



(11) **EP 2 311 044 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
07.03.2012 Bulletin 2012/10

(51) Int Cl.:
G21F 9/06 (2006.01) **G21F 9/28** (2006.01)
G21F 9/30 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09784222.3**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2009/000760

(22) Date de dépôt: **24.06.2009**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2010/007236 (21.01.2010 Gazette 2010/03)

(54) **PROCEDE DE TRAITEMENT D'UNE STRUCTURE CONTENANT DU SODIUM ET UNE MATIERE RADIOACTIVE**

VERFAHREN ZUR BEHANDLUNG EINER STRUKTUR MIT NATRIUM UND EINER RADIOAKTIVEN SUBSTANZ

METHOD OF TREATING A STRUCTURE CONTAINING SODIUM AND A RADIOACTIVE SUBSTANCE

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **25.06.2008 FR 0803541**

(43) Date de publication de la demande:
20.04.2011 Bulletin 2011/16

(73) Titulaire: **Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **SELLIER, Serge**
04410 Puimoisson (FR)

- **VERDELLI, Janick**
F-84120 Pertuis (FR)
- **GODLEWSKI, Joël**
F-13090 Aix en Provence (FR)
- **SOUCILLE, Michel**
F-83560 Vinon sur Verdon (FR)
- **POULAIN, Sandrine**
F-13770 Venelles (FR)

(74) Mandataire: **Jelsch, Emmanuel Edwin**
Katzarov S.A.,
Rue des Epinettes 19
1227 Geneva (CH)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 245 148 EP-A- 0 854 115
FR-A- 2 555 797 FR-A- 2 888 231
US-B1- 6 175 051

EP 2 311 044 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

5 **[0001]** La présente invention se situe dans le domaine du traitement des déchets nucléaires.
[0002] Elle concerne en particulier le traitement des déchets contenant du sodium et une matière radioactive, ces déchets pouvant par exemple être générés lors du processus d'épuration du circuit primaire d'un Réacteur à Neutrons Rapides Refroidi au sodium (« RNR-Na »).

10 **ETAT DE LA TECHNIQUE**

[0003] Le césium est un des principaux contaminants du sodium constituant le caloporteur d'un réacteur nucléaire de type « RNR-Na ». Pour des raisons de sûreté, il est nécessaire d'extraire les isotopes radioactifs du césium afin de réduire l'activité radiologique du sodium pendant ou après l'exploitation du réacteur. Pour cela, le sodium contaminé par le césium est liquéfié, puis filtré à travers un piège à césium.

15 **[0004]** Ce piège comprend généralement une structure poreuse protégée par une gaine. Il s'agit par exemple d'une cartouche à base de carbone vitreux réticulé dite « cartouche RVC » décrite ci-après.

[0005] Même si au cours de la filtration le piège à césium retient principalement le césium par adsorption, il a pour inconvénient de retenir également une partie du sodium dans ses pores.

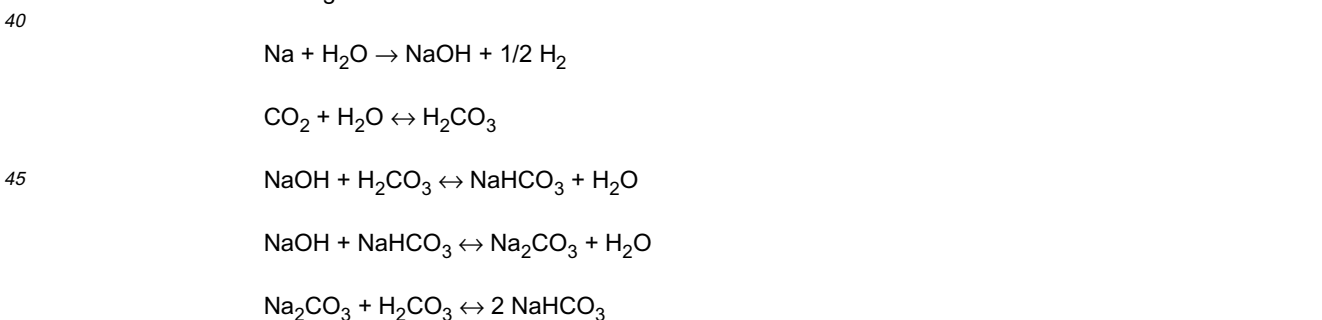
20 **[0006]** Le piège constitue alors un déchet nucléaire qui présente un double risque en termes de sûreté et de sécurité :

- un risque chimique dû au sodium résiduel qui doit être maintenu sous gaz inerte (tel que l'argon ou l'azote) afin de ne pas présenter de risque de réaction chimique comme par exemple, d'explosion avec l'eau, ou d'inflammation avec l'air ;
- 25 - un risque radiologique dû à la contamination par les isotopes radioactifs du césium (en particulier le césium 137) qui fait entrer ce piège dans la classification des déchets radioactifs, ce qui impose des niveaux de sûreté et sécurité draconiens.

30 **[0007]** Afin de pouvoir traiter un tel déchet nucléaire par les filières classiques d'évacuation des déchets contaminés, il convient en premier lieu de supprimer le risque chimique, c'est à dire d'éliminer le sodium résiduel du piège contenant du césium.

[0008] Or, dans le domaine nucléaire, le sodium est classiquement traité à l'aide d'une réaction d'hydrolyse (voir par exemple la demande de brevet FR 2 598 248). Cette réaction est le plus souvent menée dans une cellule de traitement ou dans un autoclave et consiste essentiellement à faire réagir du sodium à l'état liquide ou solide avec de l'eau afin de produire de la soude. Elle a toutefois pour inconvénient d'être difficile à contrôler et de générer des effluents liquides qu'il faut à leur tour traiter.

[0009] Afin de tenter de résoudre ces problèmes, le sodium solide peut être traité par une réaction de carbonatation, dans laquelle la soude obtenue par la réaction d'hydrolyse est ensuite transformée en carbonate par ajout de dioxyde de carbone sous forme gazeuse selon les réactions suivantes :



[0010] Le traitement par carbonatation présente l'avantage de générer en tant que déchet final du carbonate sous forme solide.

[0011] Une installation destinée à un traitement par carbonatation est par exemple décrite dans la demande de brevet FR 2 888 231. Dans celle-ci, du sodium coulable est introduit à l'état liquide dans une enceinte comportant une pluralité de plateaux dans lesquels le sodium se solidifie sous forme de couches minces avant la mise en oeuvre de la réaction de carbonatation.

55 **[0012]** La contrainte liée à la formation de couches minces fait que cette installation ne peut pas être utilisée pour traiter du sodium qui est difficilement accessible, tel que le sodium contenu dans la structure poreuse d'un piège à césium.

[0013] Il ne peut en particulier pas être envisagé de procéder à des découpes de ce piège pour accéder au sodium car l'on cherche au contraire à limiter les opérations de manutention en présence d'une matière radioactive.

[0014] En effet, une telle matière requiert le plus souvent de travailler dans une enceinte de confinement sous gaz inerte telle qu'une boîte à gants. Or, les opérations de découpe y sont délicates à cause des difficultés de manipulation inhérentes à ce type d'enceinte. On cherche donc en général à les limiter.

[0015] Par ailleurs, de telles découpes peuvent provoquer la contamination des outils de découpe par la matière radioactive telle que le césium 137.

EXPOSE DE L'INVENTION

[0016] Un des buts de l'invention est donc de réaliser un procédé permettant de traiter une structure comprenant une matière radioactive et du sodium difficilement accessible, ce procédé ayant notamment pour avantages d'être facilement contrôlable, de produire des déchets solides qui ne nécessitent pas de traitement ultérieur et de minimiser les opérations devant être mises en oeuvre en présence de matière radioactive.

[0017] L'objet de l'invention concerne ainsi un procédé de traitement du sodium contenu dans les pores ouverts interconnectés d'une structure placée dans une gaine, les pores contenant en outre une matière radioactive.

[0018] Le procédé comprend les étapes successives suivantes :

a) on réalise au moins deux fentes sur toute la longueur de la gaine ;

b) on transforme par une réaction de carbonatation le sodium en carbonate de sodium en mettant en contact, par l'intermédiaire des fentes, la structure avec un mélange gazeux réactionnel comprenant de la vapeur d'eau, du dioxyde de carbone et un gaz inerte vis-à-vis du sodium, de telle sorte que l'expansion du carbonate provoque l'ouverture de la gaine et de la structure à partir des fentes ainsi que la propagation de la réaction de carbonatation au sein de la structure.

[0019] Un des points essentiels à l'origine du procédé de traitement de l'invention est la mise à profit du fait que le carbonate formé lors de la réaction de carbonatation présente un volume plus important que le volume occupé initialement par le sodium au sein des pores.

[0020] La réaction de carbonatation est dès lors menée de telle façon que l'expansion volumique du carbonate permet avantageusement de provoquer l'ouverture de la gaine à partir des fentes qui y ont été réalisées puis de la structure.

[0021] Il s'ensuit une augmentation de la surface de contact entre le sodium et le mélange gazeux réactionnel, ce qui permet d'accélérer la réaction de carbonatation.

[0022] Grâce à la succession des étapes d'ouverture de la structure et d'accélération de la réaction de carbonatation, cette dernière peut se propager au sein de l'ensemble de la structure.

[0023] Ainsi, malgré la faible accessibilité initiale du sodium contenu dans les pores de la structure, leur caractère « ouvert » (à savoir qu'une partie de ces pores communique avec la surface de la structure et donc avec le milieu extérieur) et leur caractère « interconnecté » permet au mélange gazeux réactionnel de pénétrer en profondeur et dans la totalité de la structure. Cette dernière peut dès lors être traitée à l'aide du procédé de l'invention sans que cela ne nécessite d'opération de découpe supplémentaire.

[0024] Ceci est particulièrement avantageux car, de par la présence d'une matière radioactive, l'étape (a) et/ou (b) du procédé de l'invention est le plus souvent réalisée dans une enceinte de confinement telle qu'une boîte à gants ou une cellule blindée dans laquelle, comme indiquée précédemment, on cherche à limiter les opérations de découpe.

[0025] Par ailleurs, du fait de la mise en oeuvre de la réaction de carbonatation, le procédé de traitement selon l'invention a pour avantage de ne produire que des déchets solides (carbonate et matière radioactive) et gazeux (hydrogène) qui ne nécessitent pas de traitement ultérieur.

[0026] De plus, contrairement au sodium ou à la soude, le carbonate est un produit stable et inerte, notamment vis-à-vis de l'air.

[0027] Enfin, le procédé de traitement de l'invention est aisément contrôlable puisque la réaction de carbonatation peut être ralentie en diminuant la proportion de vapeur d'eau dans le mélange gazeux réactionnel, voire arrêtée en remplaçant ce mélange par un gaz inerte. Le dégagement de chaleur ou d'hydrogène ou encore la dissémination de la matière radioactive qui résultent de la réaction de carbonatation peuvent ainsi être facilement limités.

[0028] Cela confère une grande sécurité au procédé de l'invention et ouvre la voie au traitement de grandes quantités de sodium.

[0029] Associé à sa relative simplicité de mise en oeuvre, le procédé de l'invention a également pour avantage qu'il permet de traiter en une seule opération un plus grand nombre de structures telles que des pièges à césium, ce qui constitue un avantage économique important.

[0030] Ainsi, dans un mode de réalisation particulier, la structure traitée par le procédé de l'invention (qui est généralement un élément filtrant) est composée de carbone vitreux réticulé et/ou la matière radioactive qu'elle contient

comprend au moins un des isotopes radioactifs du césium tel que le césium 137. Le procédé de l'invention est alors plus particulièrement destiné au traitement d'un piège à césium tel qu'une « cartouche RVC ». Lorsque la gaine de la structure à traiter est de forme essentiellement tubulaire comme c'est le plus souvent le cas pour une « cartouche RVC », de préférence, on réalise au cours de l'étape (a) au moins deux fentes diamétralement opposées qui permettent de

5 favoriser l'ouverture de la gaine et de la structure.
[0031] Le mélange gazeux réactionnel qui pénètre au travers des fentes et éventuellement des extrémités de la structure est préférentiellement constitué en fraction molaire de 0,5 % à 5,5 % de vapeur d'eau, de 5 % à 25 % de dioxyde de carbone, le reste étant du gaz inerte (à savoir un gaz inerte chimiquement, tel que par exemple un gaz rare ou l'azote).

10 [0032] Ce mélange provoque une réaction avec le sodium, ce qui a notamment pour résultat de produire un carbonate composé essentiellement de carbonate de sodium Na_2CO_3 et/ou d'hydrogénocarbonate de sodium NaHCO_3 .

[0033] Encore plus préférentiellement, dans un objectif d'optimiser la durée du traitement de carbonatation, le mélange gazeux réactionnel est constitué en fraction molaire de 3,5 % à 4 % de vapeur d'eau, de 10 % à 20 % de dioxyde de carbone, le reste étant du gaz inerte, éventuellement porté à une température comprise entre 35 °C et 45 °C.

15 [0034] D'autres objets, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit, donnée à titre illustratif et non limitatif, en référence aux Figures 1 à 5 annexées.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

20 [0035]

La Figure 1 est un graphique qui représente l'évolution de la production d'hydrogène ou de la consommation de sodium au cours de l'étape (b) du procédé de traitement de l'invention.

25 Les Figures 2 à 5 reproduisent des photographies prises aux différents temps de traitement tels que repérés sur la Figure 1.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION PARTICULIERS

1 - Dispositif convenant à la mise en oeuvre du procédé de l'invention.

30 [0036] Le procédé de traitement de l'invention est généralement réalisé dans une enceinte permettant de confiner la réaction de carbonatation. De par la présence de matière radioactive au sein de la structure à traiter, cette enceinte est généralement une boîte à gants.

[0037] Cette enceinte est associée à plusieurs modules remplissant les fonctions suivantes :

- 35
- mélange des gaz de traitement afin d'obtenir un mélange gazeux réactionnel,
 - analyse de gaz en amont et en aval de l'enceinte,
 - évacuation des effluents gazeux.

40 [0038] L'enceinte et ses modules associés sont décrits ci-après.

1.1 - Enceinte de traitement.

45 [0039] Cette enceinte permet de confiner la réaction de carbonatation et en particulier la matière radioactive qui est contenue dans la structure avant et après traitement.

[0040] Elle constitue ainsi une première barrière qui permet d'éviter la contamination de l'installation dans laquelle le procédé de l'invention est mis en oeuvre.

50 [0041] Elle comporte généralement des orifices et connexions nécessaires pour le raccordement à un système de préparation du mélange gazeux réactionnel et à l'exutoire des effluents gazeux. Ces orifices seront de préférence munis de filtres métalliques en acier inoxydable fritté (par exemple ceux commercialisés par la Société SYNTERTEC) pour éviter toute extraction de poussières de carbonate de sodium éventuellement contaminé.

[0042] La structure à traiter peut être disposée dans l'enceinte sur un support afin d'optimiser le contact avec le mélange gazeux réactionnel et favoriser l'expansion due au carbonate.

55 1.2 - Module de mélange du gaz de traitement.

[0043] La réaction de carbonatation est mise en oeuvre à l'aide d'un mélange gazeux réactionnel comprenant de la vapeur d'eau, du dioxyde de carbone et un gaz inerte vis-à-vis du sodium (préférentiellement de l'azote).

[0044] Le module de mélange du gaz permet de contrôler la composition, la température (et donc l'hygrométrie) ainsi que le débit du mélange gazeux réactionnel.

[0045] L'humidité du gaz est inférieure à la limite de saturation déterminée avec des marges de sécurité pour éviter toute condensation d'eau sur les parois de l'enceinte de traitement, les tubulures d'entrée et de sorties et celles utilisées pour le module d'analyse de gaz. Ceci peut nécessiter le chauffage des éléments concernés.

[0046] Ces précautions permettent au sodium de réagir lentement au contact de l'humidité pour être transformé en soude (NaOH) et produire des volumes limités d'hydrogène (H₂) qui sont évacués par le gaz inerte qui balaye l'enceinte de traitement. La soude réagit avec le gaz carbonique (CO₂) pour former du bicarbonate de sodium (NaHCO₃) et du carbonate de sodium (Na₂CO₃) solides.

1.3 - Module d'analyse de gaz.

[0047] Ce module permet de déterminer la composition et l'hygrométrie i) du mélange gazeux réactionnel en amont de l'enceinte de traitement et ii) des effluents gazeux en aval de l'enceinte afin notamment de s'assurer de l'avancement de la réaction de carbonatation.

[0048] Il comprend généralement un chromatographe qui permet de mesurer les teneurs en gaz inerte (tel que l'azote), hydrogène, dioxyde de carbone ou oxygène. La teneur en hydrogène en amont de l'enceinte de traitement constitue un bon indicateur de la complétude de la réaction de carbonatation.

[0049] Un autre paramètre permettant de suivre la progression de la réaction de carbonatation est l'évolution de la masse de la structure à traiter.

1.4 - Module d'évacuation des effluents gazeux.

[0050] Pour avoir une bonne progression de la réaction de carbonatation, il faut assurer le renouvellement continu du mélange gazeux réactionnel au sein de l'enceinte de traitement.

[0051] Pour cela, un dispositif permet d'évacuer en continu de l'enceinte les gaz tout en y maintenant une légère surpression.

[0052] La ligne d'évacuation associée est classiquement munie d'un dispositif anti retour de gaz et d'un dispositif de filtration pour éviter la dissémination de matière radioactive dans l'atmosphère extérieure.

2 - Traitement d'une « cartouche RVC ».

2.1 - Caractéristiques d'une « cartouche RVC ».

[0053] L'industrie nucléaire emploie usuellement une « cartouche RVC » pour extraire les divers isotopes radioactifs du césium (dont le césium 137) du sodium constituant le caloporteur d'un réacteur nucléaire de type « RNR-Na ».

[0054] Une telle cartouche est généralement constituée d'une structure en carbone vitreux réticulé (RVC) placée dans une gaine tubulaire en acier fermée à ses deux extrémités par un filtre, qui peut être en tout ou partie retiré afin que le mélange gazeux réactionnel pénètre également par l'intermédiaire de ces extrémités.

[0055] Le carbone vitreux réticulé est un matériau à porosité ouverte qui présente une densité apparente voisine de 0,06 g/cm³. Il comprend des pores ouverts interconnectés qui ont pour 60 % d'entre eux un diamètre compris entre 10 et 300 μm.

2.2 - Traitement.

[0056] Une partie du circuit primaire d'un réacteur « RNR-Na » est filtrée à l'aide d'une « cartouche RVC ».

[0057] A l'issue de cette étape de filtration, la cartouche contient dans ses pores du césium radioactif et du sodium résiduel.

[0058] Cette cartouche est ensuite placée dans une boîte à gants portée à une température qui est fonction du taux d'humidité utilisé, afin de la traiter à l'aide du procédé de l'invention. La température de traitement est généralement comprise entre 15 °C et 45 °C.

[0059] A l'aide d'un outil d'usinage, telle une scie fraise, qui est employé sans lubrifiant, on réalise sur toute la longueur de la cartouche deux fentes diamétralement opposées. Ces fentes sont pratiquées sur toute l'épaisseur de la gaine tubulaire et sont donc traversantes afin que le mélange gazeux réactionnel soit mis en contact avec la structure RVC. On veille toutefois à ce qu'elles n'atteignent pas cette structure afin de limiter la contamination de l'outil de découpe et de son environnement par le césium radioactif.

[0060] Le cas échéant, les points de soudure présents sur la gaine sont éliminés par meulage ou à l'aide de l'outil de découpe afin de supprimer tout point de résistance à l'ouverture ultérieure de la cartouche sous l'action de l'expansion

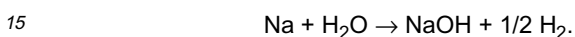
du carbonate (Na_2CO_3 et NaHCO_3 dans le cas présent).

[0061] A l'issue de cette étape de découpe, la gaine métallique se présente sous forme de deux enveloppes semi-tubulaires qui conservent une certaine cohésion à cause de l'effet adhésif du sodium contenu dans la structure RVC.

5 **[0062]** Afin d'initier la réaction de carbonatation, un mélange gazeux réactionnel comprenant en fraction molaire, entre 3,5 et 4 % de vapeur d'eau, entre 10 et 20 % de dioxyde de carbone et le reste d'azote est introduit dans la boîte à gants selon un débit continu.

[0063] La valeur du débit est telle qu'elle permet de maintenir au sein de l'enceinte de traitement une composition de l'atmosphère favorisant la progression continue de la réaction de carbonatation. Cette valeur dépend généralement du volume de l'enceinte de traitement. Dans le cas présent, le volume étant égal à 550 litres, le débit est fixé à 8,7 litres/minute.

10 **[0064]** La progression de la réaction de carbonatation est suivie à l'aide d'un système d'analyse de gaz de type chromatographe qui mesure en aval de la boîte à gants la teneur en hydrogène (exprimée en pourcentage molaire d'hydrogène dégagé). La teneur en hydrogène permet par ailleurs de calculer, en valeur cumulée, la masse de sodium traitée (exprimée en grammes) à l'aide des coefficients stoechiométriques de la réaction de formation de soude :



[0065] L'évolution en fonction du temps (exprimé en jours) de ces paramètres est reproduite sur la Figure 1. Elle peut varier en en fonction de la composition du mélange gazeux, de la structure à traiter et du débit d'introduction du mélange gazeux dans l'enceinte de traitement.

20 **[0066]** Les Figures 2, 3, 4 et 5 reproduisent les photographies prises à différentes étapes de la réaction de carbonatation (telles que repérées sur la Figure 1).

[0067] Après mise en contact du mélange gazeux réactionnel avec la structure RVC par l'intermédiaire des fentes et des extrémités de la structure (Figure 2), la réaction de carbonatation démarre rapidement comme l'atteste le dégagement d'hydrogène dès le début du traitement.

25 **[0068]** L'expansion due aux carbonates formés provoque alors l'écartement des enveloppes semi-tubulaires de la gaine et la libération totale des filtres métalliques se trouvant à l'extrémité de la cartouche. L'augmentation de la surface de contact entre la structure RVC et le mélange gazeux réactionnel qui s'ensuit permet à la réaction de carbonatation de s'accélérer, ce qui se traduit par une augmentation significative du dégagement d'hydrogène (Figure 3) et également par une expansion accrue de carbonates.

30 **[0069]** Cette expansion permet à la réaction de carbonatation de se propager dans l'ensemble de la cartouche par ouvertures successives de la structure RVC (Figure 4) pour aboutir au traitement complet du sodium se trouvant initialement dans les pores de la structure RVC (Figure 5).

[0070] La fin du traitement peut être aisément révélée par l'absence de dégagement d'hydrogène et ce malgré la poursuite de l'introduction du mélange gazeux réactionnel au sein de l'enceinte de traitement.

35 **[0071]** A l'issue du procédé de traitement de l'invention, la « cartouche RVC » ne présente plus de risque chimique. Elle peut désormais intégrer les filières classiques d'évacuation des déchets contaminés afin d'éliminer le risque radiologique restant dû aux isotopes radioactifs du césium.

[0072] Il ressort de la description qui précède qu'une structure comprenant une matière radioactive et du sodium difficilement accessible peut être traitée grâce au procédé de l'invention de manière contrôlable, et ce tout en ne produisant que des déchets solides qui ne nécessitent pas de traitement ultérieur autre que celui classiquement appliqué aux déchets contaminés.

40 **[0073]** La sécurité et la simplicité de mise en oeuvre malgré la présence d'une matière radioactive, ainsi que la possibilité de traiter en une opération un nombre important de structures, rend le procédé de l'invention particulièrement avantageux, notamment lorsqu'il s'agit de traiter des pièges à césium ayant servi à l'épuration du circuit primaire d'un réacteur de type « RNR-Na ».

Revendications

50 1. Procédé de traitement du sodium contenu dans les pores ouverts interconnectés d'une structure placée dans une gaine, les pores contenant en outre une matière radioactive, le procédé comprenant les étapes successives suivantes :

- 55 a) on réalise au moins deux fentes sur toute la longueur de la gaine ;
 b) on transforme par une réaction de carbonatation ledit sodium en carbonate de sodium en mettant en contact, par l'intermédiaire desdites fentes, la structure avec un mélange gazeux réactionnel comprenant de la vapeur d'eau, du dioxyde de carbone et un gaz inerte vis-à-vis du sodium, de telle sorte que l'expansion du carbonate provoque l'ouverture de la gaine et de la structure à partir desdites fentes ainsi que la propagation de la réaction

EP 2 311 044 B1

de carbonatation au sein de la structure.

2. Procédé de traitement selon la revendication 1, dans lequel ladite structure est composée de carbone vitreux réticulé.
- 5 3. Procédé de traitement selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite matière radioactive comprend au moins un des isotopes radioactifs du césium tel que le césium 137.
- 10 4. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite gaine étant de forme essentiellement tubulaire, on réalise au cours de l'étape (a) au moins deux fentes diamétralement opposées.
- 15 5. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit mélange gazeux réactionnel est constitué en fraction molaire de 0,5 % à 5,5 % de vapeur d'eau, de 5 % à 25 % de dioxyde de carbone, le reste étant du gaz inerte.
- 20 6. Procédé de traitement selon la revendication 5, dans lequel ledit mélange gazeux réactionnel est constitué en fraction molaire de 3,5 % à 4 % de vapeur d'eau, de 10 % à 20 % de dioxyde de carbone, le reste étant du gaz inerte.
7. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape (a) et/ou (b) est réalisée dans une enceinte de confinement telle qu'une boîte à gants ou une cellule blindée.

Claims

- 25 1. A method of treating sodium contained in the interconnected open pores of a structure placed in a cladding, the pores furthermore containing a radioactive substance, the process comprising the following successive steps:
 - 30 a) at least two slits are made over the entire length of the cladding;
 - b) the said sodium is converted to sodium carbonate by a carbonation reaction by bringing the structure into contact, via the said slits, with a reactive gas mixture comprising steam, carbon dioxide and a gas inert with respect to sodium, in such a way that the expansion of the carbonate causes the cladding and the structure to open starting from the said slits and results in the carbonation reaction propagating into the structure.
- 35 2. The treatment method according to claim 1, wherein the said structure is composed of reticulated vitreous carbon.
- 40 3. The treatment method according to claim 1 or 2, wherein the said radioactive substance comprises at least one of the radioactive isotopes of cesium such as cesium 137.
- 45 4. The treatment method according to any one of the preceding claims, wherein, the said cladding being substantially tubular in shape, at least two diametrically opposed slits are made in step (a).
- 50 5. The treatment method according to any one of the preceding claims, wherein the said reactive gas mixture consists of, in molar fraction, from 0.5% to 5.5% of steam, from 5% to 25% of carbon dioxide, with the remainder being an inert gas.
6. The treatment method according to claim 5, wherein the said reactive gas mixture consists of, in molar fraction, from 3.5% to 4% of steam, from 10% to 20% of carbon dioxide, with the remainder being an inert gas.
7. The treatment method according to any one of the preceding claims, wherein step (a) and/or (b) is carried out in a confinement enclosure such as a glove box or a hot cell.

Patentansprüche

- 55 1. Verfahren zur Behandlung von Natrium das in den miteinander verbundenen offenen Poren einer Struktur, die sich in einer Hülle befindet, enthalten ist, die Poren enthalten ausserdem eine radioaktive Substanz, das Verfahren umfasst die folgenden aufeinanderfolgenden Schritte:

EP 2 311 044 B1

a) über die gesamte Länge der Hülle werden mindestens zwei Schlitze gemacht;
b) besagtes Natrium wird mittels einer Karbonatisierungsreaktion in Natriumkarbonat umgewandelt, wobei die Struktur über besagte Schlitze mit einem reaktiven Gasgemisch welches Dampf, Kohlendioxid und ein gegenüber Natrium inertes Gas enthält, derart in Kontakt gebracht wird, dass die Ausdehnung des Karbonats die Öffnung der Hülle und der Struktur, ausgehend von besagten Schlitzen, bewirkt und zur Folge hat, dass die Karbonatisierungsreaktion sich innerhalb der Struktur fortsetzt.

2. Verfahren gemäss Anspruch 1, wobei besagte Struktur aus retikulierter Glasfaser besteht.

3. Verfahren gemäss Anspruch 1 oder 2, wobei besagte radio-aktive Substanz mindestens eines der radioaktiven Cäsium Isotope enthält, wie Cäsium 137.

4. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche wobei die Hülle im Wesentlichen röhrenförmig ist und wobei mindestens zwei diametral entgegengesetzte Schlitze in Verfahrensstufe a) gemacht werden.

5. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche wobei besagtes reaktives Gasgemisch in molaren Anteilen aus 0.5% bis 5.5% Dampf, 5% bis 25% Kohlendioxid besteht, der Rest ist ein Inertgas.

6. Verfahren gemäss Anspruch 5 wobei besagtes reaktives Gasgemisch in molaren Anteilen aus 3.5% bis 4% Dampf, 10% bis 20% Kohlendioxid besteht, der Rest ist ein Inertgas.

7. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Stufe (a) und/oder Stufe (b) in einem geschlossenen Gehäuse wie in einer Glove Box oder einer heissen Zelle durchgeführt wird.

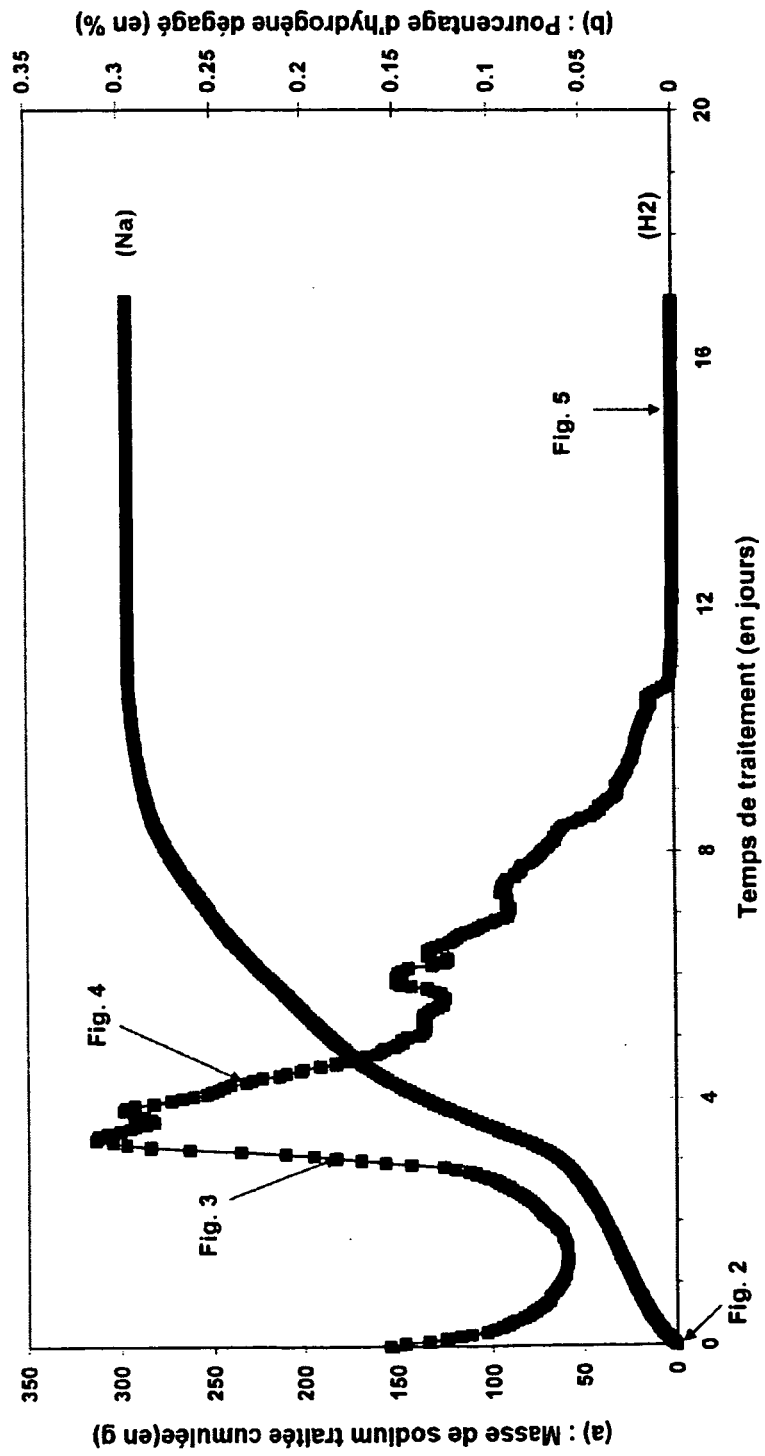


FIG. 1

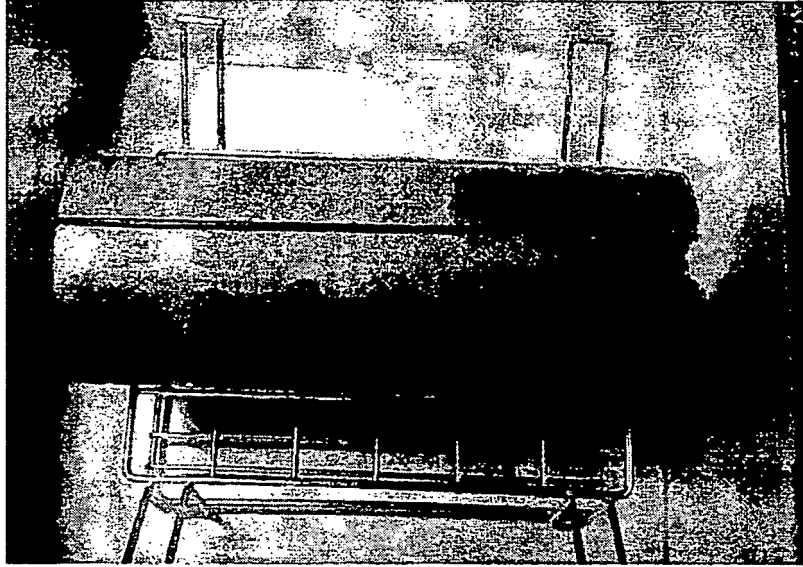


FIG. 2

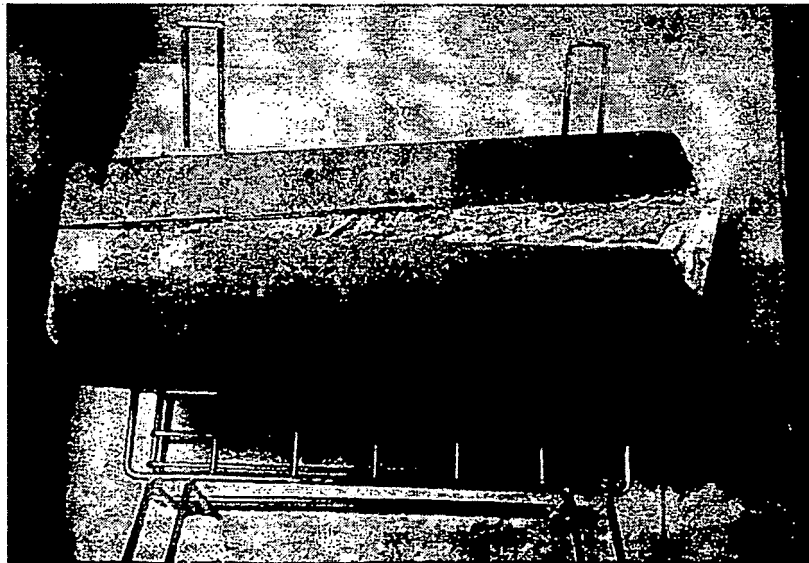


FIG. 3

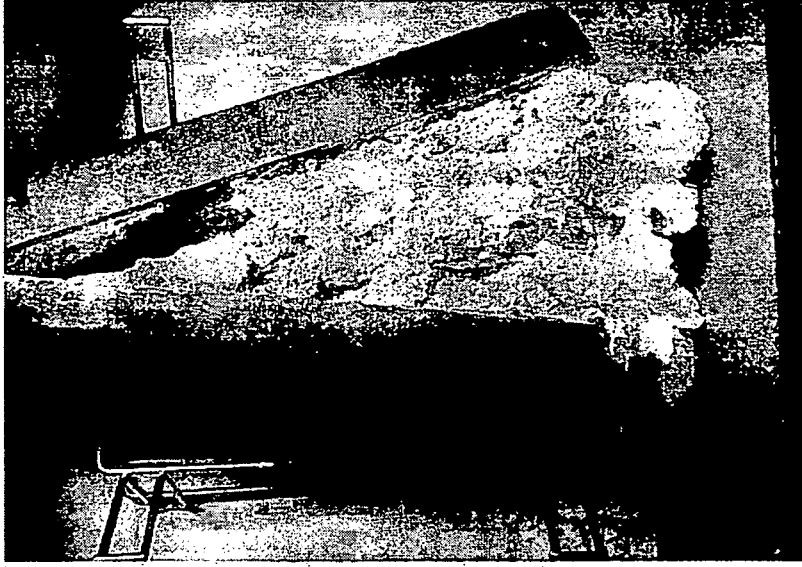


FIG. 4



FIG. 5

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

- FR 2598248 [0008]
- FR 2888231 [0011]