



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Int. Cl.<sup>3</sup>: F 16 L  
// F 17 D

59/14  
1/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



## ⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

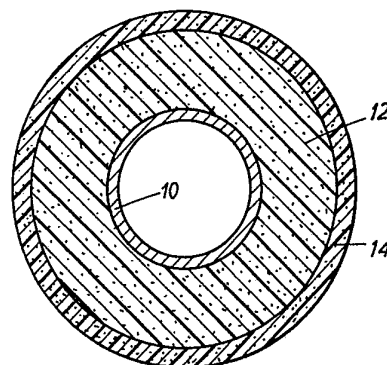
635 182

②① Numéro de la demande: 2021/80	⑦③ Titulaire(s): The Kendall Company, Boston/MA (US)
②② Date de dépôt: 14.03.1980	
③⑩ Priorité(s): 15.03.1979 US 020792	⑦② Inventeur(s): Carlos Miguel Samour, Wellesley/MA (US)
②④ Brevet délivré le: 15.03.1983	
④⑤ Fascicule du brevet publié le: 15.03.1983	⑦④ Mandataire: Kirker & Cie, Genève

### ⑤④ Procédé de formation de couches isolantes sur un tube, et tube ainsi obtenu.

⑤⑦ On applique, sur le tube (10), une matière plastique pouvant mousser et on fait mousser la matière pour former une couche interne (12) ayant une densité apparente comprise entre 0,024 et 0,096 g/cm<sup>3</sup>. On applique à sa surface, une matière plastique pouvant mousser, et on fait mousser et durcir cette matière pour former une couche externe (14) en une composition de matière plastique mousse rigide dont la densité apparente est d'au moins 25 % supérieure à celle de la couche interne et dont l'épaisseur représente 5 à 30 % de l'épaisseur totale des couches.

Le procédé s'applique notamment à la protection de tubes pour le transport de fluides très chauds ou très froids.



## REVENDEICATIONS

1. Procédé de formation, sur un tube, d'au moins une couche interne et une couche externe d'un isolant en matière plastique mousse, caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer, audit tube, au moins une composition de matière plastique pouvant mousser, à faire mousser la composition afin de former une couche interne isolante en matière plastique mousse ayant une densité apparente comprise entre 0,024 et 0,096 g/cm<sup>3</sup>, à appliquer, à la surface de la couche interne, une composition de matière plastique pouvant mousser et à faire mousser et durcir la composition pour former une couche externe en une composition de matière plastique mousse et rigide ayant une densité apparente qui est d'au moins 25% supérieure à celle de la couche interne, et dont l'épaisseur représente 5 à 30% de l'épaisseur totale des couches.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer, précédemment, au tube, une ou plusieurs autres compositions de formation de couche interne afin de former une ou plusieurs autres couches internes.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le tube est un tube en métal comme un tube en acier, et en ce qu'on applique de plus, initialement, sur le tube, un revêtement de protection contre la corrosion.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les compositions de matière plastique pouvant mousser sont des compositions de polyuréthane.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche la plus interne en matière plastique pouvant mousser est stable à une température pouvant atteindre 177°C et en ce que la ou les couches externes sont stables seulement à des températures pouvant atteindre 93,5°C.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche la plus interne est rigide.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la couche la plus interne est semi-rigide.

8. Tube isolé obtenu par le procédé selon la revendication 1.

La présente invention se rapporte à un procédé pour isoler thermiquement un tube au moyen de deux couches ou plus d'un isolant en plastique mousse ayant par exemple des densités apparentes différentes, et de préférence des stabilités thermiques différentes, la mousse de plus faible densité étant adjacente à la surface du tube et la plus forte densité adjacente à la surface externe de l'isolant en mousse.

Il a été proposé, jusqu'à maintenant, d'isoler un tube en y pulvérisant une ou plusieurs couches d'un isolant en matière plastique mousse comme du polyuréthane puis en durcissant et en enrobant ou en entourant la couche isolante d'une couche protectrice ou formant barrière comme cela est décrit, par exemple, dans le brevet U.S. N° 3480493 au nom de Bauer et autres. La couche d'isolant en mousse résultant d'un tel procédé possède normalement une densité apparente d'une valeur intermédiaire, elle a donc des propriétés qui sont un compromis entre celles requises pour des caractéristiques d'isolement thermique maximum et celles requises pour une résistance mécanique, une résistance à l'écrasement et une résistance à l'abrasion maximales. Dans le brevet U.S. N° 4094715 au nom de Henderson et autres, il a également été proposé de pulvériser le tube d'une composition liquide moussante, puis d'entourer la mousse en formation d'une feuille protectrice avant que cette mousse n'ait totalement pris, afin d'augmenter la densité de la mousse à proximité de sa surface externe. Le procédé présente un inconvénient majeur parce qu'il est restreint à une couche externe en une feuille protectrice enroulée en spirale, appliquée sous tension pour obtenir une augmentation apparente de la densité de la couche externe de la mousse. Un tel

procédé est difficile à contrôler dans des opérations commerciales, parce que l'étendue d'augmentation de densité apparente et l'épaisseur de la couche de forte densité dépendent de plusieurs facteurs critiques et différents, parmi lesquels la température de la matière plastique mousse, la vitesse de formation de la mousse de la composition plastique, la vitesse de durcissement de la matière plastique mousse, l'écoulement de temps avant application de la feuille protectrice, et la tension appliquée à cette feuille pendant son application. Tous ces facteurs influencent l'étendue sur laquelle la matière plastique mousse durcit ou prend avant application de la feuille. Par ailleurs, l'épaisseur de la couche de densité accrue dépend de l'épaisseur et de la compressibilité de la masse de mousse de faible densité déjà présente.

Le procédé selon l'invention consiste à appliquer, sur un tube, au moins une composition de matière plastique pouvant mousser, à faire mousser la composition afin de former une couche interne isolante en matière plastique mousse ayant une densité apparente comprise entre 0,024 et 0,096 g/cm<sup>3</sup>, à appliquer, à la surface de la couche interne, une composition de matière plastique pouvant mousser et à faire mousser et durcir la composition pour former une couche externe en une composition de matière plastique mousse et rigide ayant une densité apparente qui est d'au moins 25% supérieure à celle de la couche interne, et dont l'épaisseur représente 5 à 30% de l'épaisseur totale des couches. Comme l'épaisseur et la densité de chaque couche sont indépendantes de celles de l'autre et peuvent être ajustées et contrôlées individuellement, le procédé selon l'invention permet d'employer une couche interne ayant une forte valeur d'isolement thermique et de faible prix, avec une couche externe plus résistante et plus dense, et par conséquent plus coûteuse. Les deux couches offrent, ensemble, des propriétés combinées qui sont optimales pour un isolement du tube et sa protection à un prix total minimum.

L'étendue de la différence de densité entre les couches isolantes interne et externe pour les meilleurs résultats, varie selon le diamètre du tube, l'épaisseur relative des couches, la résistance mécanique minimum souhaitée, et la différence de température entre le tube et son environnement, entre autres. Cependant, en général, la densité apparente de la couche externe doit être d'au moins 25% supérieure à celle de la couche interne, et l'épaisseur de la couche externe doit représenter de 5 à 30% de l'épaisseur totale des couches isolantes en mousse. Si on le souhaite, la couche interne peut être subdivisée en deux couches ou plus appliquées en séquence et qui diffèrent les unes des autres par leurs propriétés physiques.

L'invention sera mieux comprise et les caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant plusieurs modes de réalisation de l'invention et dans lesquels:

- la fig. 1 est une coupe transversale montrant un mode de réalisation de l'invention; et
- la fig. 2 est une coupe transversale montrant un autre mode de réalisation.

Dans le mode de réalisation de la fig. 1, le tube en métal 10 est pourvu d'une couche interne 12 d'un isolant mousse en polyuréthane rigide de faible densité (0,032 à 0,096 g/cm<sup>3</sup>), ayant une épaisseur de 2,54 à 15,24 cm, et d'une seconde couche 14 en un isolant mousse en polyuréthane rigide ayant une densité qui est au moins de 25% supérieure à celle de la couche 12, avec une épaisseur qui est de 5 à 30% de l'épaisseur totale des couches 12 et 14 ensemble.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la couche interne d'isolant mousse diffère de la couche externe ou des couches externes, non seulement par sa plus faible densité apparente et par conséquent sa plus forte capacité d'isolement thermique, mais également par sa plus forte résistance à la chaleur, c'est-à-dire qu'elle est plus stable à de hautes températures, pouvant atteindre 177°C, que ne l'est la couche externe ou les couches externes en isolant mousse, qui ne doivent être stables que jusqu'à une température de 93,5°C.

La fig. 2 illustre un second mode de réalisation où le tube 10, étudié pour le transport de fluides chauds à des températures de 149 à 177°C, est pourvu d'une couche interne d'isolant subdivisée en une première portion ou couche 20 en un isolant en polyuréthane mousse de faible densité formulé pour avoir une stabilité à une température pouvant atteindre 177°C, et une seconde portion ou couche 22 à peu près du même polyuréthane mousse de faible densité, mais formulé pour être stable seulement à des températures pouvant atteindre 93,5°C. La couche externe 24 de polyuréthane mousse de forte densité a une densité qui est d'au moins 5% supérieure à celle de chaque couche 20 ou 22, et son épaisseur est de 5 à 30% de l'épaisseur totale des couches 20, 22 et 24. Dans un autre mode de réalisation où le tube 10 est étudié pour le transport de fluides cryogéniques à de très basses températures de l'ordre de -129°C, la couche 20 est formulée pour être semi-rigide au lieu d'être rigide, afin d'éviter une fragilisation et des craquements possibles pendant l'utilisation, tandis que les couches 22 et 24 sont formulées pour être traditionnellement de nature rigide.

Dans la mise en pratique du procédé selon l'invention, le tube, qui est habituellement en acier, est d'abord chauffé pour retirer la condensation d'humidité et est nettoyé pour retirer la poussière, les incrustations et la rouille. Tout processus traditionnel de nettoyage peut être employé comme un jet de sable ou un jet de grenaille, un brossage ou analogue. Si on le souhaite, deux de ces processus peuvent être employés en combinaison.

Dans certains cas, il peut être souhaitable de former, à la surface du tube, un revêtement de protection contre la corrosion avant d'appliquer la matière plastique mousse, bien que cela ne soit pas essentiel. Tout revêtement traditionnel de protection contre la corrosion peut être employé comme un ruban adhésif enroulé de polyéthylène/butyle, un revêtement époxy, un adhésif activé à la chaleur, ou de l'asphalte. La matière thermoplastique pouvant mousser peut être appliquée directement au tube nu ou à la surface de tout revêtement de protection contre la corrosion précédemment appliqué au tube. Il est habituellement souhaitable que la température du tube soit élevée au-dessus de la température ambiante, la température précise dépendant de la nature et de la composition de la matière plastique pouvant mousser. Cette dernière est habituellement appliquée sous forme d'un jet provenant d'une tubulure tandis que le tube est entraîné en rotation et avance au-delà des diverses tubulures. On peut utiliser une grande variété de formules de matière plastique mousse de polyuréthane liquide, selon les caractéristiques précises souhaitées pour le produit final. Une composition particulièrement souhaitable est formée d'un mélange liquide d'ingrédients pouvant réagir pour former un polyuréthane, et contenant un agent gonflant traditionnel en une quantité suffisante pour produire une mousse ayant la densité apparente souhaitée, qui peut être de 0,024 à 0,096 g/cm<sup>3</sup>. On laisse la première couche de liquide pouvant mousser monter ou gonfler par action de l'agent gonflant. L'épaisseur de la première couche de mousse peut varier sur une large gamme selon les mêmes facteurs que ceux indiqués ci-dessus en rapport avec la différence de densité des couches isolantes, comme le diamètre du tube et la température à laquelle le tube, avec son contenu, doit servir et, en général, elle peut varier entre 2,54 et 15,24 cm.

La seconde couche ou couche externe 14 ou 24 de composition plastique liquide pouvant mousser, est alors appliquée à la surface externe de la première couche isolante mousse, par pulvérisation à la façon habituelle à la surface du tube qui tourne et avance. La seconde couche peut être appliquée à la première avant ou après que cette dernière a durci, et même avant que sa formation de mousse soit terminée. De préférence, elle est appliquée avant que la première couche ne soit durcie. Dans un mode de réalisation, la formule de la seconde composition de matière plastique mousse est différente de la première, uniquement par la quantité de l'agent gonflant utilisé, et cette quantité est ajustée afin de former une couche isolante en matière plastique mousse ayant une densité apparente qui est d'au moins 25% supérieure à celle de la première couche, et une épaisseur

qui est de 5 à 30% de l'épaisseur totale des deux couches. Dans un autre mode de réalisation, la couche externe 14 ou 24 peut avoir une plus faible résistance à la chaleur que la couche interne, ou une plus forte rigidité, ou les deux.

L'épaisseur totale de l'isolant mousse, ainsi que l'épaisseur de la couche interne (environ 2,54 à 15,24 cm) peuvent être modifiées selon la différence de température entre le contenu du tube et l'environnement du tube, le diamètre du tube et la densité apparente de la mousse, entre autres. Pour une différence de température de 41 à 150°C, une épaisseur de 2,54 à 15,24 cm est normalement suffisante. En général, plus est importante la différence de température entre le pipeline et la terre, plus l'isolant doit être épais. Par exemple, les industries cryogéniques utilisent normalement 7,6 et 15,24 cm de mousse de polyuréthane parce que les différences de températures sont plus importantes. Pour les tubes d'huile chaude, la différence est habituellement de 55 à 88°C. Pour des pipelines d'huile chaude, l'épaisseur sera normalement de 2,54 à 6,4 cm. Un tube pour la conduction de soufre fondu sera pourvu d'un isolant mousse de 6,3 à 7,65 cm, la couche interne 12 ou 20 étant formulée pour avoir une forte résistance à la chaleur, c'est-à-dire pour être stable à des températures pouvant atteindre 149°C. Un tube pour huile chaude, quand il sera enfoui dans la terre, nécessitera normalement une épaisseur de mousse de 5,1 cm ou moins. La mousse de polyuréthane a un facteur K extrêmement faible, de l'ordre de  $6,94 \times 10^{-6}$  g-cal/cm<sup>2</sup>/s/°C/cm, contrairement à un facteur K de 19,9 pour la mousse de verre. Par exemple, dans le cas d'une mousse de polyuréthane ayant une densité apparente de 0,048 g/cm<sup>3</sup>, une couche de 5,1 cm d'épaisseur sur un tube de 15,24 cm de diamètre utilisé à une différence de température de 69°C produit une perte thermique (ou gain) de l'ordre de  $43,7 \times 10^{-6}$  g-cal/sec/cm<sup>2</sup>.

On donnera ci-après une formule appropriée pour obtenir une mousse rigide satisfaisante:

Ingédients	Parties en poids
Diisocyanate de méthyle brut	115
Polyol A	100
Huile de silicone	1
Triéthylène diamine	0,5
Dilaurate de dibutyl étain	0,1
Trichloromonofluorométhane	35
Tris(2-chloroéthyl) phosphate	10

Tous les ingrédients, à l'exception du diisocyanate, sont pré-mélangés, le diisocyanate étant mélangé immédiatement avant formation de la mousse et pulvérisation dans un équipement traditionnel pour former une mousse rigide ayant une densité apparente de 0,029 g/cm<sup>3</sup>. Une diminution de la proportion du trichloromonofluorométhane comme agent gonflant conduit à une augmentation de la densité. Une augmentation des solides dans la formule ci-dessus, par exemple en ajoutant 30 parties de méthylcellulose sans augmenter l'agent gonflant, augmente également la densité apparente. L'augmentation de la résistance à la chaleur de la mousse est obtenue par des techniques traditionnelles de formulation et le choix des ingrédients, par exemple en faisant réagir des composés contenant une amine aromatique avec les ingrédients restants comme cela est décrit dans le brevet U.S. N° 3909465 au nom de Wiedermann; une résistance accrue à la friabilité, également souhaitable pour la couche externe de mousse, peut également être obtenue en choisissant les ingrédients de polyol comme cela est décrit, par exemple dans le brevet U.S. N° 3928257 au nom de Fuzesi et dans le brevet U.S. N° 3928258 au nom de Alexander.

Toute couche externe ou revêtement souhaité peut être appliqué sur la couche isolante mousse externe. Par exemple, la couche isolante mousse externe peut être pourvue d'une couche formant barrière contre l'humidité ou de protection enroulée ou extrudée, en papier ou matière plastique, comme du polyéthylène ou du polypropyl-

ène, d'une enveloppe ou couche enroulée d'une matière plastique rétrécissant à la chaleur, rétrécie sur place pour se conformer à l'isolant mousse, d'un revêtement d'une résine époxy liquide durcie sur place ou d'un revêtement en mastic bitumineux, ou d'une couche de tout matériau protecteur traditionnel. Cependant, grâce à la résistance

importante à l'écrasement et à la résistance à l'abrasion de la couche externe de la matière plastique de polyuréthane mousse utilisée dans le procédé selon l'invention, toute couche protectrice externe supplémentaire doit, dans la plupart des cas, former simplement une barrière contre la crevaison et la pénétration de l'humidité.

FIG. 1

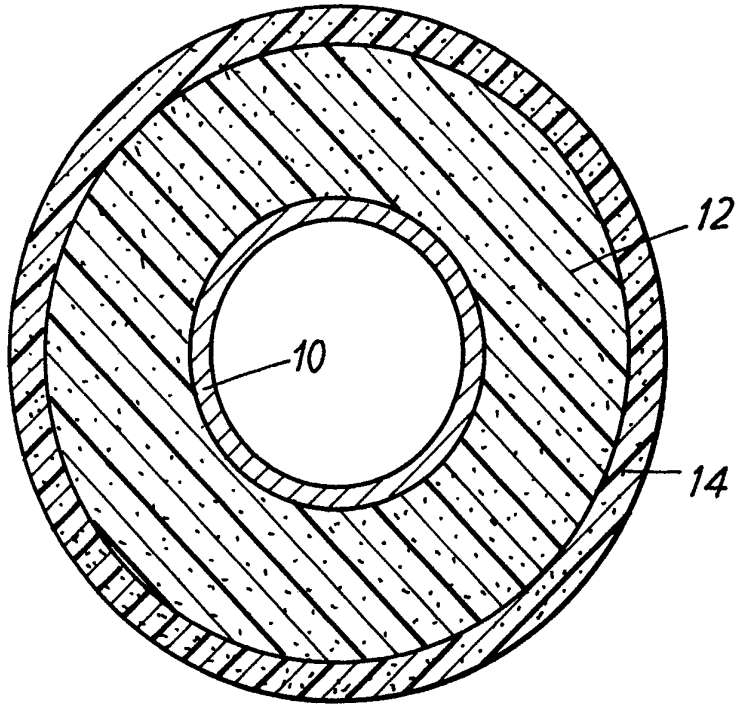


FIG. 2

