



N° 898.270

Classif. Internat.: G21F/F27B/F27D

Mis en lecture le:

16 -03- 1984

LE Ministre des Affaires Économiques,

*Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention;**Vu la Convention d'Union pour la Protection de la Propriété Industrielle;**Vu le procès-verbal dressé le 21 novembre 19 83 à 14 h. 35*

au Service de la Propriété industrielle

ARRÊTE :

Article 1. - Il est délivré à la Sté dite : DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR
WIEDERAUFARBEITUNG VON KERNBRENNSTOFFEN MBH,
Hamburger Allee 4, 3000 Hannover 1, (Allemagne) (R.F.A.)

repr. par Mme S. Vergouts-Brohl c/o Transpat, avenue de Mai,
288, 1200 Bruxelles

un brevet d'invention pour: Four de fusion pour la vitrification de déchets
très radioactifs
(Inv. : D. Stritzke)

qu'elle déclare avoir fait l'objet d'une demande de brevet
déposée en Allemagne (République Fédérale) le 22 décembre
1982, n° P 32 47 349.4

Article 2. - Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.

Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention (mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 15 décembre 1983
PAR DELEGATION SPECIALE:

Le Directeur

L. WUYTS

00000

B R E V E T D ' I N V E N T I O N

Four de fusion pour la vitrification de déchets
très radioactifs.

Société dite:
DEUTSCHE GESELLSCHAFT für WIEDERAUFARBEITUNG
von KERNBRENNSTOFFEN mbH

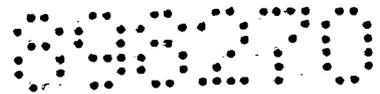
Invention de : Detlef Stritzke.

Priorité: En Allemagne Fédérale N° P 32 47 349.4
du 22 décembre 1982

Four de fusion pour la vitrification de déchets très radioactifs.

La présente invention concerne un four de fusion pour la vitrification de déchets très radioactifs, comportant une cuve de fusion formée de briques pour cuve de fusion et une partie supérieure de four, qui est entourée par une isolation et un récipient en acier, ainsi que des électrodes en matériau céramique pour chauffage direct qui sont disposées dans la paroi de la cuve de fusion.

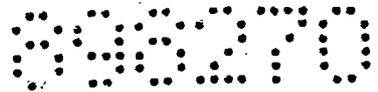
Dans le procédé Pamela connu, un mélange formé d'un concentrat de déchets légèrement enrichi et d'une fritte de verre au borosilicate est déposé sur la surface de bain de fusion d'un four céramique de fusion à chauffage électrique direct. La fourniture d'énergie au bain de verre pour la vaporisation de la phase liquide pour la dénitrification thermique des sels et pour la fusion des oxydes formés à partir des déchets dans le verre est effectuée d'après le principe de Joule en faisant passer directement un courant dans le bain chauffé à environ



1150°C. Comme matériaux pour les électrodes, on utilise des substances possédant une plage ou un point de fusion qui est bien supérieur à la température de fonctionnement du four de fusion et qui possèdent en outre une résistance à la corrosion et à l'érosion suffisamment élevée par rapport au bain de verre et qui ont, à la température de fonctionnement, une stabilité mécanique suffisamment grande, tout en possédant à cette température une résistance électrique spécifique bien plus faible que celle du bain de verre. Le choix des matériaux pour les électrodes est alors fonction de conditions spécifiques, comme par exemple la température de fonctionnement et l'agressivité du bain de fusion.

Il est connu d'utiliser des électrodes en oxyde d'étain pour les fours de fusion à chauffage électrique direct, voir "Electrodes en oxyde d'étain, leur fabrication, leurs propriétés et leur application aux fours à verre" Glassworks Equipement Limited.

Des électrodes en oxyde d'étain se composent de blocs cylindriques, carrés ou rectangulaires, moulés avec de la barbotine. Le document précité décrit entre autres une électrode en oxyde d'étain pourvue d'une arrivée de courant en argent. Plusieurs de ces électrodes individuelles peuvent être réunies sous forme de blocs plus gros, appelés des "piles", afin d'augmenter la surface active des électrodes, ces blocs faisant alors partie de la cuve du four de fusion. L'alimentation en courant est effectuée de la façon suivante : le côté arrière de l'électrode en oxyde d'étain est pourvu d'un trou. Dans ce trou est emmanché un poinçon en oxyde d'étain autour duquel est enroulée une tôle mince en argent. Du fait que le mandrin et l'électrode sont formés du même matériau, on supprime les tensions thermiques lors d'une variation de température. La tôle en argent dépasse du poinçon et elle est utilisée comme borne d'alimentation. Pour les courants relativement forts qui peuvent passer dans l'électrode (plusieurs centaines d'ampères), on obtient avec cet agencement une surface de transition suffisamment grande entre le métal



constitué par l'argent et l'électrode en oxyde d'étain. En outre l'argent pénètre suffisamment loin jusque dans la zone chaude de l'électrode en oxyde d'étain de sorte que l'argent fond sur le côté avant du poinçon car il règne dans cette zone des températures supérieures au point de fusion de l'argent (963°C). On obtient ainsi un contact électrique intime entre l'arrivée de courant en métal et la matière céramique de l'électrode formée d'oxyde d'étain. Dans la direction longitudinale des blocs d'électrode - depuis le bain de fusion jusqu'au côté arrière de l'électrode - il doit s'établir un gradient de température qui empêche que du verre s'échappe à l'extérieur en passant par les joints des électrodes. Pour cette raison, et également à cause du point de fusion relativement bas de l'argent, les côtés arrière des électrodes doivent être refroidis. Le procédé utilisé classiquement dans l'industrie du verre consiste dans la transmission de chaleur depuis les faces arrière des électrodes à l'air extérieur ambiant par convection, c'est-à-dire que les faces arrière des électrodes sont découvertes.

La structure connue d'électrodes présente les inconvénients suivants, notamment lors de la vitrification de déchets fortement radioactifs. Au cours de la période de fonctionnement, du verre fortement radioactif peut, dans le cas d'une progression de la corrosion de la matière de la cuve de fusion et des électrodes, sortir à l'extérieur par les joints existant entre les électrodes en oxyde d'étain ou bien entre les électrodes et le briquetage de la cuve de fusion. Dans un cas extrême, cette sortie de verre peut conduire à une marche à vide non contrôlée du four car, sous l'effet de la chaleur latente du verre qui est "entraînée", l'écoulement du verre ne peut plus être facilement arrêté. Pendant la marche, on doit entretenir une dépression dans la chambre supérieure du four de fusion, avec l'impératif additionnel de réduire au minimum la fuite d'air. Dans le cas où les faces arrière des électrodes sont découvertes, il peut passer à travers l'isolation une quantité importante d'air de fuite.

DE-OS 24 26 328 décrit un four à cuve pour la fusion de matières



minérales, dans lequel on utilise des électrodes en molybdène qui sont refroidies par eau. Ce document ne donne aucune précision sur la structure des électrodes et sur le type et le mode de montage dans la paroi du four de fusion.

5

DE-OS 26 31 220 décrit un four pour la fusion de verre contenant des constituants radioactifs, dans lequel on utilise des électrodes en oxyde d'étain ou des électrodes en molybdène. Dans ce document également on ne décrit pas en détail la structure des
10 électrodes et le type et le mode de montage dans la paroi du four de fusion.

Dans les deux fours connus, les électrodes sont disposées en dessous de la surface du bain de fusion de sorte que - comme
15 celà a déjà été indiqué ci-dessus - il existe le risque que, au cours du temps, du verre fondu sorte par les joints existant sur les électrodes et par les joints existant entre les électrodes et le briquetage de la cuve de fusion.

20 Dans les fours de fusion connus à ce jour utilisés pour la vitrification de déchets radioactifs, le refroidissement des électrodes est assuré soit par évacuation de chaleur par convection avec les faces arrière découvertes des électrodes ou bien au moyen d'un système de refroidissement forcé, auquel cas le réci-
25 pient en acier habituellement utilisé, dans lequel est placé le four de fusion avec son isolation, est fermé sur les faces arrière des électrodes. A l'aide d'un système de buses annulaires, on fait arriver un faible courant d'air sur la face arrière des électrodes et on maintient ainsi la température à la valeur dé-
30 sirée. En cas de panne de l'alimentation en air froid, il existe le risque d'une augmentation inadmissible de la température sur les faces arrière des électrodes. A cause de l'absence d'un gradient de température, du verre peut sortir entre et sur le côté des blocs d'électrodes. On n'obtient pas une sécurité intrinsèque.
35 Une proportion non négligeable de la quantité d'air nécessaire pour le refroidissement doit être traitée en plus des autres

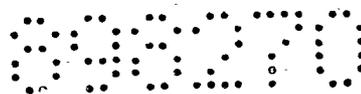


quantités d'air radioactif produites au cours du processus. De fortes variations du courant volumique d'air comprimé peuvent provoquer des chocs thermiques sur la matière céramique des électrodes. Du fait que les matériaux des électrodes sont sensibles à des variations de température, il existe le risque de formation de fissures qui peuvent conduire à la sortie de verre précitée.

Le problème à résoudre par la présente invention consiste à agencer un four de fusion du type défini ci-dessus de manière à remédier aux inconvénients précités, en évitant le risque d'une sortie de matière en fusion et en faisant en sorte qu'il ne soit plus nécessaire d'assurer un refroidissement forcé des électrodes. En outre l'apparition d'air de fuite doit être réduite au minimum, la consommation d'énergie doit être diminuée et la sécurité d'ensemble du four de fusion doit être augmentée.

Ce problème est résolu en ce que les électrodes sont munies d'une arrivée de courant, venant du haut et reliée à la face supérieure des électrodes, la surface du bain de verre fondu étant maintenue à un niveau situé en dessous de la face supérieure des électrodes.

Avec l'agencement conforme à l'invention, le niveau maximal de verre pouvant être atteint est toujours situé en dessous du bord supérieur des électrodes. Cela signifie que du verre ne peut plus traverser les joints existant entre les électrodes et entre les électrodes et le briquetage de la cuve de fusion. On évite ainsi également le risque que ce verre de fuite entre en contact avec l'arrivée métallique de courant et établisse un pont électrique en contournant les électrodes entre l'arrivée de courant et le bain de verre. Grâce à l'agencement conforme à l'invention, on peut se passer d'un système de refroidissement à action passive ou active des électrodes. Le récipient en acier du four peut être réalisé complètement fermé de sorte qu'il ne se produit pratiquement plus de fuite d'air. Grâce à l'agencement conforme à l'inven-



tion, le four de fusion est intrinsèquement plus sûr car du verre sortant également éventuellement sur le côté des électrodes est solidifié, sur la base d'une isolation exactement définie, sur le trajet aboutissant au récipient extérieur en acier.

5

Les pertes calorifiques sur les faces extérieures des électrodes sont inférieures, dans le four de fusion agencé conformément à l'invention, d'environ 80% à celles des fours classiques. En correspondance, la consommation d'énergie du four de fusion est également plus faible. Après un fonctionnement du four de fusion de deux ans, on obtient une économie d'environ 120.000 F grâce à la réduction de consommation d'énergie, en supposant un prix de courant de 0,45 F/kWh.

15 Par suite d'une température plus uniforme dans les électrodes, on obtient une bonne transmission électrique de chaleur entre l'arrivée métallique de courant et la matière céramique des électrodes par l'intermédiaire de toute la surface de contact entre l'oxyde d'étain et le métal. L'utilisation d'un métal à 20 bas point de fusion, comme par exemple l'argent, n'est plus nécessaire. A cause de la faible différence de température dans le matériau de l'électrode, on élimine le risque d'une formation de fissures dans ce matériau sensible à des chocs thermiques. Même si des fissures devaient se former, celles-ci seraient aussitôt 25 remplies de verre à cause de la faible tension superficielle du verre liquide. Quoique la conductivité électrique du verre à 1100°C soit inférieure approximativement du facteur 1000 à celle de l'oxyde d'étain, la largeur de la fissure, qu'on peut supposer égale à 1 mm, ne libère dans cette zone qu'une énergie peu impor- 30 tante, ce qui peut provoquer une augmentation localisée de la température. Du fait de l'augmentation de température dans cette fissure, la conductivité électrique du verre augmente et l'énergie libérée dans cette zone est à nouveau diminuée. En pratique, il s'établit un équilibre qui est fonction des constantes physi- 35 ques de la matière, de la structure de l'isolation et de la température dans le bain de fusion.



Il s'est avéré que le bain de verre est très agressif dans la zone de la surface supérieure du bain de verre et que le matériau des électrodes est enlevé par affouillement à cause de cette agressivité dans la zone de la surface supérieure du bain.

5 On remédie de la meilleure façon possible à cet inconvénient en adoptant les deux mesures suivantes :

a) les électrodes qui sont reliées à une arrivée de courant par le haut, comportent, le long du bord supérieur du côté avant
10 tourné vers la cuve de fusion, un évidement pour le briquetage de la cuve de fusion, la surface supérieure du bain de verre étant réglée à un niveau placé en dessous de la face supérieure des électrodes.

15 b) la surface supérieure du bain de verre est réglée à un niveau situé dans la zone de l'évidement pour le briquetage de la cuve de fusion.

Selon d'autres particularités de l'invention :

20

c) l'arrivée de courant venant du haut est reliée à un poinçon d'électrode de type connu, qui est emmanché dans un trou borgne, orienté vers le bas et ménagé dans la face supérieure de la partie de l'électrode, qui est surélevée et qui délimite l'évidement.

25

d) le poinçon d'électrode est entouré d'une manière connue par une tôle métallique qui s'étend au-dessus de la face supérieure de l'électrode et qui est reliée, comme borne de raccordement de l'électrode, avec l'arrivée de courant.

30

e) la tôle métallique se compose d'un métal non fusible aux températures envisagées.

f) le métal est du platine.

35

g) la tôle métallique est brasée ou soudée sur l'arrivée de cou-



rant ou bien est reliée à celle-ci par une connexion filetée ou une connexion à écrasement.

h) l'arrivée de courant est disposée de façon isolée entre la
5 paroi de la partie supérieure du four et l'isolation du four de fusion.

i) l'arrivée de courant est formée de métaux très réfractaires
comme des aciers au chrome-nickel ou du nickel pur.

10

j) l'arrivée de courant et la prise de courant sont formées des
mêmes métaux très réfractaires, comme des aciers au chrome-nickel
ou du nickel pur.

15 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention
seront mis en évidence dans la suite de la description, donnée à
titre d'exemple non limitatif, avec référence aux dessins annexés
dans lesquels :

20 La figure 1 est une coupe d'un agencement d'électrodes conforme
à l'invention dans un four céramique de fusion, et
La figure 2 est une représentation semblable à la figure 1, avec
une vue en perspective additionnelle d'un agencement
de blocs d'électrodes.

25

Sur le dessin, on a représenté un four de fusion 2 dont la cuve
de fusion 4 se compose d'un briquetage constitué de céramique
résistant à la corrosion et à la température. Au-dessus de la
cuve de fusion 4 est située ce qu'on appelle la partie supérieu-
30 re de four 6, qui est formée d'un matériau résistant à des chan-
gements de températures et à la corrosion. La cuve de fusion et
la partie supérieure de four sont entourées par plusieurs cou-
ches isolantes 8, 10 et 12. Cet ensemble formé par la cuve de
fusion et les couches isolantes est placé dans un récipient en
35 acier 14 étanche aux gaz.



Dans la paroi latérale 16 de la cuve de fusion 4 sont encas-
trées des électrodes 18 qui forment une partie de la paroi 16.
Les électrodes 18 ont une forme parallélépipédique et sont cons-
tituées en un matériau céramique, par exemple de l'oxyde d'étain.

5 Elles comportent, sur le bord supérieur dirigé vers l'intérieur
du four, un évidement rectangulaire en gradin 20 de manière à
créer une saillie 22, de profil rectangulaire en coupe, dirigée
vers le haut et qui s'accroche en arrière d'une partie 24 de
la paroi 16 de la cuve de fusion.

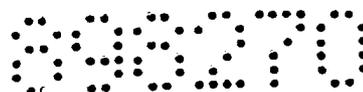
10

Dans la saillie 22, c'est-à-dire sur la face supérieure de
l'électrode 18, on a formé un trou borgne 26 orienté perpendi-
culairement à ladite face, qui s'étend jusque dans la partie
inférieure 28 de l'électrode 18 et dans lequel est emmanché un
15 poinçon d'électrode 30. Le poinçon d'électrode 30 comporte une
borne d'alimentation en courant 32 formée d'un métal de point
de fusion élevé, qui dépasse à la partie supérieure de la sail-
lie 22 et qui est en contact conducteur avec une arrivée de
courant 34 se composant d'un métal résistant à la température et
20 à la corrosion, qui est disposée entre la paroi 6 de la partie
supérieure du four et la couche isolante 8 et qui est entourée
par une isolation 35.

Le poinçon d'électrode 30 peut être entouré par une tôle métalli-
25 que mince qui dépasse à la partie supérieure de la saillie 22 et
qui sert de borne d'alimentation 32. La borne d'alimentation 32
est de préférence fixée par brasage ou par soudage sur l'arrivée
de courant 34. La borne d'alimentation 32 et l'arrivée de cou-
rant 34 sont généralement formées de matériaux différents.

30

La tôle métallique 32 entourant le poinçon d'électrode 30 est
constituée, à cause des hautes températures régnant dans cette
zone et qui, pour une température de bain de fusion de 1200°C,
sont de l'ordre de 1100°C, en un métal résistant à la corrosion
35 et à des températures élevées tel que du platine, à la place
d'argent comme dans les fours de fusion connus dans l'art anté-
rieur.



Le métal de l'arrivée de courant 34 peut, par exemple, être un acier au chrome-nickel très réfractaire ou du nickel pur. La liaison entre l'acier au chrome-nickel et le platine ou entre le nickel et le platine peut être établie à l'aide d'une brasure à haute température (température de mise en oeuvre comprise entre 1150°C et 1300°C) et/ou mécaniquement par une liaison fileté ou par écrasement.

À la place d'électrodes séparées, on peut utiliser des blocs d'électrodes formés de plusieurs électrodes individuelles, voir la figure 2 dans laquelle on a représenté schématiquement un bloc formé de deux électrodes 18, 18'. On augmente ainsi la surface active des électrodes.

Pour l'arrivée de courant 34 et la borne d'alimentation 32, on peut également utiliser les mêmes matériaux.

Les électrodes 18 sont agencées de manière que le bord supérieur 36 soit toujours situé au-dessus du niveau maximal 38 pouvant être atteint par le bain de verre fondu. Ainsi du verre ne peut jamais passer par les joints entre les électrodes ou bien entre les électrodes et le briquetage de la cuve de fusion et entrer en contact avec le métal de l'arrivée de courant en formant un pont électrique contournant les électrodes entre l'arrivée de courant et le bain de verre.

Comme cela a été déjà indiqué ci-dessus, on utilise du platine à la place d'argent pour la borne d'alimentation entourant le poinçon d'électrode. Du fait que les pertes calorifiques dans le four de fusion sont bien plus faibles, avec l'agencement proposé, que dans les fours classiques, les frais supplémentaires concernant le platine plus coûteux sont à nouveau compensés.

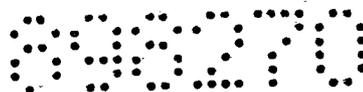
Il n'est pas nécessaire d'assurer un refroidissement des électrodes, qu'il soit passif ou actif.

S. Veysant
21. 11. 83



Revendications

1. Four de fusion pour la vitrification de déchets très radio-actifs, comportant une cuve de fusion formée de briques pour cuve de fusion et une partie supérieure de four, qui est entourée par une isolation et un récipient en acier, ainsi que des 5 électrodes en matière céramique pour chauffage direct, qui sont disposées dans la paroi de la cuve de fusion, caractérisé en ce que les électrodes (18) sont munies d'une arrivée de courant (34), venant du haut et reliée à la face supérieure (36) des électrodes et en ce que la surface du bain 10 de verre fondu est maintenue à un niveau situé en dessous de la face supérieure (36) des électrodes (18).
2. Four de fusion selon la revendication 1, caractérisé en ce que les électrodes (18) , qui sont reliées à 15 une arrivée de courant (34) venant du haut, comportent le long du bord supérieur du côté avant tourné vers la cuve de fusion un évidement (20) pour le briquetage (24) de la cuve de fusion (4), la surface supérieure du bain de verre (38) étant réglée à un niveau placé en dessous de la face supérieure (36) des électro- 20 des (18).
3. Four de fusion selon la revendication 2, caractérisé en ce que la surface supérieure (38) du bain de verre est réglée à un niveau situé dans la zone d'un évidement (20) 25 pour le briquetage de la cuve de fusion.
4. Four de fusion selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'arrivée de courant (34) venant du haut est reliée à un poinçon d'électrode de type connu, qui est emman- 30 ché dans un trou borgne (26), orienté vers le bas et ménagé dans la face supérieure de la partie (22) de l'électrode (18), qui est surélevée et qui délimite l'évidement.
5. Four de fusion selon la revendication 4, 35 caractérisé en ce que le poinçon d'électrode (30) est entouré



d'une manière connue par une tôle métallique (31) qui s'étend au-dessus de la face supérieure (36) de l'électrode (18) et qui est reliée, comme borne de raccordement (32) de l'électrode (18), avec l'arrivée de courant (34).

5

6. Four de fusion selon la revendication 5, caractérisé en ce que la tôle métallique (31) se compose d'un métal non fusible aux températures envisagées.

10 7. Four de fusion selon la revendication 6, caractérisé en ce que le métal est du platine.

8. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que la tôle métallique (31) est brasée ou
15 soudée sur l'arrivée de courant (34) ou bien est reliée à celui-ci par une connexion filetée ou une connexion à écrasement.

9. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications 1 à 8,
20 caractérisé en ce que l'arrivée de courant est disposée de façon isolée (34) entre la paroi de la partie supérieure de four (6) et l'isolation (8) du four de fusion (2).

10. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications 1
25 à 9, caractérisé en ce que l'arrivée de courant (34) est formée de métaux très réfractaires comme des aciers au chrome-nickel ou du nickel pur.

30 11. Four de fusion selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'arrivée de courant (34) et la prise de courant (32) sont formées des mêmes métaux très réfractaires, comme des aciers au chrome-nickel ou du nickel pur.

S. Veyrot
21.11.83

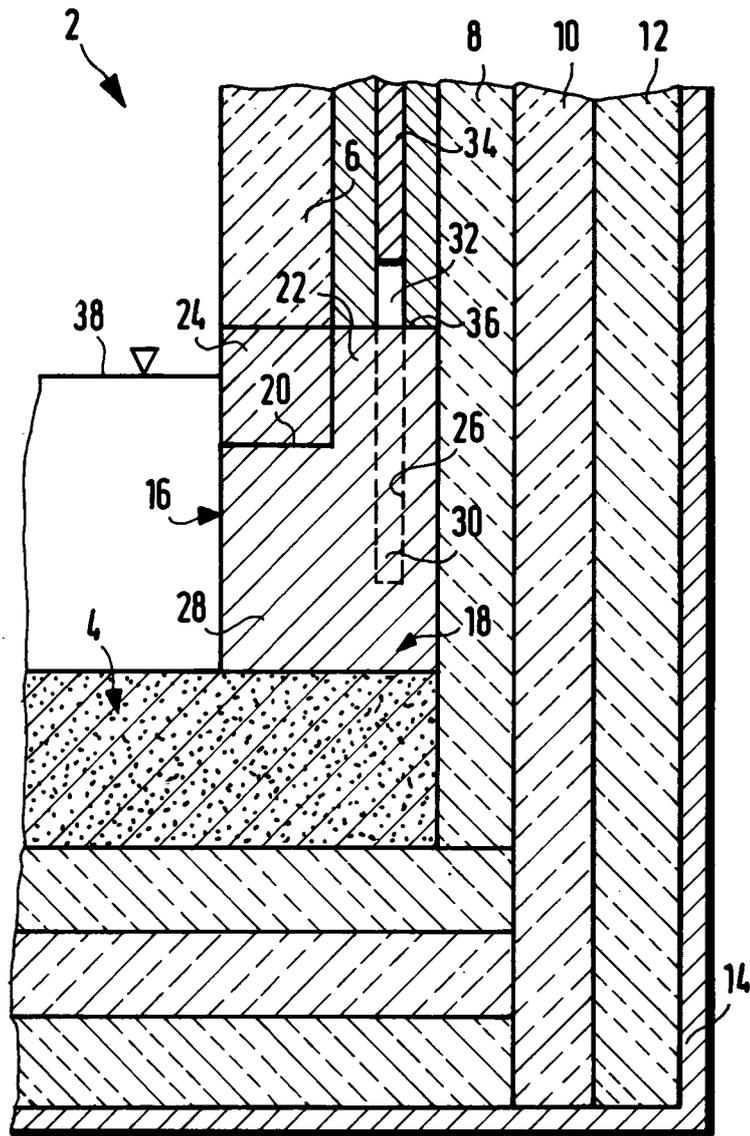


FIG. 1

S. Vejon
22.11.83

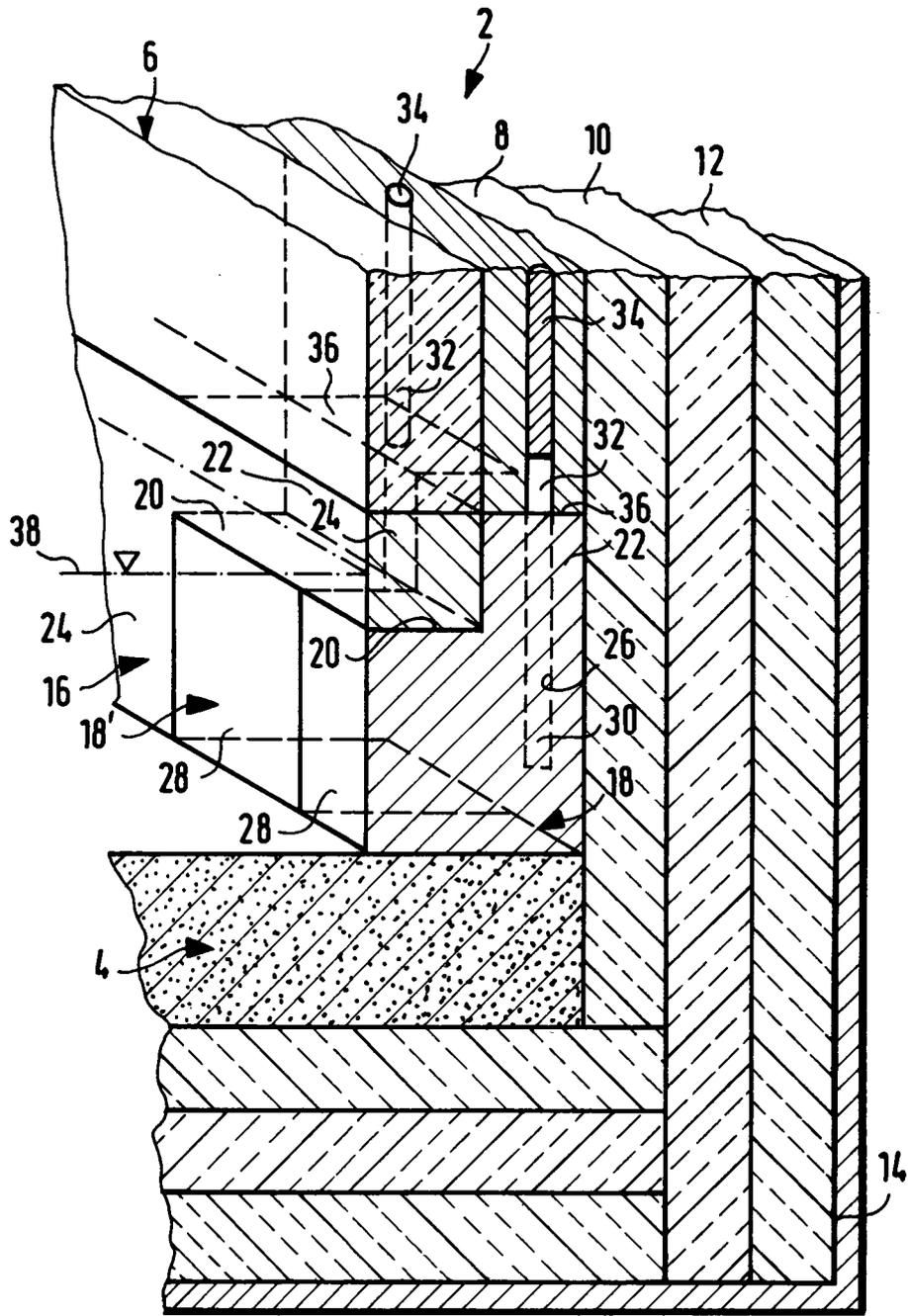
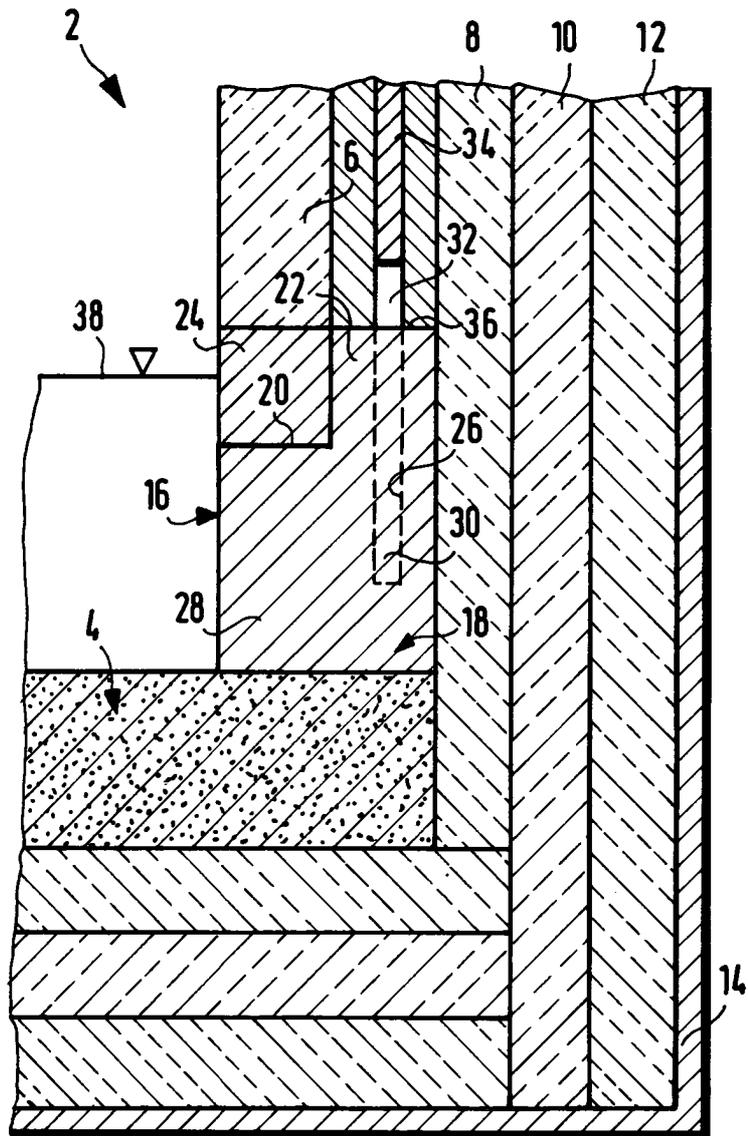


FIG. 2

S. Bryant
21.11.83



S. Grayson
22. M. 83