**

⑮ Int Cl⁴ : B 63 B 3/68; B 65 D 90/06; F 17 C 3/08.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

⑫ Date de dépôt : 2 mai 1985.

⑬ Priorité : JP, 4 mai 1984, n° 59-88248.

⑭ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 45 du 8 novembre 1985.

⑯ Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑰ Demandeur(s) : *NIPPON KOKAN KABUSHIKI KAISHA*
— JP.

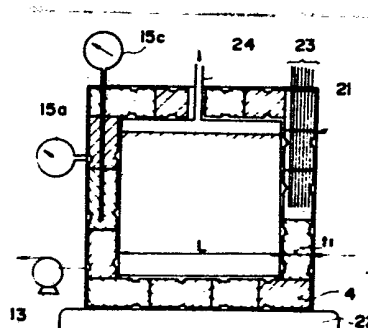
⑱ Inventeur(s) : Eke Verschuur, Yokichi Shibamura, Yos-
hiaki Nakamura, Takao Kanazawa.

⑲ Titulaire(s) :

⑳ Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin,
Schrimpf, Warcoin, Ahner.

㉑ Procédé et appareillage pour l'isolation d'une cuve de chargement d'un navire de transport de gaz liquéfié.

㉒ L'invention concerne un procédé et un système pour isoler thermiquement la cuve de chargement d'un navire de transport de gaz liquéfié du type à cuve à membrane, transportant un gaz liquéfié ayant un point d'ébullition inférieur à -40°C à la pression atmosphérique; dans l'espace étanche à l'air entourant la cuve, il est prévu un ensemble de madriers en bois 4, notamment en bois de balsa, pour supporter la charge placée dans la cuve et pour assurer l'isolation thermique de cette dernière; de l'air est extrait au moyen d'une pompe 13 dudit espace pour créer un vide dans celui-ci, en réduisant ainsi la pression dans les cellules des madriers en bois, cette pression étant mesurée à l'aide de manomètres 15a, 15c.



FR 2 563 801 - A1

La présente invention concerne un procédé d'isolation de cuve pour un navire pour gaz liquéfié, notamment pour un navire pour gaz liquéfié du type à cuve à membrane, adapté pour transporter du gaz liquéfiés ayant
5 un point d'ébullition inférieur à -40°C à la pression atmosphérique, l'invention concernant également un appareillage pour la mise en oeuvre de ce procédé.

L'appareillage classique d'isolation de cuve d'un navire LNG du type à cuve à membrane est agencé de la
10 manière suivante.

Dans le procédé classique d'isolation de cuve, des poutres sont placées sur la partie inférieure de la coque intérieure du navire avec un espacement prédéterminé et chaque intervalle est rempli d'une charge de mastic. Sur ces
15 poutres, on dispose une couche thermiquement isolante se composant de plusieurs couches de madriers en bois, comme des madriers en bois balsa. Dans la couche isolante, il est prévu une barrière secondaire en bois stratifié pour maintenir une étanchéité au liquide pendant une certaine période de
20 temps dans le cas d'une fuite du liquide de chargement à cause d'une rupture de la membrane. La membrane est une tôle métallique mince et elle est placée sur la surface intérieure de la couche isolante. La membrane sert seulement à maintenir l'étanchéité au liquide et la force exercée par le chargement
25 est transmise à la coque intérieure par l'intermédiaire de la couche thermiquement isolante et des poutres. L'espace entre la membrane et la coque intérieure est divisé en deux espaces. Un espace inter-barrière (IBS) est défini comme l'espace existant entre la membrane et la barrière secondaire. En
30 outre un espace inter-fond (IGS) est défini comme l'espace existant entre la barrière secondaire et la coque intérieure. De l'azote servant de gaz inerte est introduit dans ces espaces à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique (pression barométrique 0-20 mm).

35 Récemment, dans des navires de transport de gaz liquéfié, un besoin s'est manifesté en ce qui concerne l'amélioration de la capacité d'isolation thermique en vue de réduire la quantité de gaz vaporisé (gaz produit par

vaporisation) produit par le chargement au cours d'un voyage, du point de vue de l'économie d'énergie. Conformément au procédé classique mentionné ci-dessus, si le même matériau isolant est utilisé, ce besoin ne peut être satisfait qu'en augmentant l'épaisseur de la couche isolante. 5 Cependant cette augmentation de la couche isolante est nécessairement accompagnée par une augmentation du coût et par une réduction de la contenance disponible du navire de transport.

10 Un objet de la présente invention est d'améliorer les possibilités d'isolation de cuve d'un navire de transport de gaz liquéfié du type à cuve à membrane, adapté pour le transport de gaz liquéfié ayant un point d'ébullition inférieur à -40°C à la pression atmosphérique.

15 La présente invention concerne un procédé et un système pour l'isolation thermique d'une cuve de chargement utilisée dans un navire de transport de gaz liquéfié du type à cuve à membrane, adapté pour le transport de gaz liquéfié ayant un point d'ébullition inférieur à -40°C à la pression 20 atmosphérique, caractérisé en ce que de l'air est évacué de l'intérieur de l'espace étanche à l'air entourant la cuve de chargement, en réduisant ainsi la pression dans les petites cellules des madriers en bois qui sont placés sous une forme empilée à l'intérieur de l'espace étanche à l'air, 25 en améliorant ainsi la capacité d'isolation thermique. Il est à noter que les madriers en bois précités sont d'une nature telle qu'ils peuvent être utilisés pour une isolation thermique et pour supporter la charge de la cuve.

D'autres caractéristiques et avantages de 30 l'invention seront mis en évidence dans la suite de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :
la figure 1 est une vue schématique pour expliquer le procédé d'isolation de cuve utilisé pour un navire de transport de 35 gaz liquéfié du type à cuve à membrane ;
la figure 2 est une vue explicative montrant la structure microscopique de la matière thermiquement isolante ;
la figure 3 est une vue explicative concernant le procédé

conforme à l'invention ;
la figure 4 est une vue explicative du système conforme à
un premier mode de réalisation ;
la figure 5 est un diagramme donnant la relation entre la
5 quantité de gaz vaporisé et la pression absolue, dans le
premier mode de réalisation ;
la figure 6 est une vue explicative montrant le système
conforme au second mode de réalisation de l'invention, et
la figure 7 est un graphique donnant la relation entre la
10 quantité de gaz vaporisé et la pression absolue dans l'espace
inter-barrière (IBS) et l'espace inter-fond (IGS).

La figure 1 représente en vue schématique
d'ensemble le système d'isolation de cuve classique du
navire de transport de gaz liquéfié du type à cuve à
15 membrane.

En référence à la figure 1, dans le procédé
d'isolation de cuve classique, des poutres 2 sont mises en
place sur la coque intérieure 1 du navire. La référence
numérique 3 désigne une zone intermédiaire remplie d'une
20 charge de mastic et la référence 3' désigne l'intervalle.
Une couche thermiquement isolante 4 est mise en place sur
les poutres 2. Cette couche thermiquement isolante 4 se
compose de plusieurs couches de madriers en bois, comme des
madriers en bois balsa. Dans la couche isolante 4, il est
25 prévu une barrière secondaire 6 en bois stratifié pour
maintenir une étanchéité au liquide pendant une certaine
période de temps dans le cas d'une fuite du liquide de
chargement sous l'effet d'une rupture de la membrane 5. La
membrane 5 est une tôle métallique mince qui est placée sur
30 la surface intérieure de la couche isolante 4. La membrane
5 sert seulement à maintenir une étanchéité au liquide
et la force exercée par le chargement est transmise à la
coque intérieure 1 par l'intermédiaire de la couche thermi-
quement isolante 4 et des poutres 2. L'espace entre la
35 membrane 5 et la coque intérieure est divisé en deux espaces.
Un espace inter-barrière (IBS) 7 est défini comme l'espace
existant entre la membrane 5 et la barrière secondaire 6 ;
un espace inter-fond (IGS) 8 est défini comme l'espace

existant entre la barrière secondaire 6 et la coque intérieure. Ces espaces sont remplis d'azote, servant de gaz inerte, à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique (pression barométrique 0-20 mm). La référence 9 désigne des ondulations de la membrane et la référence 10 un remplissage isolant en mousse de polyuréthane. Conformément au procédé classique mentionné ci-dessus, si le même matériau isolant est utilisé, cet impératif peut seulement être satisfait par augmentation de l'épaisseur de la couche isolante. Cependant cette augmentation de la couche isolante est nécessairement accompagnée par une augmentation de coût et par une réduction de la capacité disponible de la cuve de transport.

Les inventeurs ont effectué différentes recherches concernant la conductibilité thermique des bois utilisés comme matériaux isolants et ils ont mis au point la présente invention qui va être décrite dans la suite.

Lors d'un examen au microscope, le madrier utilisé comme matériau thermiquement isolant est composé d'une partie pleine 11 et d'une partie formée par des vides 12, comme le montre la figure 2. En considérant la transmission de la chaleur au travers de ce madrier, son coefficient de transmission de chaleur apparent peut être considéré comme étant égal à la somme des coefficients de transmissions de chaleur au travers de la partie pleine 11 et au travers de la partie formée par les vides 12. Le coefficient de transmission de chaleur apparent dans ce cas est représenté par la formule (1) :

$$\lambda = \frac{s_1}{s_1 + 2s_2} \lambda_1 + \frac{s_2}{s_1 + s_2} \lambda_2 \quad (1)$$

où λ : coefficient de transmission de chaleur apparent de madrier (Kcal/hm°C)

λ_1 : coefficient de transmission de chaleur de la partie pleine 11 (Kcal/hm°C)

λ_2 : coefficient de transmission de chaleur de la partie formée par les vides 12 (Kcal/hm°C)

s_1 : largeur de la partie pleine 11

s_2 : largeur de cellule (partie à vide 12).

Dans l'équation (1) précitée, on va considérer λ_2 qui est le coefficient de transmission de chaleur du gaz dans les vides.

En général, le coefficient d'isolation thermique d'un gaz n'est pas fonction de la pression. Cependant, conformément à la théorie de l'isolation sous vide, lorsque la pression se rapproche du niveau de vide et lorsque le trajet moyen libre du gaz est augmenté au diamètre de cellule d (de quelques microns à plusieurs dizaines de microns), le coefficient de transmission de chaleur est une fonction de la pression de sorte que, pour la gamme générale de pression (de quelques microns jusqu'à plusieurs dizaines de microns), le coefficient de transmission de chaleur est réduit de façon directement proportionnelle à la réduction de pression. En conséquence, même si le matériau isolant est un madrier en bois, la valeur de λ_2 intervenant dans le second terme de l'équation (1) peut être réduite si la pression dans la cellule (dans la partie à vide 12) peut être diminuée jusqu'à une valeur suffisamment proche du niveau de vide.

Le résultat indiqué ci-dessus a conduit à la mise au point de la présente invention.

En utilisant du balsa comme matériau isolant et en appliquant la théorie faite ci-dessus, on obtient :

$$\frac{S_1}{S_1 + S_2} = 0,08 \quad \text{et} \quad \frac{S_2}{S_1 + S_2} = 0,92$$

En supposant qu'une isolation sous vide n'est pas appliquée et que de l'azote est emprisonné à une pression proche de la pression atmosphérique comme dans la pratique courante, on obtient, pour $\lambda_1 = 0,15 \text{ Kcal/hm}^\circ\text{C}$ et pour $\lambda_2 = 0,017 \text{ Kcal/hm}^\circ\text{C}$ en utilisant de l'azote gazeux à -50°C , à partir de l'équation (1) $\lambda = 0,027 \text{ Kcal/hm}^\circ\text{C}$.

En appliquant le présent procédé et en réduisant la pression absolue dans la cellule jusqu'à une valeur comprise entre environ 0,1 et quelques millibars (1 bar = 10^5 Pa), il est possible de réduire λ_2 à 0,002, avec $\lambda_1 = 0,15 \text{ Kcal/hm}^\circ\text{C}$, de sorte que le coefficient d'isolation thermique de la couche thermiquement isolante peut être réduit

jusqu'à 0,014 Kcal/hm°C et que la chaleur entrante est égale à $0,014/0,027 = 0,5$ fois la valeur correspondant au procédé classique.

En revenant au problème consistant à définir si la pression dans la cellule du madrier en bois peut être réduite à un niveau de vide, on a considéré d'une façon générale que la structure cellulaire constitue un système fermé et qu'en conséquence une réduction de pression n'est pas possible. Les inventeurs ont trouvé que, si le madrier en bois était formé de balsa ou d'un matériau analogue et si la face extrême de la couche thermiquement isolante était maintenue à un niveau de vide pendant une période comprise entre plusieurs heures et plusieurs jours, il était possible de réduire la pression à l'intérieur de la cellule de la couche thermiquement isolante à un niveau de vide de l'ordre de 0,5 à 3 millibars ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$), en fonction de la structure de la couche thermiquement isolante, comme cela est démontré par les exemples suivants.

Il est à noter que les considérations données ci-dessus s'appliquent seulement dans les cas où la direction de fibres (I) du bois est perpendiculaire à la direction de transmission de chaleur (II) et que le vide ayant l'ordre de grandeur décrit ci-dessus est très efficace pour améliorer les performances d'isolation lorsque la direction des fibres est parallèle à la direction de transmission de chaleur.

Dans des navires de transport de gaz liquéfié, la couche isolante est formée par des madriers répartis dans plusieurs compartiments et, en général, certains madriers sont nécessairement placés de telle sorte que la direction de leurs fibres soit parallèle à la direction de transmission de chaleur. En conséquence, dans l'ensemble, la chaleur entrante dans le cas d'une isolation par vide est approximativement de 60 à 70 % de la valeur obtenue dans le cas où on n'utilise pas l'isolation par vide, ce qui représente une augmentation d'environ 30 à 40 % de la capacité d'isolation thermique.

Un mode préféré de réalisation de l'invention va être décrit en référence à la figure 3.

La figure 3 est une vue explicative montrant en coupe la structure de la cuve de chargement du navire de transport de gaz liquéfié et elle met en évidence en (B) le schéma d'agencement des tuyauteries et des capteurs de pression permettant de créer un niveau de vide dans le système d'isolation thermique.

En référence à la figure 3, la partie A représente en coupe un navire de transport de gaz liquéfié, la partie B représente une vue à échelle agrandie d'un système d'isolation thermique ayant la même structure que sur la figure 1 et la partie C représente un dispositif de réduction de la pression dans le système jusqu'à un niveau de vide, et de maintien de ce niveau de vide.

Le dispositif pour la mise en pratique du procédé conforme à l'invention est composé d'une unité de pompage sous vide 13 pour réduire la pression dans la couche de bois de balsa jusqu'à un niveau de vide approprié, un tuyau d'aspiration 14 et une unité de détection de pression 15 pour la couche isolante.

En général, l'unité de pompage sous vide 13 est de préférence composée d'une pompe de grande capacité 13a pour créer un vide et d'une pompe de petite capacité 13b pour maintenir le vide. Cependant, une seule pompe à vide peut suffire. La tuyauterie d'aspiration 14 est prévue sur les deux faces extrêmes de la couche isolante, c'est-à-dire qu'un tuyau intérieur d'aspiration 14a part d'une ondulation de membrane 9 et qu'un tuyau extérieur d'aspiration 14b part d'un intervalle 3' existant entre la coque intérieure 1 et le remplissage isolant en mousse de polyuréthane 10. Des tubes intérieurs et extérieurs d'aspiration additionnels peuvent également être utilisés en fonction de la structure de la cuve. L'unité de détection de pression 15 est composée de jauges de mesure de pression 15a, 15b aboutissant aux faces extrêmes de la couche isolante et d'une jauge de mesure de pression 15c aboutissant à l'intérieur de la couche isolante pour indiquer la pression régnant dans les cellules du madrier en bois. La jauge de mesure de pression 15c est utilisée lors d'une commutation entre la

pompe de grande capacité 13a servant à établir le vide et la pompe de faible capacité 13b servant à maintenir le vide.

Les exemples pratiques qui vont être décrits dans la suite ont mis en évidence qu'on obtenait une amélioration de 30 à 40 %, par comparaison au système d'isolation de l'art antérieur, en adoptant la présente invention pour l'isolation de cuve d'un navire de transport de gaz liquéfié à cuve à membrane, adapté pour un transport de gaz liquéfié ayant un point d'ébullition inférieur à -40°C à la pression atmosphérique.

L'augmentation d'épaisseur de la couche isolante, qui était considérée par le passé comme inévitable pour améliorer la capacité d'isolation, est maintenant évitée et on peut s'attendre à des conséquences importantes du point de vue de la réduction de coût et de l'augmentation de capacité des cuves. En conséquence, les frais de mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention sont faibles et la capacité de transport peut être augmentée à cause de la diminution d'épaisseur de la couche isolante, ce qui se traduit en pratique par des avantages considérables. Même dans des cas où l'amélioration de la capacité d'isolation n'est pas nécessaire, on peut encore obtenir les effets décrits ci-dessus du fait que la couche isolante peut être rendue bien moins épaisse que dans les systèmes classiques.

Un avantage additionnel de l'invention consiste en ce que le présent système peut être utilisé pour détecter des défauts dans la cuve à membrane.

Dans un navire de transport de gaz liquéfié du type à cuve à membrane construit à l'heure actuelle, il arrive que, dans des cas où de petites fissures se sont créées dans la membrane en produisant une fuite du liquide de chargement, il n'existe aucun moyen pour détecter la fuite de gaz par un détecteur placé dans l'espace inter-barrière (IBS), c'est-à-dire l'espace compris entre la membrane et la barrière secondaire. Dans le navire de transport de gaz liquéfié adoptant le procédé conforme à l'invention, il est possible de détecter instantanément des défauts par l'augmentation rapide de la pression dans l'espace IBS, cette

pression devant normalement être constamment au niveau de vide. Cela est extrêmement efficace du point de vue de l'établissement de la sécurité dans des navires de transport de gaz liquéfié.

5 L'efficacité de la présente invention va maintenant être mise en évidence au moyen des exemples pratiques suivants.

Exemple 1

Le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé
10 conforme à l'invention est représenté schématiquement sur la figure 4. Une cuve d'une contenance égale à 0,25 mètre cube et remplie d'azote liquide est garnie sur sa périphérie d'une couche isolante en balsa 4 de façon à former un réservoir 21 qui est ensuite placé sur un appareil de pesée ; on
15 a désigné par 22 et 23 les thermocouples de mesure de la température et par 24 une sortie pour le gaz vaporisé. Les fibres de balsa dans la couche isolante sont orientées perpendiculairement à la direction de transmission de la chaleur, excepté dans les coins. La pression dans la couche
20 isolante est diminuée de la pression atmosphérique jusqu'à un niveau de vide et la quantité de gaz évaporé est mesurée pour chaque niveau de vide. Les résultats sont représentés sur la figure 5.

Comme indiqué dans le diagramme de la figure 5,
25 où la pression absolue (millibar) est représentée en fonction de la quantité de gaz vaporisé , exprimée en kg/h, la quantité de gaz vaporisé est réduite de 1,1 kg/h pour la pression ambiante jusqu'à 0,45 kg/h pour 1 millibar (1 bar = 10^5 Pa). Le taux de réduction de vaporisation est de
30 $0,45/1,1 \times 100 \approx 41 \%$.

Exemple 2

Une cuve d'une capacité de 70 m³, remplie
d'azote liquide comme indiqué sur la figure 6 et garnie sur
35 sa périphérie d'une couche isolante en balsa de 0,285 m d'épaisseur a été utilisée pour former une cuve ou réservoir (coque intérieure 21) (l : 5,1 m ; h : 4,7 m). La pression dans la couche 4 a été réduite de la pression

atmosphérique jusqu'à un niveau de vide et les quantités de gaz vaporisé ont été mesurées pour chaque niveau de pression. Les résultats sont donnés sur la figure 7. On peut voir en référence à cette figure que la quantité de gaz vaporisé est de 50,1 kg/h pour la pression ambiante mais qu'elle diminue jusqu'à 43,9 kg/h pour une pression comprise entre 1 et 3 millibars (1 bar = 10^5 Pa), ce qui correspond à une diminution de 6,2 kg/h.

Il est à noter que la courbe de pression de la figure 7 représente une pression dans l'espace IBS et dans l'espace IGS pour une gamme de pressions comprises entre la pression ambiante et 9 millibars ainsi qu'une pression dans l'espace IGS, d'une valeur inférieure à 9 millibars. Dans la gamme de pressions inférieures à 9 millibars, la pression dans l'espace IBS a été maintenue entre 1 et 3 millibars. Le taux de réduction de vaporisation est de $6,2/50,1 \times 100 \pm 12 \%$.

Dans l'exemple 2, pour simuler la cuve d'un navire réel, on a utilisé ce qu'on appelle un panneau d'angle, qui est usuellement hétérogène par rapport à la couche isolante standard et qui présente un effet d'isolation correspondant sensiblement à un vide de valeur nulle. En conséquence l'effet d'isolation est inférieur à l'exemple 1.

Dans l'exemple considéré, les panneaux d'angle sont utilisés avec un pourcentage nettement supérieur à celui qui est adopté dans un navire réel, ce qui se traduit par un degré relativement faible d'amélioration des performances d'isolation. Dans un navire réel, les dimensions des cuves sont grandes et la présence de panneaux d'angle est pratiquement négligeable de sorte qu'on peut s'attendre, en ce qui concerne l'isolation par vide, à des performances bien meilleures que ce qu'il était possible d'obtenir auparavant.

REVENDECATIONS

1. Procédé d'isolation de la cuve de chargement d'un navire de transport de gaz liquéfié du type à membrane, dans lequel un ensemble de madriers en bois (4) est disposé
5 dans un espace défini entre la membrane ondulée (5) et la coque intérieure (1) du navire et plusieurs poutres (2) sont disposées dans ledit espace de manière à supporter ledit ensemble de madriers en bois (4), en supportant ainsi la cuve et en assurant une isolation thermique,
10 caractérisé en ce que ledit espace est agencé de manière à constituer un espace étanche à l'air et en ce que de l'air est extrait dudit espace étanche à l'air pour créer dans celui-ci un niveau de vide en vue de réduire la pression dans les cellules (12) desdits madriers en bois (4).
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la direction des fibres des madriers en bois (4) dudit ensemble est orientée perpendiculairement à la direction de transmission de chaleur.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé
20 en ce que l'air est extrait d'un espace d'inter-fond (IGS) formé entre la coque intérieure (1) et ledit ensemble de madriers en bois (4) ainsi que d'un espace inter-barrière (IBS) formé entre les ondulations (9) de ladite membrane (5) et ledit ensemble de madriers en bois (4).
- 25 4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pression dans ledit espace inter-barrière (IBS) est réduite jusqu'à quelques millibars (1 bar = 10^5 Pa).
5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé
30 en ce qu'un bois de balsa est utilisé pour former ledit ensemble de madriers en bois (4).
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une pompe de grande capacité (13a) servant à créer un vide et une pompe de petite capacité (13b) servant à
35 maintenir un vide sont utilisées pour assurer l'extraction d'air.
7. Système pour isoler la cuve de chargement d'un navire de transport de gaz liquéfié du type à membrane,

dans lequel un ensemble de madriers en bois est disposé dans un espace défini entre la membrane ondulée (5) et la coque intérieure (1) du navire et où plusieurs poutres (2) sont disposées dans ledit espace de façon à supporter ledit ensemble de madriers en bois, en supportant ainsi la cuve et en assurant une isolation thermique, caractérisé en ce que ledit espace est agencé de manière à constituer un espace étanche à l'air, en ce qu'il est prévu des moyens de création de vide (13 ; 13a, 13b) pour extraire de l'air dudit espace étanche à l'air de manière à créer un niveau de vide dans les cellules desdits madriers en bois (4), en ce qu'un espace inter-fond (IGS) est formé entre ledit ensemble de madriers en bois (4) et ladite coque intérieure (1), en ce qu'un espace inter-barrière (IBS) est formé entre les ondulations (9) de ladite membrane (5) et ledit ensemble de madriers en bois (4), en ce que des tuyauteries (14) mettent en communication ledit espace inter-fond (IGS) et ledit espace inter-barrière (IBS) avec lesdits moyens de génération de vide (13 ; 13a, 13b) et en ce qu'il est prévu des détecteurs de pression (15 ; 15a, 15b, 15c) pour détecter une pression intérieure dans ledit espace et une pression intérieure dans les cellules desdits madriers en bois (4).

8. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de vide comprennent une pompe de grande capacité (13a) pour créer un vide et une pompe de petite capacité (13b) pour maintenir un vide.

9. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'un remplissage en mousse synthétique (10) est disposé dans chaque espace formé entre lesdites poutres, en ce qu'un intervalle est formé entre ledit remplissage en résine et la surface de ladite coque intérieure (1) et en ce que ladite tuyauterie d'aspiration comprend des conduits mettant en communication respectivement les ondulations de ladite membrane (5) et ledit intervalle avec lesdits moyens de génération de vide (13 ; 13a, 13b).

10. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits détecteurs de pression comprennent plusieurs appareils de mesure de pression (15a, 15b, 15c) qui indiquent

une pression interne régnant sur les deux côtés dudit ensemble de madriers en bois à l'intérieur dudit espace et une pression interne régnant dans lesdites cellules des madriers en bois (4).

- 5 11. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que la direction des fibres des madriers en bois (4) dudit ensemble est orientée perpendiculairement à la direction de transmission de chaleur.

FIG. 1

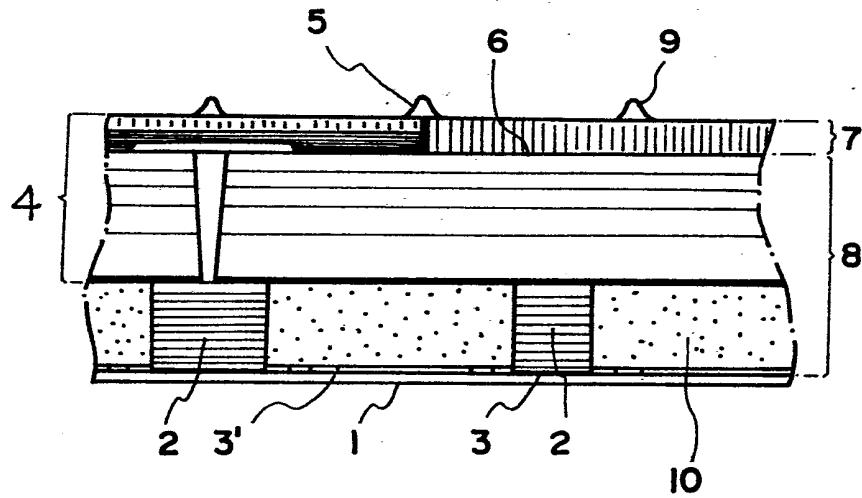
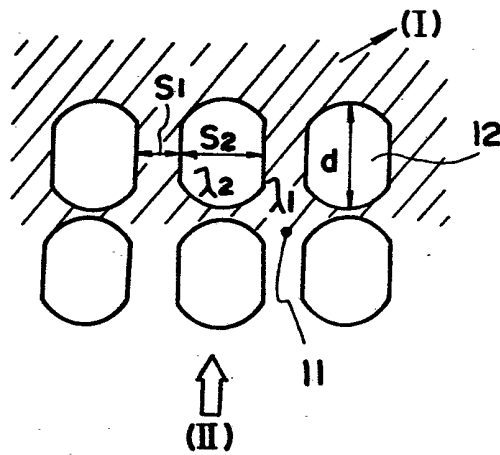


FIG. 2



2563801

FIG. 3

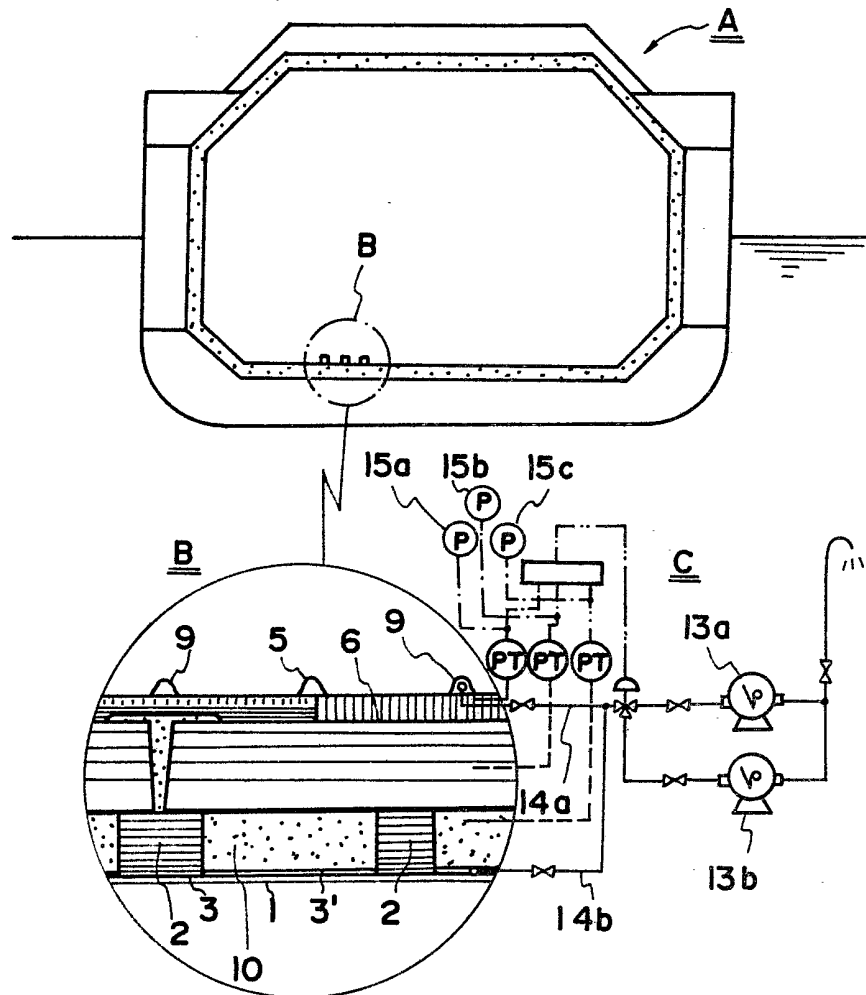


FIG. 4

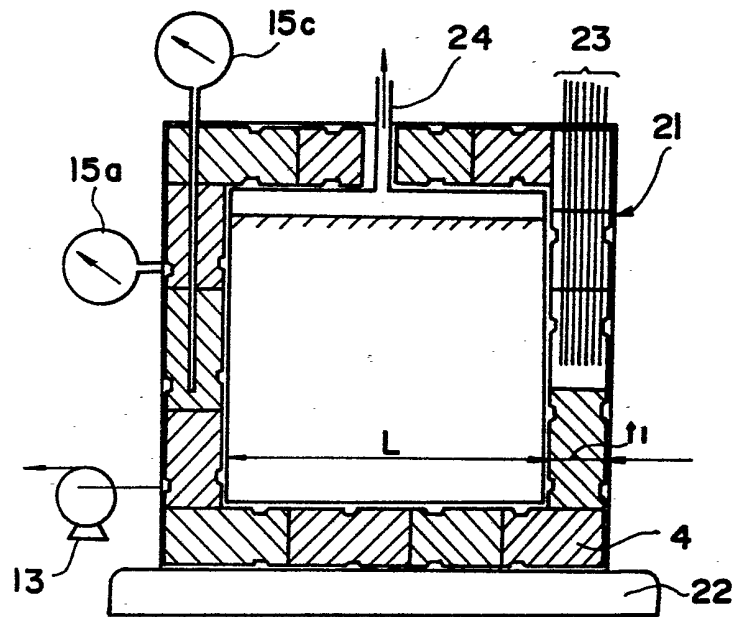


FIG. 6

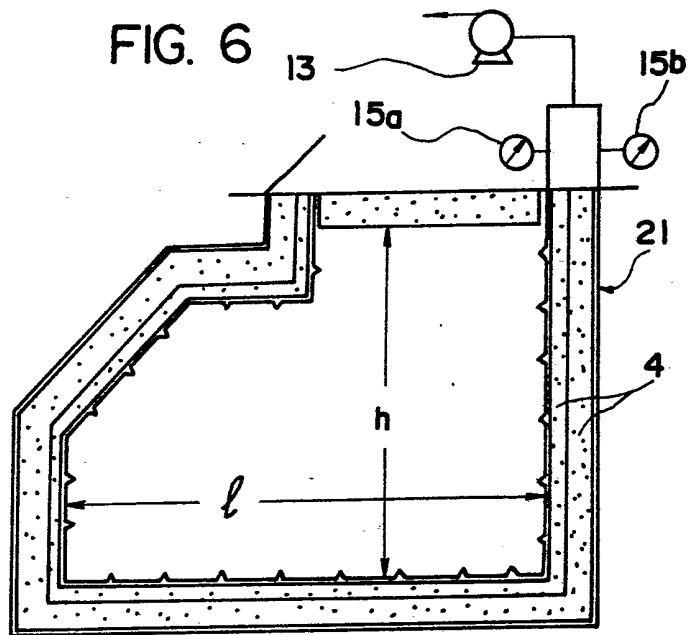


FIG. 5

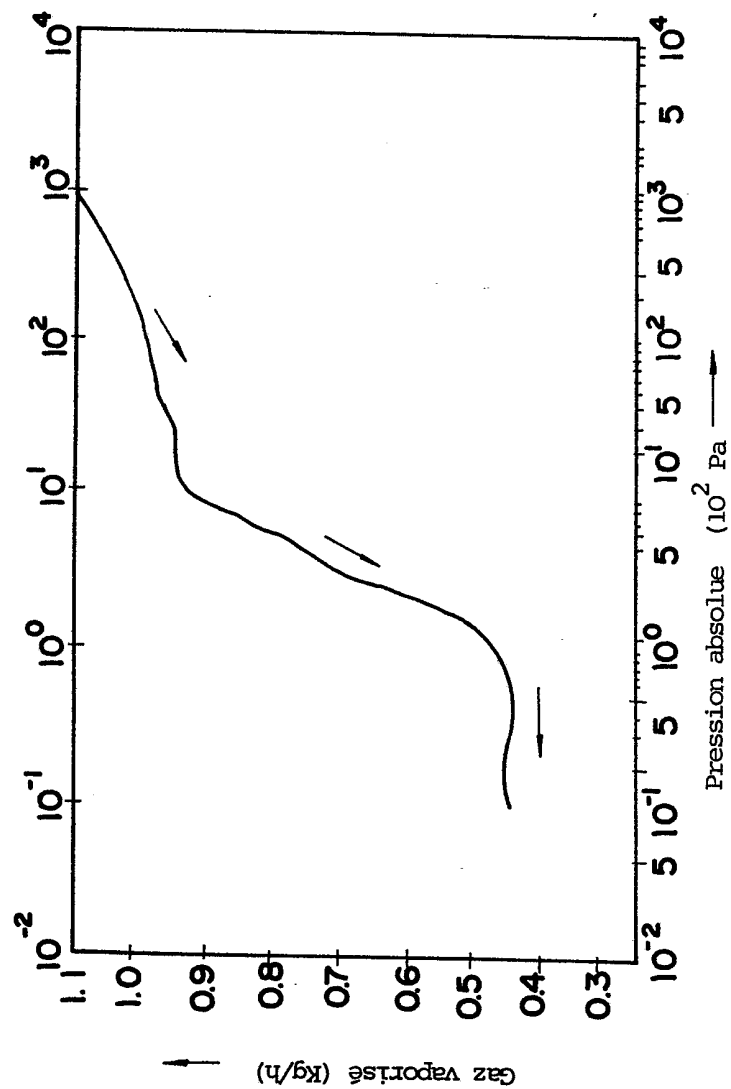


FIG. 7

