

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.03.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 27.09.24 Bulletin 24/39.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ORANO NUCLEAR PACKAGES AND
SERVICES Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : RIALANT Fanny, RIPERT Hervé et
TEIXEIRA-MENDES Grégory.

73 Titulaire(s) : ORANO NUCLEAR PACKAGES AND
SERVICES Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : BREVALEX.

54 Procédé de traitement contre la corrosion d'un emballage de matière radioactive.

57 L'invention se rapporte à un procédé de traitement
contre la corrosion d'au moins une surface d'un emballage
de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière
radioactive.

Ce procédé est mis en œuvre au moyen d'un dispositif
électrolytique comprenant une anode, une cathode et une
solution électrolytique, la solution électrolytique comprenant
au moins un métal M sous forme cationique, et comprend
les étapes (a) à (d) successives suivantes :

(a) la mise en contact de la surface de l'emballage avec
au moins un applicateur imprégné de la solution électroly-
tique, l'emballage formant la cathode et l'applicateur for-
mant l'anode, l'anode et la cathode étant reliées à une
alimentation électrique,

(b) l'application d'une tension électrique délivrée par
l'alimentation électrique entre la cathode et l'anode à une
valeur U comprise entre 5 V et 30 V,

(c) le maintien de la tension électrique à cette valeur U
de manière à réduire le métal M sous forme cationique,
moyennant quoi une couche du métal M est formée sur la
surface de l'emballage en contact avec l'applicateur, et

(d) le retrait de l'applicateur de la surface revêtue de
l'emballage.

L'invention se rapporte également à un emballage de

transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière ra-
dioactive comprenant au moins une surface traitée contre la
corrosion par le procédé mentionné ci-dessus.

Pas de figure.



Description

Titre de l'invention : Procédé de traitement contre la corrosion d'un emballage de matière radioactive

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

- [0001] L'invention se rapporte à un procédé de traitement contre la corrosion d'un emballage de matière radioactive.
- [0002] L'invention se rapporte plus particulièrement à un procédé de traitement contre la corrosion d'au moins une surface d'un emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive. Cette surface correspond avantageusement à une surface destinée à recevoir un joint d'étanchéité équipant ledit emballage.
- [0003] L'invention se rapporte également à un emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive comprenant au moins une surface traitée contre la corrosion par le procédé de traitement contre la corrosion mentionné ci-dessus.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

- [0004] Parmi les procédés de traitement contre la corrosion connus dans le domaine des emballages de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive, on peut citer le procédé consistant à réaliser un revêtement anti-corrosion, typiquement en nickel, pour le moins au niveau de la cavité des emballages, c'est-à-dire sur la surface interne des emballages, voire sur les surfaces interne et externe des emballages.
- [0005] Pour ce faire, le corps de l'emballage, comprenant un fond et une paroi latérale s'étendant à partir du fond, est disposé dans une cuve au sein de laquelle on réalise un dépôt électrolytique de nickel, typiquement de l'ordre de 300 μm . Un tel procédé supporte bon nombre d'inconvénients parmi lesquels ceux liés à la manipulation des corps d'emballages au regard des dimensions imposantes de ces derniers, aux coûts de matière puisqu'au moins la surface interne, voire les surfaces interne et externe, des emballages sont revêtues et aux temps de traitement associés. Or, un tel procédé est en quelque sorte surdimensionné dans le cas où l'on souhaite uniquement protéger de la corrosion les seules surfaces des emballages qui sont destinées à recevoir le ou les joints d'étanchéité, qui correspondent aux surfaces dites de "portées de joints". De plus, il est nécessaire de réaliser une étape complémentaire d'usinage des surfaces de manière à obtenir la rugosité requise.
- [0006] Ainsi, dans le but de ne traiter que les surfaces correspondant aux portées de joints et, ce faisant, de limiter les coûts de matière et de mise en œuvre en lien avec les contraintes dimensionnelles, des procédés de traitement contre la corrosion plus ciblés (localisés) ont été proposés.
- [0007] Il s'agit notamment d'un procédé de traitement consistant à déposer, par soudage à

l'arc, un revêtement d'acier inoxydable localisé sur lesdites surfaces de portées de joints. Toutefois, un tel procédé requiert non seulement des temps de soudage importants mais également des étapes d'usinage complémentaires.

- [0008] Le but de la présente invention est donc de pallier les inconvénients des procédés de l'art antérieur et de proposer un procédé de traitement contre la corrosion d'un emballage de matière radioactive qui se caractérise par le dépôt d'un revêtement de protection qui soit localisé au niveau des surfaces de l'emballage plus particulièrement destinées à être protégées de la corrosion telles que les surfaces de portées de joints mentionnées ci-dessus. Ce procédé doit également être plus économique que ceux de l'art antérieur, en permettant cette protection contre la corrosion au moyen d'un revêtement d'épaisseur réduite et constante, sans qu'il y ait besoin de recourir à une étape complémentaire de rectification, par exemple par usinage, du dit revêtement.

Exposé de l'invention

- [0009] Ces buts ainsi que d'autres encore sont atteints, en premier lieu, par un procédé de traitement contre la corrosion d'au moins une surface d'un emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive.
- [0010] Selon l'invention, ce procédé est mis en œuvre au moyen d'un dispositif électrolytique comprenant une anode, une cathode et une solution électrolytique, la solution électrolytique comprenant au moins un métal M sous forme cationique, et comprend les étapes (a) à (d) successives suivantes :
- [0011] (a) la mise en contact d'au moins un applicateur imprégné de la solution électrolytique avec la surface de l'emballage, l'emballage formant la cathode et l'applicateur formant l'anode, l'anode et la cathode étant reliées à une alimentation électrique,
- [0012] (b) l'application d'une tension électrique délivrée par l'alimentation électrique entre la cathode et l'anode à une valeur U comprise entre 5 V et 30 V,
- [0013] (c) le maintien de la tension électrique à cette valeur U de manière à réduire le métal M sous forme cationique, moyennant quoi une couche du métal M est formée sur la surface de l'emballage en contact avec l'applicateur, et
- [0014] (d) le retrait de l'applicateur de la surface revêtue de l'emballage.
- [0015] Le procédé selon l'invention permet de réaliser un revêtement anti-corrosion formé par une couche métallique constituée par le métal M ou par un alliage métallique de deux ou plusieurs métaux M.
- [0016] Ce revêtement anti-corrosion est déposé par voie électrolytique sur une surface localisée de l'emballage, étant précisé que cette surface localisée correspond à la surface de l'emballage qui est en contact avec l'applicateur, la surface localisée étant conductrice d'électricité. Le revêtement anti-corrosion est formé par la réduction élec-

trolytique du métal M sous forme cationique dans la solution électrolytique imprégnant l'applicateur, étant précisé que cette réduction électrolytique se produit à la surface de la cathode constituée par l'emballage. Ce revêtement électrolytique anti-corrosion présente une épaisseur sensiblement constante et n'a donc nullement besoin d'être usiné à l'issue du procédé. En plus d'être sensiblement constante, l'épaisseur du revêtement est inférieure à celle des revêtements anti-corrosion réalisés par les procédés de l'art antérieur. Cette épaisseur est avantageusement comprise entre 20 μm et 100 μm et, préférentiellement, comprise entre 40 μm et 70 μm .

- [0017] Il est précisé que l'expression "compris(e) entre ... et ...", qui vient d'être citée et qui est utilisée dans la présente demande, doit être comprise comme définissant non seulement les valeurs de l'intervalle, mais également les valeurs des bornes de cet intervalle.
- [0018] On peut noter que la surface à traiter peut ne représenter que la première partie d'une surface totale considérée, la surface de cette première partie étant alors nécessairement conductrice d'électricité. En revanche, la seconde partie est alors isolée électriquement afin d'éviter tout dépôt de métal sur cette dernière.
- [0019] Comme indiqué ci-dessus, l'étape (a) de mise en contact de l'emballage avec au moins un applicateur imprégné de la solution électrolytique détermine la surface de l'emballage sur laquelle le revêtement anti-corrosion va être déposé par voie électrolytique.
- [0020] Dans un mode de réalisation préférentiel, cette surface de l'emballage sur laquelle le revêtement anti-corrosion est déposé par voie électrolytique correspond aux surfaces de l'emballage destinées à recevoir le ou les joints d'étanchéité de l'emballage ou, autrement dit, aux surfaces de portées de joints.
- [0021] Dans un mode de réalisation avantageux, lors de l'étape (b), la valeur U de la tension électrique appliquée entre la cathode et l'anode est comprise entre 8 V et 15 V.
- [0022] Dans un mode de réalisation du procédé selon l'invention, la surface de l'emballage est une surface de révolution dont l'axe de révolution correspond à l'axe longitudinal de l'emballage.
- [0023] Ainsi, cette surface peut être une surface cylindrique qui est alors parallèle à cet axe longitudinal de l'emballage. Cette surface peut également se présenter sous la forme d'un disque qui est alors perpendiculaire à cet axe longitudinal de l'emballage.
- [0024] Dans une première variante du procédé selon l'invention, lors des étapes (a) à (c), le contact entre la surface de l'emballage et l'applicateur est réalisé par un positionnement fixe de l'applicateur sur toute ou partie de la surface de l'emballage.
- [0025] Dans une seconde variante du procédé selon l'invention, lors des étapes (a) à (c), le contact entre la surface de l'emballage et l'applicateur est réalisé par un déplacement relatif de l'applicateur par rapport à la surface de l'emballage.

- [0026] Selon un mode de réalisation particulier, la vitesse du déplacement relatif de l'applicateur par rapport à la surface de l'emballage est comprise entre 1 m/min et 40 m/min et, avantageusement, comprise entre 5 m/min et 30 m/min.
- [0027] Ce déplacement relatif peut être assuré soit par une rotation de l'emballage autour de son axe longitudinal, l'applicateur étant alors fixe, soit par une rotation de l'applicateur autour de l'axe longitudinal de l'emballage, l'emballage étant fixe.
- [0028] Cette seconde variante du procédé selon l'invention présente l'avantage de mettre en œuvre un applicateur de taille réduite par rapport à la surface de l'emballage à traiter contre la corrosion.
- [0029] À titre d'exemple, la surface de l'applicateur en contact avec l'emballage peut représenter au plus 50 % et, avantageusement, au plus 30 % de la surface de l'emballage à traiter.
- [0030] Un premier avantage associé à cette réduction de la taille de l'applicateur est de faciliter l'imprégnation de l'applicateur par la solution électrolytique. Un deuxième avantage est de réduire la puissance du générateur assurant l'alimentation électrique et, ce faisant, de réduire les risques d'une augmentation de la température par effet Joule de la solution électrolytique.
- [0031] Selon un mode de réalisation particulier, notamment lorsque la surface de l'emballage à traiter contre la corrosion est une surface cylindrique, la dimension longitudinale de l'applicateur est supérieure ou égale à la dimension longitudinale de cette surface de l'emballage à traiter.
- [0032] Selon un autre mode de réalisation particulier, notamment lorsque la surface de l'emballage à traiter contre la corrosion se présente sous la forme d'un disque, la dimension radiale de l'applicateur est supérieure ou égale à la dimension radiale de cette surface de l'emballage à traiter.
- [0033] Alternativement, le traitement de la surface peut également être obtenu en combinant la rotation de l'emballage à un déplacement de l'applicateur selon une direction parallèle ou perpendiculaire à l'axe de l'emballage selon que la surface est cylindrique ou en forme de disque.
- [0034] Que l'on considère la première variante ou la seconde variante du procédé selon l'invention, l'applicateur est maintenu en contact avec la surface de l'emballage à traiter contre la corrosion lors de chacune des étapes (a) à (c). Ce contact est réalisé par l'application d'une pression de l'applicateur sur la surface de l'emballage à traiter.
- [0035] Cette pression exercée par l'applicateur sur la surface de l'emballage est préférentiellement constante de manière à obtenir un revêtement anti-corrosion d'épaisseur sensiblement constante.
- [0036] Selon un mode de réalisation particulier, lors de ces étapes (a) à (c), la pression exercée par l'applicateur sur la surface de l'emballage est inférieure ou égale à 20.10^{-4}

MPa.

[0037] De manière avantageuse, cette pression exercée par l'applicateur sur la surface de l'emballage est comprise entre 10^{-4} MPa et $15 \cdot 10^{-4}$ MPa.

[0038] Le procédé selon l'invention peut ne mettre en œuvre qu'un seul applicateur. Toutefois, rien n'interdit d'envisager la mise en œuvre de deux, trois, voire plus, d'applicateurs, d'autant que la mise en œuvre de plusieurs applicateurs permet d'optimiser la mouillabilité de la surface à traiter et, de manière plus générale, de réduire la durée globale du traitement contre la corrosion.

[0039] Ainsi, selon un mode de réalisation avantageux, le procédé selon l'invention met en œuvre deux applicateurs, ces deux applicateurs étant diamétralement opposés par rapport à l'axe de l'emballage.

[0040] Il est précisé que dans l'ensemble de la présente description, le terme "applicateur" employé au singulier couvre aussi bien la mise en œuvre d'un seul applicateur que de plusieurs applicateurs.

[0041] Selon un mode de réalisation, l'applicateur est en un matériau conducteur et, de préférence, en graphite ou en nickel.

[0042] Selon un mode de réalisation avantageux, l'applicateur est percé de part en part et/ou est muni de rainures. Ces percements et/ou rainures pratiqués dans l'applicateur permettent non seulement de réaliser une bonne imprégnation de cet applicateur par la solution électrolytique mais également de faciliter le dégazage de dihydrogène formé lors de la réaction de réduction électrolytique qui se produit à la surface de l'emballage (cathode).

[0043] Comme indiqué précédemment, la solution électrolytique qui imprègne l'applicateur comprend au moins un métal M sous forme cationique.

[0044] Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, la solution électrolytique comprend un sel de nickel, un sel d'argent et/ou un sel de cuivre.

[0045] Ainsi, le procédé selon l'invention permet de réaliser un revêtement anti-corrosion formé par une couche métallique constituée par du nickel, de l'argent ou du cuivre métallique, par un alliage métallique de deux de ces métaux ou de ces trois métaux. De tels métaux et alliages métalliques sont bien connus pour être résistants à la corrosion.

[0046] Dans le cas où le métal M sous forme cationique est un sel de nickel, ce sel de nickel peut être un sulfamate de nickel.

[0047] Dans le cas où le métal M sous forme cationique est un sel d'argent, ce sel d'argent peut être un cyanure d'argent.

[0048] Dans le cas où le métal M sous forme cationique est un sel de cuivre, ce sel de cuivre peut être un sulfate cuivrique ou encore un fluoborate cuivrique.

[0049] Selon un mode de réalisation particulier, la température de la solution électrolytique imprégnée dans l'applicateur est comprise entre 15°C et 80°C .

- [0050] Le procédé selon l'invention présente donc l'avantage de pouvoir être mis en œuvre à la température ambiante, c'est-à-dire à une température typiquement comprise entre 18 °C et 25 °C.
- [0051] Pour réduire la durée globale du traitement contre la corrosion, cette température de la solution électrolytique imprégnée dans l'applicateur peut être avantageusement portée à une température comprise entre 30 °C et 70 °C et, préférentiellement, comprise entre 50 °C et 70 °C.
- [0052] Selon un mode de réalisation, la densité de courant (DI) par unité de surface (S) qui est appliquée lors de l'étape (c) et qui est notée DI/S, est comprise entre 4 A.h/dm² et 12 A.h/dm². Il est précisé que S correspond à la surface traitée lors de l'étape (c).
- [0053] Le pilotage du paramètre qu'est la densité de courant par unité de surface permet de contrôler l'épaisseur finale de la couche de métal M formant le revêtement anti-corrosion.
- [0054] De manière avantageuse, la densité de courant par unité de surface appliquée lors de l'étape (c) est comprise entre 6 A.h/dm² et 8 A.h/dm².
- [0055] Selon un mode de réalisation, le procédé selon l'invention comprend, en outre, l'une ou plusieurs des étapes (i) à (iv) suivantes, les étapes (i) à (iii) étant mises en œuvre préalablement à l'étape (a) et les étapes (iv) et (v) étant mises en œuvre après l'étape (d) :
- [0056] (i) l'application d'un masquage sur une surface de l'emballage autre que la surface à traiter,
- [0057] (ii) l'application d'une solution de nettoyage de la surface de l'emballage suivie d'un rinçage à l'eau,
- [0058] (iii) l'application d'une solution d'activation de la surface de l'emballage suivie d'un rinçage à l'eau,
- [0059] (iv) le rinçage à l'eau de la surface revêtue de l'emballage, et
- [0060] (v) le retrait du masquage.
- [0061] La mise en œuvre de l'étape (i) permet de protéger une ou des surfaces de l'emballage qui ne sont pas destinées à être traitées par le procédé selon l'invention. Cette étape peut également permettre de protéger une partie spécifique de la surface à traiter et ainsi ne réaliser un dépôt que sur la partie de la surface non protégée.
- [0062] La mise en œuvre de l'une et/ou l'autre des étapes (ii) et (iii) permet d'optimiser l'adhérence ultérieure de la couche de métal M constituant le revêtement anti-corrosion.
- [0063] Dans un mode de réalisation particulier, la solution de nettoyage de l'étape (ii) comprend un sel de sodium. Ce sel de sodium est de préférence choisi parmi de l'hydroxyde de sodium et le carbonate de sodium.
- [0064] Dans un mode de réalisation particulier, la solution d'activation de l'étape (iii)

comprend un acide inorganique qui, de préférence, l'acide sulfurique.

- [0065] Dans un mode de réalisation particulier, l'une et/ou l'autre des étapes (ii) et (iii) peuvent être conduites par voie électrolytique ; les solutions de nettoyage et/ou d'activation constituent alors les solutions électrolytiques d'un dispositif électrolytique dans lequel la cathode est formée par l'emballage et l'anode par au moins un applicateur imprégné de l'une et/ou l'autre de ces solutions, par analogie avec le procédé de traitement contre la corrosion décrit précédemment.
- [0066] Le procédé selon l'invention permet de traiter au moins une surface d'un emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive contre la corrosion.
- [0067] Un tel emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive comprend typiquement un corps d'emballage, constitué d'un fond et d'une paroi latérale s'étendant à partir du fond, ainsi qu'un système de fermeture de ce corps.
- [0068] Dans un mode de réalisation avantageux, la surface de l'emballage destinée à être traitée par le procédé selon l'invention correspond à la surface de réception d'au moins un joint assurant l'étanchéité entre le corps et le système de fermeture en position fermée du corps.
- [0069] L'invention se rapporte, en second lieu, à un emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive.
- [0070] Selon l'invention, cet emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive comprend au moins une surface traitée contre la corrosion par le procédé tel que décrit ci-dessus, avec l'ensemble de ses caractéristiques prises seules ou en combinaison.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

- [0071] D'autres avantages, buts et caractéristiques particulières de la présente invention ressortiront de la description non limitative qui suit d'au moins un mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention, en regard des dessins annexés, dans lesquels :
- [0072] - la [Fig.1] est une vue schématique en perspective du corps d'un emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive ;
- [0073] - la [Fig.2] est une vue schématique en coupe du corps de l'emballage représenté à la [Fig.1] ;
- [0074] - la [Fig.3] est un agrandissement de la partie supérieure du corps d'emballage ; et
- [0075] - la [Fig.4] est une vue de face de l'extrémité supérieure du corps de l'emballage, en particulier de la surface S2 repérée sur la [Fig.3] et munie de deux anodes.
- [0076] **EXPOSÉ DÉTAILLÉ D'UN MODE DE RÉALISATION PARTICULIER**
- [0077] Le procédé selon l'invention est mis en œuvre sur l'emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive 10 représenté de manière

schématique à la [Fig.1].

- [0078] L'emballage 10 comprend un corps cylindrique 12 ainsi qu'un système de fermeture ou couvercle 14.
- [0079] Comme illustré à la [Fig.2], le corps 12 de l'emballage 10 comprend un fond 16 et une paroi latérale 18 s'étendant à partir du fond 16. Le corps 12 est centré autour de l'axe longitudinal A et est de section circulaire.
- [0080] La partie supérieure 12' du corps 12, qui correspond à la partie opposée au fond 16, est destinée à recevoir au moins un joint monté sur la surface intérieure du couvercle (non représenté). Ce ou ces joints permettent d'assurer l'étanchéité entre le corps 12 et le système de fermeture 14 en position fermée du corps 12 de l'emballage 10.
- [0081] En référence à la [Fig.3], qui correspond à un agrandissement de la partie supérieure 12' du corps 12, on observe que cette partie supérieure 12' comprend les surfaces repérées par les références S1, S2, S3, S4 et S5.
- [0082] Les surfaces S1, S3 et S5 d'une part, et S2 et S4, d'autre part, correspondent à des surfaces respectivement longitudinales (cylindriques) et radiales (en forme de disque) par rapport à l'axe longitudinal A.
- [0083] Si l'ensemble des surfaces S1 à S5 est traité par le procédé de traitement contre la corrosion conforme à l'invention, la description ci-dessous va s'attacher au traitement de la seule surface S2.
- [0084] La surface S2 présente une forme annulaire et correspond à la surface de réception de deux joints (non représentés) disposés sur la surface inférieure du couvercle 14 de l'emballage 10 et permettant d'assurer l'étanchéité entre le corps 12 et le couvercle 14 en position fermée du corps 12 de l'emballage 10.
- [0085] Typiquement, la surface S2 à traiter présente une surface d'environ 5840 cm² et une dimension radiale de l'ordre de 10 cm.
- [0086] Dans une première étape (i) préalable au traitement contre la corrosion de la surface S2, les autres surfaces S1, S3, S4 et S5 sont masquées par application d'un revêtement de protection.
- [0087] Un tel revêtement de protection peut être formé par un ruban adhésif du type scotch aluminium, par une peinture et/ou par un vernis pelable. Sur la [Fig.3], ces surfaces masquées S1 et S3 à S5 sont repérées par un trait plus épais que celui repérant la surface S2.
- [0088] Dans une deuxième étape (ii), on réalise une étape de nettoyage par voie électrolytique de la surface S2.
- [0089] Pour ce faire, on met en contact la surface S2 avec deux applicateurs, ou anodes, A1 et A2 en graphite présentant chacun une surface de 228 cm² (19 cm x 12 cm), la surface de contact entre les applicateurs A1, A2 et la surface S2 représentant donc environ 4% de la surface totale de S2.

- [0090] Ces applicateurs A1 et A2 sont imprégnés d'une solution de nettoyage comprenant de l'hydroxyde de sodium et dont la température est comprise entre 15 °C et 40 °C. L'imprégnation des applicateurs A1, A2 est maintenue pendant l'étape (ii) au moyen d'une alimentation continue, au moyen d'un flexible, à un débit supérieur à 4 L/min de solution de nettoyage.
- [0091] Ces applicateurs A1 et A2 sont disposés de manière diamétralement opposée comme illustré sur la [Fig.4].
- [0092] Le corps 12 est alors mis en rotation autour de son axe longitudinal A de façon à avoir un déplacement relatif entre les anodes A1, A2 et la surface S2 d'environ 15 m/min.
- [0093] On applique ensuite une tension électrique entre la surface S2 et les anodes A1, A2 a une valeur comprise entre 8 V et 10 V.
- [0094] Lorsque la densité de courant atteint une valeur de l'ordre 22 Ah, la tension électrique est coupée, les anodes A1, A2 sont retirées et la rotation du corps 12 est interrompue.
- [0095] Dans une troisième étape (iii), on réalise une étape d'activation par voie électrolytique de la surface S2 qui a été nettoyée lors de l'étape (ii).
- [0096] Pour ce faire, la surface S2 est mise en contact avec deux autres applicateurs, ou anodes, A1' et A2' spécifiques pour cette étape (iii), imprégnés d'une solution d'activation comprenant de l'acide sulfurique et dont la température est comprise entre 15 °C et 40 °C. L'imprégnation des applicateurs A1', A2' est maintenue pendant l'étape (iii) au moyen d'une alimentation continue, au moyen d'un flexible, à un débit supérieur à 3 L/min de solution d'activation.
- [0097] Comme lors de l'étape (ii), lors de l'étape (iii), les applicateurs A1' et A2' sont disposés de manière diamétralement opposée ([Fig.4]).
- [0098] On applique ensuite une tension électrique de l'ordre de 8 V entre la surface S2 et les anodes A1', A2'.
- [0099] Le corps 12 est ensuite mis en rotation autour de son axe longitudinal A de façon à avoir un déplacement relatif entre les anodes A1', A2' et la surface S2 d'environ 15 m/min.
- [0100] Lorsque la densité de courant atteint une valeur de l'ordre 32 Ah, la tension électrique est coupée, les anodes A1', A2' sont retirées et la rotation du corps 12 est interrompue.
- [0101] Dans une quatrième étape, on met en œuvre le procédé de traitement contre la corrosion conforme à l'invention permettant de réaliser un dépôt de nickel métallique par voie électrolytique sur la surface S2 qui a été activée lors de l'étape (iii).
- [0102] Pour ce faire, la surface S2 est mise en contact avec deux nouveaux applicateurs, ou anodes, A1" et A2" imprégnés d'une solution comprenant du sulfamate de nickel et présentant une température comprise entre 50 °C et 70 °C. L'imprégnation des applicateurs A1", A2" est maintenue pendant cette quatrième étape au moyen d'une ali-

mentation continue, au moyen d'un flexible, à un débit supérieur à 10 L/min de solution de sulfamate de nickel.

- [0103] Comme lors des étapes (ii) et (iii), dans cette quatrième étape, les applicateurs A1" et A2" sont disposés de manière diamétralement opposée ([Fig.4]).
- [0104] On applique ensuite une tension électrique de l'ordre de 15 V et un ampérage d'environ 200 A par anode entre la surface S2 et les anodes A1", A2".
- [0105] Le corps 12 est ensuite mis en rotation autour de son axe longitudinal A de façon à avoir un déplacement relatif entre les anodes A1", A2" et la surface S2 d'environ 15 m/min.
- [0106] Lorsque la densité de courant atteint une valeur de l'ordre 400 Ah, qui correspond à une valeur de densité de courant par unité de surface de 6,8 A.h/dm², la tension électrique est coupée, les anodes A1", A2" sont retirées et la rotation du corps 12 est interrompue.
- [0107] À l'issue de cette quatrième étape, la surface S2 est intégralement revêtue d'une couche de nickel métallique présentant une épaisseur constante de l'ordre de 50 µm.
- [0108] Dans une cinquième étape, on procède au retrait des masquages des surfaces S1, S3, S4 et S5 non traitées, pour procéder au traitement ultérieur éventuel de l'une ou plusieurs de ces surfaces.
- [0109] Chacune des deuxième, troisième et quatrième étapes peut être réalisée de manière automatisée.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de traitement contre la corrosion d'au moins une surface d'un emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive (10) au moyen d'un dispositif électrolytique comprenant une anode (A1", A2"), une cathode et une solution électrolytique, la solution électrolytique comprenant au moins un métal M sous forme cationique, ce procédé comprenant les étapes (a) à (d) successives suivantes :
- (a) la mise en contact d'au moins un applicateur (A1", A2") imprégné de la solution électrolytique avec la surface de l'emballage (10) avec, l'emballage (10) formant la cathode et l'applicateur (A1", A2") formant l'anode, l'anode et la cathode étant reliées à une alimentation électrique,
 - (b) l'application d'une tension électrique délivrée par l'alimentation électrique entre la cathode et l'anode à une valeur U comprise entre 5 V et 30 V et, avantageusement, comprise entre 8 V et 15 V,
 - (c) le maintien de la tension électrique à cette valeur U de manière à réduire le métal M sous forme cationique, moyennant quoi une couche du métal M, présentant une épaisseur avantageusement comprise entre 20 μm et 100 μm et, préférentiellement, comprise entre 40 μm et 70 μm , est formée sur la surface de l'emballage (10) en contact avec l'applicateur (A1", A2"), et
 - (d) le retrait de l'applicateur (A1", A2") de la surface revêtue de l'emballage (10).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la surface de l'emballage (10) est une surface de révolution, par exemple une surface cylindrique ou une surface en forme de disque.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel, lors des étapes (a) à (c), le contact entre la surface de l'emballage (10) et l'applicateur (A1", A2") est réalisé par un déplacement relatif de l'applicateur (A1", A2") par rapport à la surface de l'emballage (10), le déplacement relatif étant assuré soit par une rotation de l'emballage (10) autour de son axe longitudinal, l'applicateur (A1", A2") étant fixe, soit par une rotation de l'applicateur (A1", A2") autour de l'axe longitudinal de l'emballage (10), l'emballage (10) étant fixe.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel la vitesse du déplacement relatif de l'applicateur (A1", A2") par rapport à la surface de l'emballage (10) est comprise entre 1 m/min et 40 m/min et, avantageusement, comprise entre 5 m/min et 30 m/min.

- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel, lors des étapes (a) à (c), la pression exercée par l'applicateur (A1", A2") sur la surface de l'emballage (10) est inférieure ou égale à $20 \cdot 10^{-4}$ MPa et, avantageusement, comprise entre 10^{-4} MPa et $15 \cdot 10^{-4}$ MPa.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la surface de l'applicateur (A1", A2") en contact avec l'emballage (10) représente au plus 50 % et, avantageusement, au plus 30 % de la surface à traiter.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, dans lequel la dimension radiale de l'applicateur (A1", A2") est supérieure ou égale à la dimension radiale de la surface à traiter.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, dans lequel la dimension longitudinale de l'applicateur (A1", A2") est supérieure ou égale à la dimension longitudinale de la surface à traiter.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la solution électrolytique comprenant un sel de nickel, un sel d'argent et/ou un sel de cuivre.
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel le sel de nickel est un sulfamate de nickel, le sel d'argent est un cyanure d'argent et le sel de cuivre est un sulfate cuivrique ou un fluoborate cuivrique.
- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel l'applicateur (A1", A2") est en un matériau conducteur, de préférence en graphite ou en nickel et est, avantageusement, percé de part en part et/ou est muni de rainures.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel deux applicateurs (A1", A2") diamétralement opposés par rapport à l'axe (A) de l'emballage (10) sont mis en œuvre.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel la température de la solution électrolytique imprégnée dans l'applicateur (A1", A2") est comprise entre 15 °C et 80 °C, avantageusement entre 30 °C et 70 °C et, préférentiellement, entre 50 °C et 70 °C.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel la densité de courant appliquée lors de l'étape (c) est comprise entre 4 A.h/dm² et 12 A.h/dm², et, avantageusement, comprise entre 6 A.h/dm² et 8 A.h/dm².
- [Revendication 15] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, comprenant, en outre, l'une ou plusieurs des étapes (i) à (v) suivantes, les étapes (i) à

(iii) étant mises en œuvre préalablement à l'étape (a) et les étapes (iv) et (v) étant mise en œuvre après l'étape (d) :

(i) l'application d'un masquage sur une surface de l'emballage (10) autre que la surface à traiter,

(ii) l'application d'une solution de nettoyage de la surface de l'emballage (10) suivie d'un rinçage à l'eau,

(iii) l'application d'une solution d'activation de la surface de l'emballage (10) suivie d'un rinçage à l'eau,

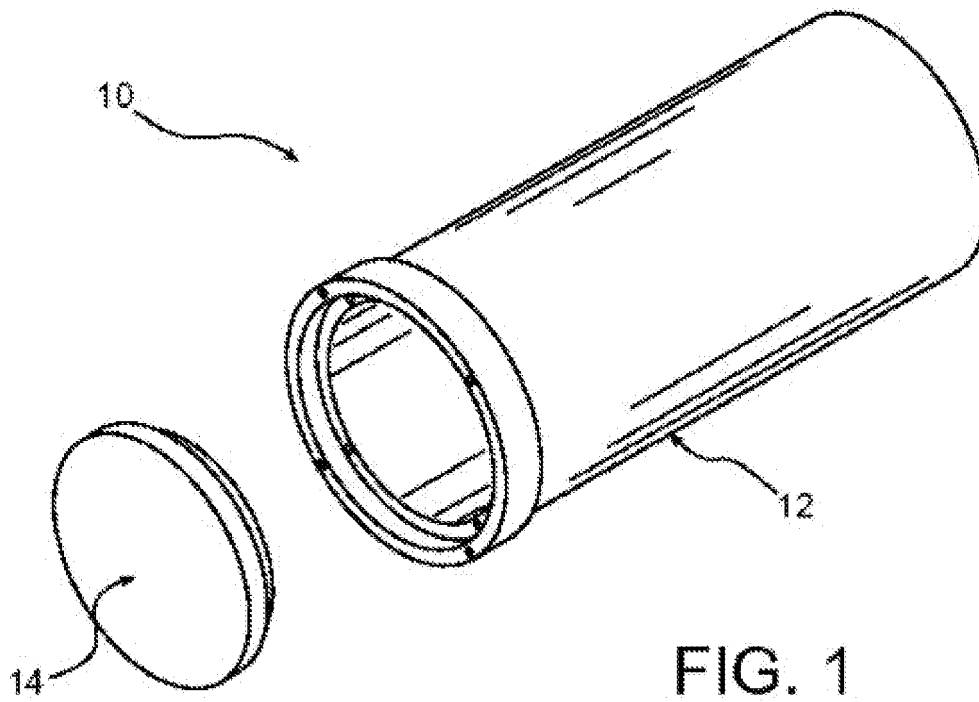
(iv) le rinçage à l'eau de la surface revêtue de l'emballage (10), et.

(v) le retrait du masquage.

[Revendication 16] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel, l'emballage (10) comprenant un corps (12) formé par un fond (16) et une paroi latérale (18) s'étendant à partir du fond (16), et un système de fermeture (14) du corps (12), la surface de l'emballage (10) correspond à la surface de réception d'au moins un joint assurant l'étanchéité entre le corps (12) et le système de fermeture (14) en position fermée du corps (12).

[Revendication 17] Emballage de transport, d'entreposage et/ou de stockage de matière radioactive (10) comprenant au moins une surface traitée contre la corrosion par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16.

[Fig. 1]



[Fig. 2]

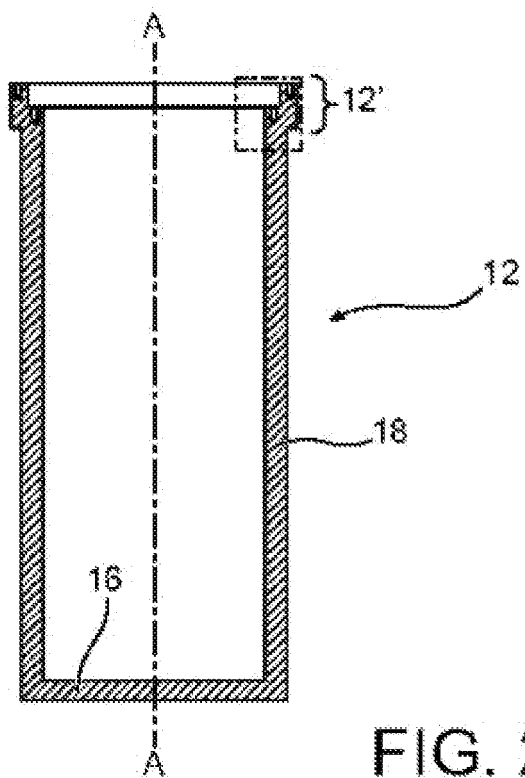


FIG. 2

[Fig. 3]

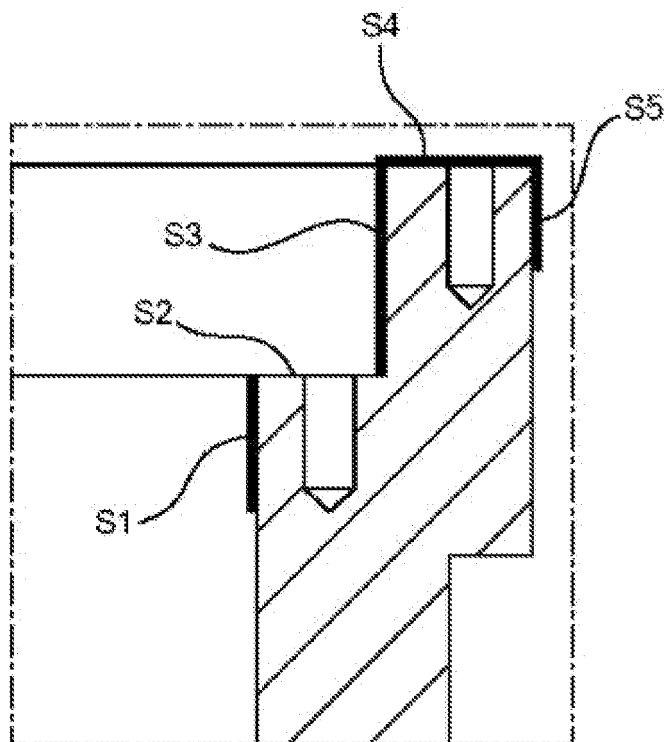


FIG. 3

[Fig. 4]

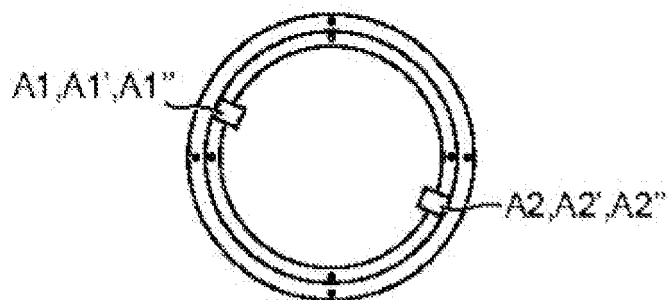


FIG. 4

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 917688
FR 2302832

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	JP S57 93895 U (NO DATA) 9 juin 1982 (1982-06-09) * le document en entier * -----	1-17	C25D 5/02 C25D 5/06 G21F 5/06 G21F 5/12
X	FR 2 565 323 A1 (FRAMATOME SA [FR]) 6 décembre 1985 (1985-12-06) * page 4, lignes 10-25 * * page 8, ligne 23 - page 9, ligne 1 * * figure 5 * -----	1-17	
X	CN 113 089 059 A (SHENYANG FORTUNE PREC EQUIPMENT CO LTD) 9 juillet 2021 (2021-07-09) * alinéas [0018] - [0037] * * figures 1-6 * -----	1-17	
X	US 5 835 548 A (LINDGREN PER-OLOV [NO] ET AL) 10 novembre 1998 (1998-11-10) * colonne 1, lignes 5-55 * -----	17	
X	SE 509 177 C2 (ASEA ATOM AB [SE]) 14 décembre 1998 (1998-12-14) * alinéas [0002] - [0007] * * alinéas [0008] - [0021] * * figures 1-7 * -----	17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) C25D G21J G21F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 septembre 2023		Crottaz, Olivier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2302832 FA 917688**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **13-09-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP S5793895	U	09-06-1982	AUCUN	
FR 2565323	A1	06-12-1985	BE 902532 A	29-11-1985
			CA 1267106 A	27-03-1990
			CH 663264 A5	30-11-1987
			DE 3519438 A1	09-01-1986
			FR 2565323 A1	06-12-1985
			JP H0550642 B2	29-07-1993
			JP S6149905 A	12-03-1986
			SE 464138 B	11-03-1991
			US 4624750 A	25-11-1986
			ZA 853425 B	24-12-1985
CN 113089059	A	09-07-2021	AUCUN	
US 5835548	A	10-11-1998	AU 4961196 A	23-09-1996
			EP 0815564 A1	07-01-1998
			JP H11501396 A	02-02-1999
			US 5835548 A	10-11-1998
			WO 9627884 A1	12-09-1996
SE 509177	C2	14-12-1998	-----	