



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
17.03.93 Bulletin 93/11

⑤① Int. Cl.⁵ : **G21F 9/36**

②① Numéro de dépôt : **89401206.1**

②② Date de dépôt : **27.04.89**

⑤④ **Procédé de conditionnement de déchets radioactifs et dispositifs pour le mettre en oeuvre.**

③① Priorité : **03.05.88 FR 8805911**

④③ Date de publication de la demande :
08.11.89 Bulletin 89/45

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
17.03.93 Bulletin 93/11

⑧④ Etats contractants désignés :
BE DE FR GB

⑤⑥ Documents cités :
FR-A- 2 584 854

⑦③ Titulaire : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE Etablissement de Caractère
Scientifique Technique et Industriel
31/33, rue de la Fédération
F-75015 Paris (FR)**

⑦② Inventeur : **Streiff, Gérard
La Fontaine du Buis Saze
F-30650 Rochefort du Gard (FR)**

⑦④ Mandataire : **Mongrédien, André et al
c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)**

EP 0 341 139 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne le domaine du conditionnement des déchets radioactifs, en vue de leur stockage et de leur conservation qui constitue, comme on le sait, un des problèmes importants de l'industrie nucléaire.

Différents procédés de conditionnement de ces déchets peuvent être envisagés. On peut par exemple les stocker en vrac dans une piscine, les enfermer dans des fûts avec ou sans enrobage préalable ou encore les fondre. On connaît également la technique de compactage qui consiste à réduire le volume de ces déchets au moyen d'une presse.

La présente invention concerne précisément la technique du compactage et elle s'applique à tous les déchets dont on souhaite réduire le volume par cette technique, en particulier aux coques provenant du tronçonnage des aiguilles combustibles de réacteur nucléaire.

Les coques sont des morceaux de tubes ayant contenu de la matière fissile. Pour extraire et dissoudre cette matière, les aiguilles qui constituent l'assemblage combustible sont cisailées puis placées dans un dissolvant. Après dissolution de la matière fissile, les coques vides sont évacuées pour être stockées. Elles constituent ce que l'on appelle un déchet. Elles peuvent contenir également d'autres éléments tels que des bouchons, morceaux de ressorts, entrant dans la composition de l'aiguille combustible du réacteur nucléaire. Ces déchets peuvent contenir également de petits morceaux de tubes issus du cisailage et appelés "fines de cisailage".

Toutefois, la mise en oeuvre de ce procédé présente de grandes difficultés, en particulier dans le cas de déchets contaminés et fortement irradiants du fait qu'elle ne peut être exécutée que dans une cellule blindée par des opérateurs situés à distance.

La technique du compactage résout partiellement le problème du volume nécessaire au stockage des déchets, mais laisse subsister néanmoins deux autres problèmes également importants qui sont le refroidissement ou l'enrobage de ces mêmes déchets.

En effet, le compactage, en concentrant la masse radioactive qui s'échauffe d'elle-même et en la rendant pratiquement monolithique, rend son refroidissement plus difficile, par exemple par l'eau d'une piscine de stockage. De plus, lors d'un stockage de longue durée, quelques centaines d'années par exemple, il est toujours à craindre un entraînement de produits actifs par lixiviation à partir des eaux de ruissellement, ce que l'on tente d'éviter par des procédés d'enrobage dans des matériaux comme le ciment, les résines ou certains métaux mouillant tels que le plomb. Or, compactage et enrobage, surtout à coeur de la masse compactée, sont, jusqu'à ce jour, relativement incompatibles.

La présente invention a précisément pour objets

un procédé et des dispositifs de conditionnement de déchets radioactifs qui permettent, tout en recourant à la technique du compactage, d'obtenir une masse compactée non totalement monolithique et donc pénétrable par une phase liquide pouvant être, suivant les cas, soit un liquide de réfrigération, soit un corps d'enrobage qui peuvent alors pénétrer complètement la masse jusqu'au coeur.

Le procédé de conditionnement de déchets radioactifs, notamment du genre des corps provenant du tronçonnage des aiguilles combustibles de réacteur nucléaire, se caractérise en ce qu'il consiste à les compacter sans atteindre l'état monolithique puis à traiter ensuite la masse ainsi obtenue par immersion dans une phase liquide qui la pénètre à coeur pour obtenir soit son refroidissement, soit son enrobage.

Selon l'invention, le produit d'enrobage est un produit de blocage choisi parmi les ciments, les résines et les métaux.

Le dispositif selon l'invention comporte une chemise cylindrique dont les parois latérales sont percées d'ouvertures de section de passage inférieure à celle des déchets à compacter, et présentent la forme de fentes longitudinales, parallèles à la direction de compression, ladite chemise possédant un fond fermé à une extrémité et possédant à l'autre extrémité une ouverture pour l'introduction desdits déchets dans le corps, cette ouverture présentant des lamelles radiales dirigées vers son centre et formant une marguerite.

Selon l'invention, la chemise est réalisée en un matériau présentant un pouvoir lubrifiant destiné à faciliter l'action de la presse et le matériau possédant un pouvoir lubrifiant est par exemple le cuivre ou un alliage à base de cuivre.

L'invention a également pour objet un dispositif de stockage pour l'enrobage ou le refroidissement des déchets compactés selon le procédé de la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un corps cylindrique fermé à une extrémité et présentant une autre extrémité ouverte pour l'introduction à l'intérieur du corps de chemises compactées contenant lesdits déchets combustibles irradiés,
- des moyens de centrage pour centrer lesdites chemises à l'intérieur du corps,
- des moyens anti-retour pour immobiliser les chemises à l'intérieur du corps,
- des moyens pour faciliter la circulation d'une phase liquide de refroidissement ou d'enrobage à l'intérieur du corps.

Grâce à ses caractéristiques, la chemise permet de manipuler aisément les déchets. Elle permet également de lubrifier la matrice de la presse, particulièrement si la chemise est réalisée en un matériau présentant un pouvoir lubrifiant tel que le cuivre ou un alliage de cuivre ou tout autre matériau lubrifiant. Cette chemise permet de limiter l'usure de la matrice. En

outre, les fentes longitudinales évitent, au moment du remplissage avant compactage, que les déchets puissent s'échapper de la chemise. En revanche, après le compactage, les fentes s'ouvrent afin de permettre la circulation d'un liquide de refroidissement au sein du bloc ou la pénétration à coeur d'un liant. Après compactage, les déchets de petite taille prisonniers dans le bloc compacté ne pourront pas s'échapper, mais les fentes longitudinales qui se sont ouvertes et qui sont appelées boutonnières permettront la circulation du liquide ou la pénétration du liant.

Le dispositif de stockage objet de l'invention permet le refroidissement ou l'enrobage des déchets contenus dans les chemises. Grâce à la présence de moyens de centrage des chemises, le liquide de refroidissement ou le liant d'enrobage pourra entourer régulièrement les chemises. La flexibilité des moyens de centrage autorise en outre une variation du diamètre des chemises introduites dans le dispositif de stockage.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront encore à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation de l'invention donné à titre illustratif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 est une vue extérieure d'une chemise de compactage conforme à l'invention,
- la figure 2 montre la chemise de la figure 1 en cours de compactage dans une presse,
- la figure 3 montre la chemise après compactage,
- la figure 4 montre le dispositif de stockage des chemises compactées en vue de leur refroidissement ou de leur enrobage,
- la figure 5 montre, en coupe, l'état final d'une chemise après compactage et enrobage.

On a représenté sur la figure 1 une vue externe d'une chemise conforme à l'invention pour le compactage de déchets, notamment de déchets de combustibles nucléaires irradiés. La chemise, désignée par la référence générale 1, est constituée par un corps cylindrique 2 fermé par un fond 4 à une extrémité et ouvert à son autre extrémité, l'extrémité supérieure sur la figure 1. Le corps 2 est constitué d'une paroi mince, de préférence métallique, en un matériau présentant un pouvoir lubrifiant tel que le cuivre ou un alliage de cuivre. Le corps cylindrique 2 comporte des ouvertures longitudinales 6 en forme de fentes, parallèles à l'axe de la compression future (fig.2). Cette forme est particulièrement avantageuse. En effet, lorsque la chemise est à l'état initial, c'est-à-dire non déformée, avant compactage, les fentes 6 présentent une forme allongée dont la section transversale est inférieure à la plus petite dimension des déchets à compacter. Ainsi, les fentes 6 permettent de retenir les déchets à l'intérieur du corps 2. En revanche, après le compactage de la chemise 1 dans une presse, les fentes longitudinales 6 s'ouvrent pour former

des boutonnières 6a (Fig.3) qui permettent le passage d'un fluide de réfrigération ou d'un matériau d'enrobage. Toutefois, à cette étape, étant donné que le matériau contenu à l'intérieur de la chemise a été compacté, les petits déchets ne peuvent s'échapper par les boutonnières 6a ouvertes.

L'ouverture supérieure de la chemise est constituée par une marguerite 8. Dans la position ouverte de la marguerite, les lamelles radiales 10 sont écartées les unes des autres et entre ces lamelles existe un espace permettant le remplissage de la chemise. Une fois la chemise remplie, il est aisé de refermer la marguerite 8 de telle sorte que toutes les lamelles, qui présentent une forme de secteur, soient rabattues et jointives, ce qui permet de fermer totalement la chemise.

On a représenté sur la figure 2 l'étape de compactage de la chemise 1 remplie et fermée dans une matrice 22 à l'aide du vérin 23. La chemise 1 est par exemple en cuivre pour lubrifier la matrice et sur la figure 2 les fentes longitudinales 6 commencent à s'ouvrir sous l'effet de la pression du vérin 23 provoquant un début de compactage.

Le matériau constituant la chemise permet de lubrifier la matrice de la presse, particulièrement si ce matériau présente un pouvoir lubrifiant tel que le cuivre ou un alliage de cuivre ou autre matériau lubrifiant. Cette caractéristique facilite l'introduction de la chemise dans la matrice. De plus au cours du compactage, elle diminue le coefficient de frottement entre l'extérieur de la chemise et le corps de la matrice, ce qui présente l'avantage de réduire l'effort de compression et de limiter l'usure de la matrice. Enfin au moment du démoulage, elle facilite l'extraction de la chemise compactée et diminue donc le risque de désagrégation du bloc.

Les fentes longitudinales 6 de section inférieure à celle des déchets, évitent, au moment du remplissage avant compactage, que les déchets puissent s'échapper de la chemise. Au cours du compactage, l'effort de compression exercé longitudinalement a tendance à plisser le corps cylindrique de la chemise et à écarter les lèvres des fentes longitudinales 6. En fin de compactage, les fentes 6a sont ouvertes mais les déchets de petite taille, prisonniers dans le bloc compacté, ne peuvent pas s'échapper. Par contre, les fentes ouvertes 6a alors en forme de boutonnières permettront la circulation ou la pénétration ultérieure du liant.

La figure 3 montre l'état de la chemise 1 après compactage. La dimension longitudinale de cette chemise a été réduite jusqu'au quart environ de sa dimension initiale et les fentes 6 sont maintenant en forme de boutonnières ouvertes 6a permettant la pénétration au coeur de la masse compactée d'une phase liquide amenée ultérieurement. Selon le procédé objet de l'invention, le compactage est stoppé à un stade où les déchets compactés ne constituent pas encore

une masse monolithique, ce qui, de toute façon, est également souhaitable, pour éviter d'avoir à exercer sur le vérin 23 des efforts trop considérables.

Après compactage, les chemises peuvent être introduites dans un dispositif de stockage 21 représenté sur la figure 4. Ce dispositif comporte un corps cylindrique allongé 12 fermé par un fond 14 et présentant une ouverture 16 à sa partie supérieure selon la figure 4. A l'intérieur du corps cylindrique 12 sont fixés des moyens de centrage tels que 18. Ces moyens de centrage sont constitués d'éléments flexibles fixés sur la paroi interne du cylindre 12. Ainsi, un liquide de refroidissement ou un liant d'enrobage, admis dans le dispositif, peut-il entourer régulièrement les chemises 1 et les pénétrer à coeur. La flexibilité des éléments de centrage 18 autorise aussi une variation du diamètre des chemises introduites.

A proximité de l'ouverture 16, on trouve un moyen anti-retour 20. Ce moyen anti-retour est constitué également par des éléments flexibles fixés à la paroi intérieure du corps 12. Il est à noter que des éléments de centrage 18 peuvent également assurer une fonction d'anti-retour. En effet, lorsque ces éléments ne rencontrent pas la paroi cylindrique extérieure de la chemise 1, par suite de leur flexibilité, ils occupent la position représentée en 20 sur la figure 4 et viennent prendre appui sur l'extrémité supérieure de la chemise 1, empêchant ainsi cette chemise de se déplacer axialement selon la direction longitudinale du dispositif de stockage 21. Ainsi, en cas d'accident, par exemple en cas de renversement du dispositif 21, les chemises sont maintenues à l'intérieur de ce dispositif 21. Les moyens anti-retour permettent également d'éviter que les chemises ne flottent dans le liant par suite de la poussée d'Archimède lorsque le liant d'enrobage utilisé présente une densité supérieure à celle des chemises compactées. Ce dispositif s'applique quel que soit le nombre de chemises introduites et accepte des variations de hauteurs et de diamètre des chemises compactées.

Si un dispositif de stockage 21 muni de ses chemises compactées, est immergé dans un liquide de refroidissement (une piscine par exemple) ou rempli avec un liquide d'enrobage (du plomb fondu par exemple) par son ouverture 16, ce liquide pénètre alors de lui-même en quelques instants, jusqu'au coeur du matériau dont il remplit les interstices laissés vides par le compactage non monolithique de chaque chemise.

En outre dans le cas d'un liquide de refroidissement, le fond 14 du dispositif de stockage 12 peut être non étanche (ou muni d'une vanne par exemple - non représentée sur la figure 4) pour faciliter la circulation du liquide de refroidissement à l'intérieur du corps 12, donc améliorer encore le refroidissement à coeur des chemises compactées 1.

La figure 5 permet de voir, sur une coupe d'un chemise compactée et enrobée, les coques telles que

24 écrasées dans la masse et noyées dans le matériau d'enrobage 25. Ce dessin montre également l'écrasement du corps 2 en cuivre de la chemise 1 avec les ouvertures 6a en forme de boutonnières.

Revendications

1. Procédé de conditionnement de déchets radioactifs, notamment du genre des coques provenant du tronçonnage des aiguilles combustibles de réacteur nucléaire, caractérisé en ce qu'il consiste à les compacter sans atteindre l'état monolithique puis à traiter ensuite la masse ainsi obtenue par immersion dans une phase liquide qui la pénètre à coeur pour obtenir soit son refroidissement, soit son enrobage.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le produit d'enrobage est un produit de blocage choisi parmi les ciments, les résines et les métaux.
3. Dispositif selon le procédé de la revendication 1 pour le compactage de déchets par compression dans une presse sous l'action d'un vérin, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre une chemise (1) de réception des déchets comprenant un corps cylindrique (2) dont les parois latérales sont percées d'ouvertures (6) de section de passage inférieure à celle des déchets à compacter, qui présentent la forme de fentes longitudinales, parallèles à la direction de compression, ladite chemise possédant un fond fermé, à une extrémité (4) et possédant, à l'autre extrémité, une ouverture pour l'introduction desdits déchets dans le corps (2), cette ouverture présentant des lamelles radiales (10) dirigées vers son centre et formant une marguerite (8).
4. Appareil selon la revendication 3, caractérisé en ce que la chemise (1) est réalisée en un matériau présentant un pouvoir lubrifiant destiné à faciliter l'action de la presse.
5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce que le matériau possédant un pouvoir lubrifiant est le cuivre ou un alliage à base de cuivre.
6. Dispositif de stockage pour l'enrobage ou le refroidissement des déchets compactés selon le procédé de la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte :
 - un corps cylindrique (12) fermé à une extrémité (14) et présentant une autre extrémité ouverte (16) pour l'introduction, à l'intérieur du corps, des chemises (1) compactées contenant lesdits déchets combustibles irra-

- diés,
 - des moyens de centrage (18) pour centrer lesdites chemises à l'intérieur du corps,
 - des moyens anti-retour (20) pour immobiliser les chemises (1) à l'intérieur du corps,
 - des moyens pour amener à l'intérieur des chemises une phase liquide de refroidissement ou d'enrobage.
7. Dispositif de stockage selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de centrage (18) sont constitués par des éléments flexibles fixés à une paroi interne du corps.
8. Dispositif de stockage selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de centrage (20) jouent également le rôle d'éléments anti-retour pour empêcher la sortie desdites chemises (1) contenant les déchets compactés hors du corps (12) du dispositif de stockage (21).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verpackung radioaktiver Abfälle, besonders der Schalen, welche vom Abtrennen der Brennstäbe von Nuklearreaktoren stammen, **dadurch gekennzeichnet**, daß es aus der Verdichtung ohne Erreichen des monolithischen Zustands und der nachfolgenden Behandlung der somit erhaltenen Masse durch Eintauchen in eine flüssige Phase, welche den Kern durchdringt, sei es um sein Gefrieren oder seine Ummantelung zu erreichen, besteht.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das umhüllte Produkt ein in zwischen den Zementen, den Harzen und den Metallen ausgewähltes eingeschlossenes Produkt ist.
3. Vorrichtung gemäß dem Verfahren von Anspruch 1 zur Verdichtung der Abfälle durch Kompression in einer Presse unter Einsatzes einer Winde, dadurch gekennzeichnet, daß eine Röhre (1) zur Aufnahme der Abfälle benutzt wird, welche einen zylindrischen Körper (2) umfaßt, dessen Seitenwände mit Öffnungen (6), mit einem Querschnitt mit kleinerem Durchlass als der des zu verdichtenden Abfalls, durchlöchert sind, welche die form longitudinaler Schlitze aufweisen, die in der Richtung parallel zur Kompression sind, und besagte Röhre, welche an einem Ende (4) einen geschlossenen Boden besitzt und am anderen Ende eine Öffnung zur Einführung der besagten Abfälle in den Körper (2) besitzt, weist radiale Lamellen (10) auf, die gegen ihr Zentrum gerichtet sind und einen Zahnkranz (8) formen.

4. Gerät gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Röhre (1) aus einem Material hergestellt wird, welches zur Erleichterung des Einsatzes der Presse die Eigenschaft eines Schmiermittels aufweist.
5. Gerät gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Material, welches die Eigenschaft eines Schmiermittels aufweist, aus Kupfer oder aus einer Legierung auf der Basis von Kupfer ist.
6. Aufbewahrungsvorrichtung zur Umhüllung oder zum Gefrieren der verdichteten Abfälle gemäß dem Verfahren des Anspruchs 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie :
 - einen, an einem Ende (14) geschlossenen und am anderen Ende (16) zur Einführung offenen, aufweisenden zylindrischen Körper (12), im Inneren mit verdichteten Röhren (1), welche die besagten abgebrannten Brennrückstände enthalten,
 - Zentrierungsbügel (18) zum Zentrieren der besagten Röhren im Inneren des Körpers,
 - Rückführsperrbügel (20) zum Feststellen der Röhren (1) im Inneren des Körpers,
 - Vorrichtungen zum Zuführen einer flüssigen Phase zum Gefrieren oder Umhüllen in das Innere der Röhre, umfaßt.
7. Aufbewahrungsvorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zentrierungsbügel (18) durch flexible, an einer inneren Wand des Körpers befestigten Elementen gebildet werden.
8. Aufbewahrungsvorrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zentrierungsbügel (20) auch die Rolle von die Rückführung sperrenden Elementen spielen zur Verhinderung des Austritts der besagten Röhren (1), welche die außerhalb des Körpers (12) der Aufbewahrungsvorrichtung (21) verdichteten Abfälle beinhalten.

Claims

1. Process for conditioning radioactive waste, particularly shells resulting from the cutting up of nuclear reactor fuel rods, characterized in that it comprises compacting them without reaching the monolithic state and then treating the thus obtained mass by immersion in a liquid phase, which penetrates to the core in order to obtain either its cooling, or its coating.
2. Process according to claim 1, characterized in that the coating product is a blocking product chosen from among cements, resins and metals.

3. Apparatus for according waste by compression in a press under the action of a jack according to the process of claim 1, characterized in that it uses a waste reception casing comprising a cylindrical body (2), whose side walls have openings (6) with a passage cross-section smaller than that of the waste to be compacted and being in the form of longitudinal slots, parallel to the compression direction, said casing having a closed base at one end (4) and having at the other end opening for the introduction of said waste into body (2), said opening having radial lamellas (10) directed towards its centre and forming a daisy (8).

5
10
4. Apparatus according to claim 3, characterized in that the casing (1) is made from a material having a lubricating power for facilitating the action of the press.

15
5. Apparatus according to claim 4, characterized in that the material having a lubricating power is copper or a copper-based alloy.

20
6. Storage apparatus for coating or cooling compacted waste according to the process of claim 1, characterized in that it comprises a cylindrical body (12) closed at one end (14) and having another open end (16) for the introduction into the body of compacted casings (1) containing said irradiated fuel waste, centring means (18) for centring said casings within the body, return-preventing means (20) for fixing the casings (1) within the body and means for bringing a liquid cooling or coating phase into the interior of the casings.

25
30
35
7. Storage apparatus according to claim 6, characterized in that the centring means (18) are constituted by flexible members fixed to one inner wall of the body.

40
8. Storage apparatus according to claim 7, characterized in that the centring means (20) also serve as return-preventing members for preventing the passage of said casings (1) containing the compacted waste out of the body (12) of the storage apparatus (21).

45

50

55

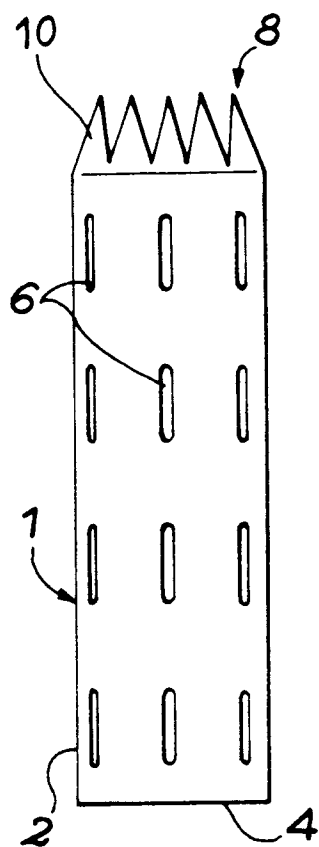


FIG. 1

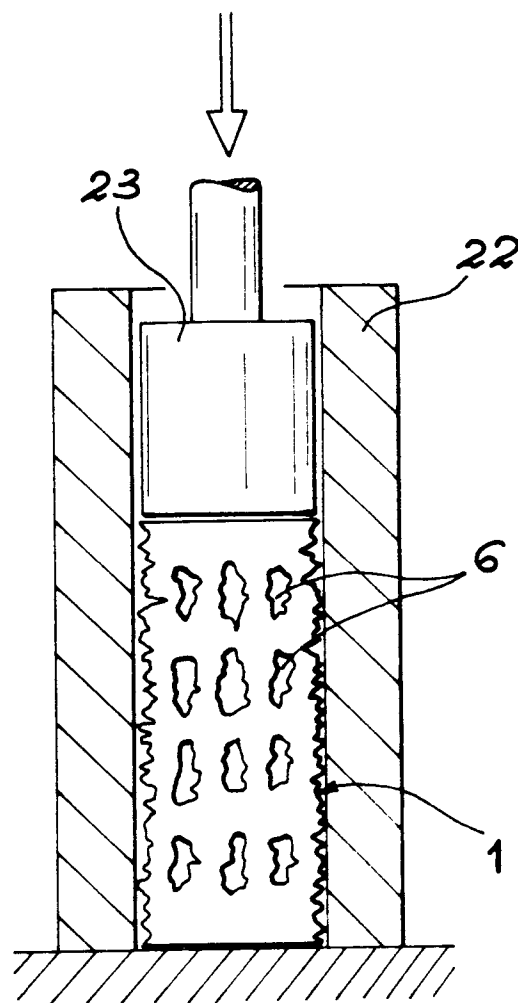


FIG. 2

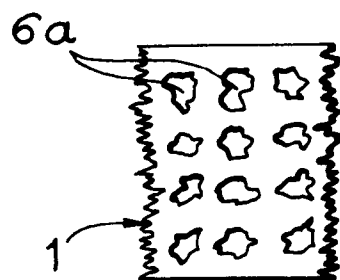


FIG. 3

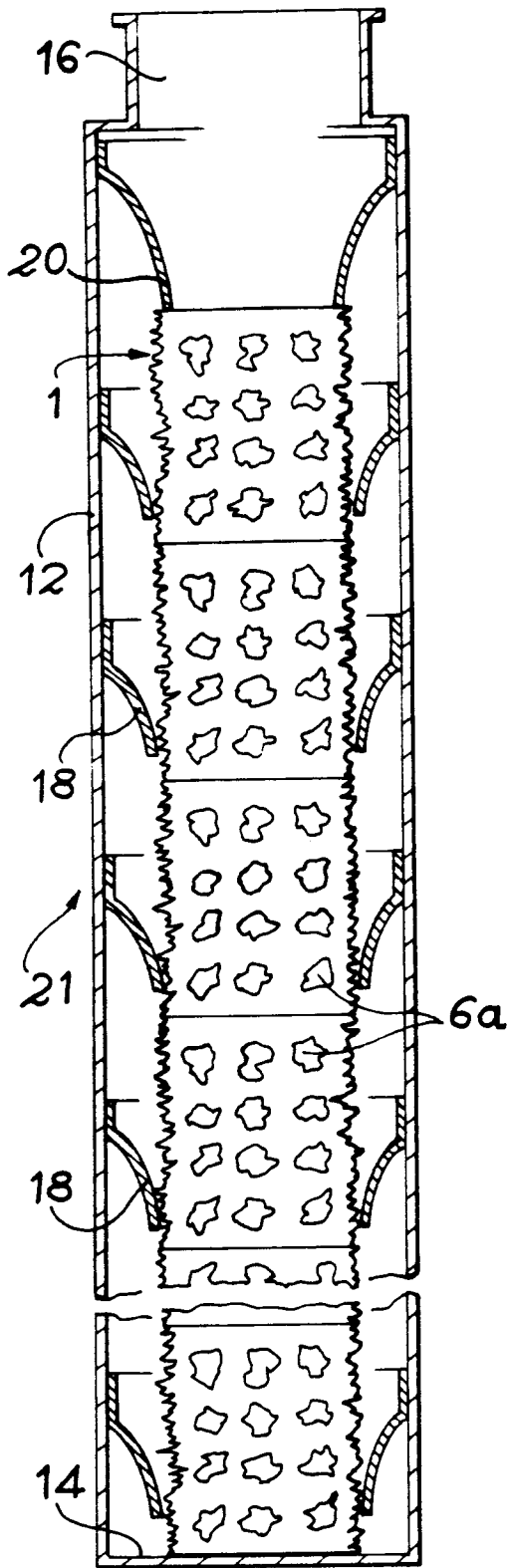


FIG. 4

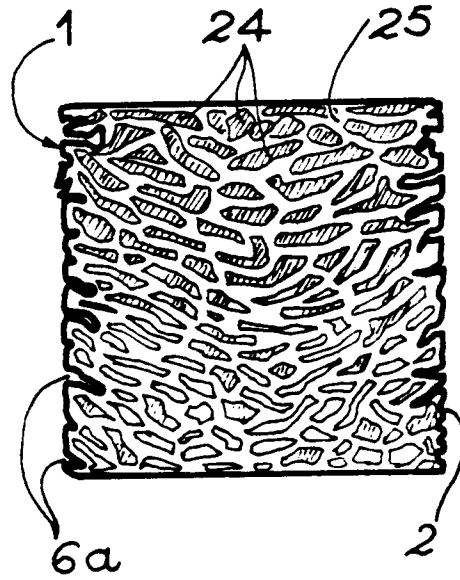


FIG. 5