

(19)



(11)

EP 1 124 088 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
16.07.2008 Bulletin 2008/29

(51) Int Cl.:
F17C 1/00 ^(2006.01) **F17C 3/04** ^(2006.01)
F17C 13/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **01400313.1**

(22) Date de dépôt: **08.02.2001**

(54) **Procédé d'isolation thermique d'une structure métallique a usage cryogénique**

Verfahren zur Wärmeisolierung einer metallischen Struktur für Kryogene Anwendungen

Process for thermal insulation of a metallic structure for cryogenic use

(84) Etats contractants désignés:
AT DE ES FR GB IT

(30) Priorité: **11.02.2000 FR 0001724**

(43) Date de publication de la demande:
16.08.2001 Bulletin 2001/33

(73) Titulaire: **Cryospace l'air liquide aerospatiale**
78133 Les Mureaux Cédex (FR)

(72) Inventeurs:
• **Cargnello, Rémo**
78130 Les Mureaux (FR)

• **Bonneau, Jean-Claude**
78130 Les Mureaux Cédex (FR)
• **Bernard, Jean-Pierre**
92500 Rueil Malmaison (FR)

(74) Mandataire: **Poulin, Gérard**
BREVALEX
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 943 372 **GB-A- 2 283 188**

EP 1 124 088 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

[0001] L'invention concerne un procédé permettant d'assurer l'isolation thermique d'une structure métallique telle qu'un réservoir ou une tuyauterie, à usage cryogénique.

[0002] Une application privilégiée de l'invention concerne l'isolation thermique des réservoirs et des circuits cryotechniques appartenant à des véhicules ou à des engins utilisés dans les domaines aéronautique et spatial.

Etat de la technique

[0003] Pour assurer l'isolation thermique d'une structure métallique à usage cryogénique, deux techniques différentes sont actuellement utilisées, selon que les structures à isoler présentent des dimensions relativement grandes ou relativement petites.

[0004] Dans le cas de structures de grandes dimensions telles que des réservoirs, l'isolation thermique est généralement obtenue en collant des panneaux thermiquement isolants sur les surfaces à protéger de la structure. Dans ce cas, les panneaux collés sont fabriqués séparément au préalable.

[0005] Cette technique présente l'avantage de maîtriser l'épaisseur du matériau assurant l'isolation thermique de la structure. Toutefois, elle est d'une mise en oeuvre complexe et coûteuse. De plus, elle est inadaptée à la protection de structures de grandes dimensions et de formes complexes, telles que des structures présentant des singularités, des nervures, des bossages, etc..

[0006] Dans le cas où la structure métallique à protéger est une structure de petite taille telle que, par exemple, une tuyauterie véhiculant un produit cryogénique, on injecte généralement le matériau d'isolation thermique dans un moule, à l'intérieur duquel on a placé au préalable la structure à protéger.

[0007] Comme la technique du collage, cette technique d'injection permet de maîtriser l'épaisseur du matériau d'isolation thermique recouvrant la structure à protéger. Toutefois, sa mise en oeuvre est également complexe et onéreuse. De plus, elle est également inadaptée à la protection d'une structure complexe et de grandes dimensions.

[0008] Une autre technique est connue de GB 2283188, considéré comme reflétant l'art antérieur le plus proche.

[0009] Compte tenu des inconvénients présentés par chacune des techniques d'isolation thermique utilisées à ce jour pour protéger les structures métalliques à usage cryogénique, il existe un besoin pour une nouvelle technique d'isolation thermique ne présentant pas ces inconvénients. Plus précisément, il est souhaitable de pouvoir disposer d'une technique d'isolation thermique utilisable indifféremment sur tout type de structures métalliques,

c'est-à-dire aussi bien sur des structures de petites tailles que sur des structures complexes et de grandes tailles, tout en autorisant une production en série à un coût industriel raisonnable.

[0010] Par ailleurs, il est connu dans l'industrie du bâtiment d'assurer la protection thermique de certaines structures en projetant sur celles-ci une mousse rigide et thermiquement isolante. Cependant, cette technique n'est pas transposable à l'industrie cryogénique ni au domaine spatial, pour les raisons qui vont à présent être exposées.

[0011] En premier lieu, si la technique de projection était appliquée aux mousses rigides, à cellules fermées et de faible masse volumique (inférieure à 80 kg/m³) constituant les panneaux qui sont actuellement collés sur les structures de grandes tailles, cela se traduirait par une diminution sensible de l'adhérence de la mousse sur la structure. Une telle réduction d'adhérence serait inacceptable, du fait des contraintes subies par la structure en raison de son usage cryogénique. En particulier, une structure à usage cryogénique subit une rétraction lors de la mise en froid qui se produit lors du remplissage et une dilatation lors de la mise en pression effectuée ultérieurement. De plus, dans l'application au domaine spatial, l'isolation thermique subit des agressions aérothermiques et acoustiques qui réclament une très bonne adhérence.

[0012] Par ailleurs, la projection d'une telle mousse sur une structure métallique nécessiterait un chauffage de ladite structure, pour permettre une expansion correcte de la mousse. En effet, dans le cas contraire, l'énergie thermique nécessaire à l'expansion de la mousse serait dissipée trop rapidement dans le métal à température ambiante. Cela conduirait à une mousse de densité élevée, qui ne présenterait pas les caractéristiques d'isolation thermique souhaitées.

[0013] D'autre part, l'épaisseur du matériau projeté sur la structure (habituellement comprise entre 10 mm et 60 mm) serait difficile à contrôler, notamment du fait de la projection d'une couche épaisse qui s'effectue habituellement au moyen d'un pistolet à gros débit. En effet, le produit déposé en grosses quantités réagirait de façon non-homogène et difficilement maîtrisable. De plus, des surépaisseurs apparaîtraient inévitablement dans les zones de recouvrement entre la mousse adjacente solidifiée déposée précédemment et la mousse en cours de dépôt. Cela nécessiterait un usinage ultérieur de l'isolation thermique après sa projection.

[0014] Pour la même raison, la masse du matériau d'isolation thermique effectivement déposée sur la structure serait difficile à connaître. Cela rendrait également nécessaire un usinage ultérieur du matériau projeté.

[0015] En outre, la qualité de l'isolation thermique effectivement réalisée dépend largement des conditions opératoires. La transformation en mousse des matériaux projetés s'effectuerait donc plus ou moins bien selon ces conditions.

[0016] Enfin, le matériau thermiquement isolant ris-

querait de se dégrader à haute température.

Exposé de l'invention

[0017] L'invention a précisément pour objet un procédé d'isolation thermique d'une structure métallique à usage cryogénique, dont la conception originale lui permet de traiter des structures de tailles et de formes variées, telles que des structures complexes de grandes dimensions, en autorisant une production en série à un coût industriel raisonnable.

[0018] Conformément à l'invention, ce résultat est obtenu au moyen d'un procédé d'isolation thermique d'une structure métallique à usage cryogénique, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- pose d'un revêtement primaire d'une résine époxy sur une surface de ladite structure, à isoler thermiquement ;
- projection d'une couche d'accrochage d'une mousse de polyuréthane, d'épaisseur inférieure à 5 mm, sur ledit revêtement primaire ;
- mesure de l'épaisseur de la mousse déposée sur la structure ;
- projection d'au moins une couche supplémentaire de ladite mousse de polyuréthane, jusqu'à obtention d'une épaisseur désirée de mousse de polyuréthane, chaque projection étant suivie d'une nouvelle mesure de l'épaisseur de la mousse déposée sur la structure et chaque couche supplémentaire ayant une épaisseur, fonction de l'épaisseur de mousse mesurée précédemment.

[0019] Dans le procédé ainsi défini, l'utilisation d'un revêtement primaire en résine époxy facilite l'adhérence de la mousse de polyuréthane sur la structure métallique. De plus, la projection de la mousse de polyuréthane sous la forme de plusieurs couches superposées incluant une première couche, dite couche d'accrochage, de faible épaisseur, ainsi que le contrôle de l'épaisseur effectué après chaque projection, permettant d'obtenir une isolation thermique efficace, notamment à haute température, et en permettant une bonne maîtrise de l'épaisseur, sans qu'il soit nécessaire de procéder à un chauffage du support métallique, ni à un usinage ultérieur du revêtement thermiquement isolant.

[0020] Dans un mode de mise en oeuvre préféré du procédé selon l'invention, qui contribue à optimiser les caractéristiques d'isolation de la mousse, les projections de la couche d'accrochage et des couches supplémentaires s'effectuent sous une atmosphère dont la température est régulée à $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

[0021] Pour la même raison, l'hygrométrie de l'atmosphère dans laquelle s'effectue les projections de la couche d'accrochage et des couches supplémentaires est avantageusement régulée entre 30 % et 60 %.

[0022] Par ailleurs, les projections de la couche d'accrochage et des couches supplémentaires s'effectuent

de préférence à une haute pression, comprise entre 100 bars et 180 bars. Cela contribue à améliorer l'adhérence desdites couches entre elles et sur le revêtement primaire, et aussi à optimiser les caractéristiques d'isolation de la mousse.

[0023] En outre, également afin d'optimiser les caractéristiques d'isolation des mousses et d'améliorer l'adhérence lesdites projections s'effectuent avantageusement à partir d'une buse située à une distance de la surface de la structure comprise entre 60 cm et 80 cm.

[0024] Pour optimiser encore l'adhérence et les caractéristiques isolantes du revêtement, chacune des couches supplémentaires est projetée de préférence lorsque la couche précédente est rigidifiée. A cet effet, on prévoit un intervalle de temps minimal d'au moins 5 minutes entre deux projections.

[0025] Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, les projections de la couche d'accrochage et des couches supplémentaires s'effectuent en mélangeant un polyol et un isocyanate. Ce mélange s'effectue avantageusement dans des proportions de un pour un en volume. Outre les avantages de simplicité de mise en oeuvre qui en découlent, ce type de produits thixotropés présente un temps de crème très court (environ trois secondes) qui améliore sensiblement l'adhérence, la qualité de la mousse obtenue, et la maîtrise de l'épaisseur du revêtement.

[0026] Pour que le mélange entre les deux produits s'effectue dans les meilleures conditions possibles, on maintient de préférence les températures du polyol et de l'isocyanate entre 45°C et 55°C . La qualité isolante du revêtement obtenu s'en trouve, là encore, améliorée.

[0027] En outre, la pose du revêtement primaire sur la surface à protéger s'effectue de préférence par projection.

Description détaillée d'un mode de réalisation préféré de l'invention

[0028] Un mode de mise en oeuvre préféré du procédé selon l'invention va à présent être décrit, à titre d'exemple illustratif et non limitatif,

[0029] Dans un premier temps, et de façon classique, on prépare la surface de la structure métallique à usage cryogénique que l'on désire protéger thermiquement. Cette préparation de surface, qui peut prendre différentes formes bien connues de l'homme du métier, a pour fonction de donner à ladite surface une tension superficielle suffisante pour assurer une adhérence optimale du revêtement primaire. Elle consiste généralement en une ou plusieurs opérations de dégraissage.

[0030] Dans un délai aussi court que possible (généralement, moins de 8 heures) afin d'éviter une nouvelle pollution de la surface, cette étape de préparation de surface est suivie d'une étape de pose d'un revêtement primaire sur la surface de la structure à protéger. Ce revêtement primaire est constitué d'une résine époxy choisie de façon à pouvoir conserver ses propriétés jusqu'à

une température cryogénique d'environ 20 K. La pose du revêtement primaire s'effectue de préférence par projection. L'épaisseur dudit revêtement est avantageusement comprise entre 10 μm et 50 μm et, de préférence, sensiblement égale à 20 μm .

[0031] Lorsque certaines parties de la structure métallique à protéger, telles que des inserts, ou autres, ne doivent pas être recouvertes d'isolation thermique, on met ensuite en place sur la structure des éléments de masquage aux emplacements appropriés.

[0032] La machine destinée à assurer la projection de la mousse de polyuréthane est ensuite préparée et un certain nombre de paramètres sont réglés, afin de respecter au mieux les conditions opératoires requises.

[0033] La machine de projection comprend un pistolet de projection à haute pression apte à assurer de bonnes propriétés et une bonne adhérence de la mousse isolante. Ce pistolet est équipé d'une buse dont la forme et la section sont choisies selon les formes des surfaces à protéger et le débit de projection souhaité. Par exemple, la buse peut être à jet rond ou à jet plat, selon que la surface à protéger est relativement plane ou en creux. Le réglage de la pression affichée sur le pistolet permet, conjointement avec la taille de la buse, de maîtriser le débit du matériau projeté. Dans la pratique, cette pression sera généralement comprise entre 100 bars et 180 bars, selon la buse utilisée.

[0034] La machine de projection comprend également des tuyaux reliant le pistolet à deux cuves contenant respectivement un polyol et un isocyanate. Le mélange entre ces deux produits s'effectue dans le pistolet de projection, avantageusement selon des proportions de un pour un en volume. Des moyens de chauffage, placés à la sortie de chacune des deux cuves, permettent d'amener les produits à une température comprise entre 45°C et 55°C, selon le pistolet et la buse utilisés. Ce chauffage permet notamment de projeter la mousse à une température qui assure des propriétés thermiquement isolantes optimisées, en combinaison avec d'autres paramètres opératoires tels que la projection à haute pression et les caractéristiques propres aux produits utilisés.

[0035] En ce qui concerne les caractéristiques des produits, l'utilisation d'un polyol et d'un isocyanate permet d'obtenir une mousse thixotropée dont le temps de crème est particulièrement court (environ 3 secondes). Une mousse de ce type permet d'assurer une bonne adhérence et contribue, comme on l'a déjà observé, à l'obtention de propriétés d'isolation optimisées. Elle permet aussi de maîtriser plus aisément la quantité de produit déposée.

[0036] Les réglages effectués à ce stade concernent également la distance de projection, c'est-à-dire la distance qui sépare la buse de la surface à isoler. Cette distance de projection est réglée de façon à être comprise entre 60 cm et 80 cm en fonction du type de buse choisie. Il est à noter que le respect de cette distance contribue également à assurer une bonne adhérence de la mousse sur son support et à optimiser ses propriétés thermique-

ment isolantes.

[0037] Le déplacement relatif entre le pistolet de projection et la structure à isoler est avantageusement automatisé. Dans le cas où la structure à protéger est un réservoir, cette automatisation peut être obtenue en faisant tourner le réservoir autour de son axe, à vitesse réglée, à l'aide de moyens appropriés. Dans ce cas, les réglages effectués à ce stade concernent également le temps de projection, c'est-à-dire la vitesse de rotation de la structure à protéger. Ce réglage s'effectue en tenant compte de la nature de la surface sur laquelle le matériau d'isolation thermique doit être projeté.

[0038] Afin que la projection de la mousse s'effectue dans des conditions de température et d'hygrométrie permettant d'optimiser les propriétés thermiquement isolantes de ladite mousse, la machine de projection est placée dans une salle dont l'atmosphère est contrôlée. En particulier, la température de l'environnement (qui détermine la température de la structure métallique à protéger) est réglée à 20°C $\pm$ 2°C. En outre, l'hygrométrie de l'environnement est réglée entre 30 % et 60 %. Il est à noter que ce contrôle peut être obtenu de façon simple et facile à mettre en oeuvre industriellement.

[0039] Lorsque les différents paramètres de la machine de projection et de son environnement ont été réglés, on vérifie, de préférence, que les différents choix effectués sont satisfaisants, en procédant à un essai.

[0040] Dans les conditions opératoires définies préalablement, on projette ensuite une première couche, de faible épaisseur, de mousse de polyuréthane sur le revêtement primaire préalablement posé sur la structure métallique. Cette première couche est appelée "couche d'accrochage". Son épaisseur, de préférence voisine de 3 mm, est dans tous les cas inférieure à 5 mm. Cette couche d'accrochage de faible épaisseur forme une couche de dispersion d'énergie. En effet, l'énergie nécessaire à l'expansion de la mousse se dissipe rapidement dans la structure métallique, qui est à température ambiante. Cela conduit à une mousse aux caractéristiques moins performantes, du fait qu'elle présente une densité élevée. Toutefois, la faible épaisseur de la couche d'accrochage limite les conséquences de l'abaissement des caractéristiques de la mousse à cette zone d'épaisseur réduite. De plus, la couche d'accrochage constitue, vis-à-vis des couches qui seront projetées ultérieurement, une couche isolante permettant ensuite à la mousse de s'expanser normalement sans qu'il soit nécessaire de chauffer la structure métallique. La mise en oeuvre industrielle du procédé s'en trouve ainsi grandement facilitée.

[0041] Lorsque la couche d'accrochage a été déposée sur l'ensemble des surfaces à protéger de la structure, on mesure l'épaisseur de ladite couche, afin de la contrôler. Cette mesure peut être faite à l'aide de tout moyen de mesure d'épaisseur non destructif tel qu'un capteur à courants de Foucault, ou similaire.

[0042] Du fait que le produit s'expande de façon presque instantanée après sa projection, la mesure d'épais-

seur peut être effectuée très rapidement.

[0043] A l'issue de la mesure de l'épaisseur de la couche d'accrochage, les temps et débits de projection peuvent être ajustés selon les zones, pour que l'isolation thermique de la structure présente l'épaisseur finale désirée, avec une bonne précision, après la projection de couches supplémentaires de la mousse de polyuréthane. On évite ainsi les surépaisseurs qui pourraient nécessiter des usinages après la projection de la dernière couche.

[0044] Après avoir mesuré l'épaisseur de la couche d'accrochage et modifié, si nécessaire, les temps et débits de projection, on projette une deuxième couche de la mousse de polyuréthane sur l'ensemble de la couche d'accrochage. Lorsque cette projection est terminée, on procède aux mêmes opérations que celles qui ont suivi la projection de la couche d'accrochage. En d'autres termes, on mesure l'épaisseur de la deuxième couche et on ajuste à nouveau, si besoin est, les temps et débits de projection avant de projeter la couche suivante.

[0045] Les opérations qui précèdent sont répétées autant de fois que nécessaire, de façon à obtenir une isolation thermique présentant l'épaisseur désirée, avec une précision satisfaisante, sans qu'il soit nécessaire de procéder à un usinage ultérieur.

[0046] Dans la pratique, l'épaisseur de chacune des couches supplémentaires déposées après la couche d'accrochage est déterminée en fonction de l'épaisseur finale désirée pour l'isolation thermique. Il en est de même du nombre de ces couches supplémentaires.

[0047] Plus précisément, on détermine l'épaisseur et le nombre de chacune des couches supplémentaires déposées après la projection de la couche d'accrochage en donnant, de préférence, à chacune de ces couches supplémentaires une épaisseur comprise entre 5 mm et 10 mm. Par exemple et uniquement à titre d'illustration, une isolation thermique de 12 mm d'épaisseur peut être obtenue en projetant successivement trois couches de polyuréthane incluant la couche d'accrochage. Par comparaison, une isolation thermique d'environ 40 mm d'épaisseur peut être obtenue en projetant successivement cinq ou six couches de polyuréthane incluant la couche d'accrochage.

[0048] Comme on l'a déjà observé, l'intervalle de temps séparant la projection de deux couches successives de polyuréthane peut être très court. En effet, le durcissement rapide de la mousse impose simplement un intervalle de temps minimal de 5 min entre deux couches. On assure ainsi une parfaite adhérence des couches entre elles.

[0049] Du fait que la couche d'accrochage de faible épaisseur isole thermiquement de la structure métallique les couches de mousse déposées ultérieurement, on réalise une isolation thermique qui présente les qualités d'isolation thermique requises.

[0050] Par ailleurs, la couche d'accrochage de faible épaisseur adhère de façon satisfaisante avec le revêtement primaire et, par conséquent, avec la structure mé-

tallique, notamment grâce aux caractéristiques des produits projetés, à la projection sous haute pression et au respect d'une distance de projection satisfaisante.

[0051] En outre, la projection de la mousse par couches successives et le contrôle de l'épaisseur de chacune des couches permettent d'obtenir une isolation thermique d'épaisseur contrôlée sans qu'il soit nécessaire d'effectuer un usinage ultérieur.

[0052] Il est à noter également, que la résistance du revêtement à des agressions thermiques transitoires est obtenue grâce à un agent ignifuge, de mise en oeuvre aisée et permettant une bonne tenue aux flux thermiques, contenu dans la mousse de type polyol isocyanate. De plus, la projection de la mousse par couches successives permet de contrôler la dégradation du matériau, sans qu'il y ait propagation dans toute l'épaisseur du revêtement. En effet, la surface de chaque couche joue le rôle de barrière thermique, lors d'une agression thermique. Ainsi, des essais ont montré que le revêtement ne présente qu'une dégradation surfacique et une faible diminution de son épaisseur, sous des flux allant jusqu'à 67 kW/m².

[0053] Des essais ont également montré que la masse volumique du revêtement est comprise entre 50 kg/m³ et 70 kg/m³. A une température variant entre 130 K et 350 K, la conductivité thermique moyenne du revêtement évolue entre 0,022 W/m.K et 0,044 W/m.K et sa capacité calorifique moyenne varie entre 570 J/Kg.K et 1605 J/Kg.K. Ces résultats sont conformes aux exigences requises pour les protections thermiques équipant les structures métalliques à usage cryotechnique, dans les domaines aéronautique et spatial.

[0054] Il est à noter que différents paramètres peuvent être modifiés. Ainsi et uniquement à titre d'exemple, les types de résine époxy et de mousse de polyuréthane utilisés pour former le revêtement primaire et l'isolation thermique peuvent être quelconques, dans la mesure où ces produits permettent d'obtenir les caractéristiques désirées.

Revendications

1. Procédé d'isolation thermique d'une structure métallique à usage cryogénique, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

- pose d'un revêtement primaire d'une résine époxy sur une surface de ladite structure, à isoler thermiquement ;
- projection d'une couche d'accrochage d'une mousse de polyuréthane, d'épaisseur inférieure à 5 mm, sur ledit revêtement primaire ;
- mesure de l'épaisseur de la mousse déposée sur la structure ;
- projection d'au moins une couche supplémentaire de ladite mousse de polyuréthane, jusqu'à obtention d'une épaisseur désirée de

mousse de polyuréthane, chaque projection étant suivie d'une nouvelle mesure de l'épaisseur de la mousse déposée sur la structure, et chaque couche supplémentaire ayant une épaisseur déterminée en fonction de l'épaisseur de la mousse mesurée précédemment.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel chaque couche supplémentaire a une épaisseur au plus égale à environ 10 mm. 10
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel les projections de la couche d'accrochage et de chaque couche supplémentaire s'effectuent sous une atmosphère dont la température est régulée à $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. 15
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les projections de la couche d'accrochage et de chaque couche supplémentaire s'effectuent sous une atmosphère dont l'hygrométrie est régulée entre 30 % et 60 %. 20
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les projections de la couche d'accrochage et de chaque couche supplémentaire s'effectuent à une pression comprise entre 100 bars et 180 bars. 25
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les projections de la couche d'accrochage et de chaque couche supplémentaire s'effectuent à partir d'une buse située à une distance de ladite surface de la structure comprise entre 60 cm et 80 cm. 30
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un intervalle de temps minimal d'au moins 5 minutes sépare deux projections. 35
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les projections de la couche d'accrochage et de chaque couche supplémentaire s'effectuent en mélangeant un polyol et un isocyanate. 40
9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel on mélange le polyol et l'isocyanate dans des proportions de un pour un en volume. 45
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, dans lequel on maintient les températures du polyol et de l'isocyanate entre 45°C et 55°C . 50
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on dépose le revêtement primaire sur ladite surface par projection. 55

Claims

1. Thermal insulation process for a metallic structure for cryogenic use, **characterised in that** it consists of the following stages:
 - application of undercoat of epoxy resin to one surface of the said structure to be thermally insulated;
 - spraying of an adhesion layer consisting of polyurethane foam, less than 5 mm thick, onto the said undercoat;
 - measurement of the thickness of the foam deposited on the structure;
 - spraying of at least one additional layer of the said polyurethane foam, until the desired thickness of polyurethane foam is obtained, each spraying being followed by a new measurement of the thickness of foam deposited on the structure, and each additional layer having a thickness determined according to the thickness of the foam measured previously.
2. Process according to Claim 1, in which each additional layer has a thickness equal to about 10 mm at most.
3. Process according to either of Claims 1 or 2, in which the spraying of the adhesion layer and of each additional layer are conducted in an atmosphere in which the temperature is regulated at $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
4. Process according to any of Claims 1 to 3, in which the spraying of the adhesion layer and of each additional layer are conducted in an atmosphere in which the relative humidity is regulated between 30% and 60%.
5. Process according to any of the previous claims, in which the spraying of the adhesion layer and of each additional layer are conducted at a pressure between 100 bars and 180 bars.
6. Process according to any of the previous claims, in which the spraying of the adhesion layer and of each additional layer are conducted from a nozzle located at a distance from the surface of the structure of between 60 cm and 80 cm.
7. Process according to any of the previous claims, in which a minimum interval of time of at least 5 minutes elapses between two sprayings.
8. Process according to any of the previous claims, in which the spraying of the adhesion layer and of each additional layer are conducted by mixing a polyol and an isocyanate.

9. Process according to Claim 8, in which the polyol and the isocyanate are mixed in proportions of one to one by volume.
10. Process according to either of Claims 8 and 9, in which the temperatures of the polyol and isocyanate are maintained between 45°C and 55°C.
11. Process according to any of the previous claims, in which the undercoat is applied to the surface in question by means of spraying.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Isolierung einer metallischen Struktur für cryogene Anwendungen, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die folgenden Schritte umfasst:

- Anbringen einer primären Beschichtung aus einem Epoxydharz auf einer Oberfläche der Struktur, die thermisch zu isolieren ist;
- Spritzen einer Ankopplungsschicht aus einem Polyurethanschaum mit einer Dicke von weniger als 5 mm auf die primäre Beschichtung;
- Messen der Dicke des auf der Struktur abgelagerten Schaums;
- Spritzen wenigstens einer zusätzlichen Schicht aus dem Polyurethanschaum bis zur Erzielung einer gewünschten Dicke an Polyurethanschaum, wobei auf jedes Spritzen eine neue Messung der Dicke des auf der Struktur abgelagerten Schaums folgt, und wobei jede zusätzliche Schicht eine bestimmte Dicke als Funktion der vorher gemessenen Dicke des Schaums hat.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem jede zusätzliche Schicht eine Dicke von höchstens gleich 10 mm hat.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, bei dem das Spritzen der Ankopplungsschicht und jeder zusätzlichen Schicht unter einer Atmosphäre erfolgt, deren Temperatur auf 20°C +/- 2°C geregelt ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Spritzen der Ankopplungsschicht und jeder zusätzlichen Schicht unter einer Atmosphäre erfolgt, deren Hygrometrie zwischen 30% und 60% geregelt ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Spritzen der Ankopplungsschicht und jeder zusätzlichen Schicht bei einem Druck erfolgt, der zwischen 100 bar und 180 bar enthalten ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Spritzen der Ankopplungsschicht und jeder zusätzlichen Schicht ausgehend von einer Düse erfolgt, die in einem Abstand von der Oberfläche der Struktur angeordnet ist, welcher zwischen 60 cm und 80 cm enthalten ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein minimales Zeitintervall von wenigstens fünf Minuten zwei Spritzvorgänge trennt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Spritzen der Ankopplungsschicht und jeder zusätzlichen Schicht unter Mischen eines Polyols und eines Isozyanats erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem man das Polyol und das Isozyanat in einem Volumenverhältnis von 1:1 mischt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 und 9, bei dem man die Temperaturen des Polyols und des Isozyanats zwischen 45°C und 55°C hält.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem man die primäre Beschichtung durch Spritzen auf der Oberfläche ablagert.

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- GB 2283188 A [0008]