

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 565 020**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **85 07796**

⑤1 Int Cl^a : G 21 C 3/32, 3/16.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 Date de dépôt : 23 mai 1985.

③0 Priorité : GB, 24 mai 1984, n° 8413340 et 11 décembre 1984, n° 8431209.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 48 du 29 novembre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *Etablissement public dit : UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY. — GB.*

⑦2 Inventeur(s) : Colin Edgar Butterfield, Kenneth Macgregor Swanson et John Alan Dodd.

⑦3 Titulaire(s) :

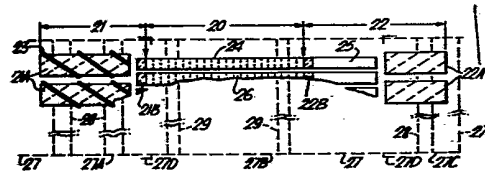
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Simonnot.

⑤4 Assemblage combustible pour réacteur à neutrons rapides et procédé de gestion de combustible pour un tel réacteur.

⑤7 L'invention concerne un assemblage combustible pour réacteur rapide.

Un sous-assemblage pour réacteur rapide comporte un tronçon supérieur 21 de surrégénération, un tronçon intermédiaire 20 de combustible et un tronçon inférieur 22 de surrégénération contenant de la matière 22A de surrégénération. L'enveloppe de l'assemblage est en trois parties 27A, 27B, 27C reliées par des raccords 27D libérables, permettant d'enlever les parties supérieure et inférieure, avec la matière 21A, 22A pour surrégénération, à réutiliser avec un tronçon de combustible 20 nouveau ou remis à neuf. Pour le désassemblage, l'enveloppe 27 peut être découpée (au laser) et la matière de surrégénération, montée sur un manchon interne séparé de l'enveloppe, peut être enlevée et réutilisée après découpage de l'enveloppe.

Application : gestion économique du combustible.



FR 2 565 020 - A1

La présente invention concerne un assemblage combustible pour réacteurs à neutrons rapides refroidis par du métal liquide. L'invention concerne également un procédé perfectionné de gestion ou management du combustible pour réacteurs à neutrons rapides.

Un agencement classique pour assemblage combustible nucléaire pour un réacteur à neutrons rapides, refroidi par du métal liquide, consiste en une enveloppe externe à l'intérieur de laquelle sont supportés un tronçon nominale-ment central de combustible avec des tronçons supérieur et inférieur pour surrégénération. Le tronçon combustible, la totalité du tronçon inférieur pour surrégénération et une partie mineure du tronçon supérieur pour surrégénération sont définis par un faisceau d'aiguilles de combustible dont chacune contient sa propre partie du combustible ainsi que de la matière pour surrégénération et comporte un volume vide ou chambre réceptrice pour la collecte des produits gazeux de fission. La majeure partie du tronçon supérieur pour surrégénération est contenue au sein d'aiguilles pour surrégénération séparées des aiguilles de combustible. Les tronçons de surrégénération, comme leur nom l'implique, ont un rôle de surrégénération mais ont aussi une importante fonction de blindage. En fait, la fonction de blindage est si efficace que la surrégénération principale ne se produit que dans une courte longueur de chaque tronçon de surrégénération, qui est voisin du tronçon de combustible. Dans les schémas actuels de gestion du combustible, un assemblage combustible pour réacteur à neutrons rapide subit sa combustion nucléaire nominale puis est enlevé du réacteur ; les aiguilles pour surrégénération sont enlevées du reste de l'assemblage combustible et conservées (car elles ont peu de valeur à récupérer, et le coût de la récupération excèderait cette valeur) ; et les aiguilles de combustible sont envoyées pour subir un traitement de récupération de la matière fissile intéressante. La récupération implique le traitement de la totalité du

tronçon inférieur de surrégénération, bien que la majeure partie de ce tronçon n'ait pas plus de valeur que les aiguilles de surrégénération du tronçon supérieur de surrégénération et que cela constitue donc une charge pesant sur les frais de traitement.

Selon un aspect de l'invention, un ensemble combustible pour réacteur à neutrons comprend au moins une majeure partie de tronçons supérieur et inférieur de surrégénération qui sont contenus au sein de parties amovibles pouvant être replacées sur des tronçons centraux de combustible, nouveaux ou remis à neuf.

L'invention fournit également un procédé perfectionné de gestion du combustible pour réacteurs à neutrons rapides.

De préférence, les aiguilles de combustible formant les tronçons centraux de combustible contiendront, à chaque extrémité, une faible quantité de matière pour surrégénération. Cette matière aura surtout un rôle de surrégénération et une fonction mineure d'écran de protection ou de blindage (en comparaison des parties amovibles qui auront surtout un rôle de protection ou de blindage) et elles auront une valeur qui en justifie la récupération avec la matière fissile contenue dans les aiguilles de combustible.

L'assemblage peut comporter une enveloppe, et les tronçons supérieur et inférieur de surrégénération comportent des parties d'enveloppe reliées, par des raccords amovibles, à une partie formant enveloppe de combustible.

L'assemblage peut comprendre une enveloppe, l'un au moins des tronçons supérieur et inférieur de surrégénération étant monté dans un manchon interne séparé de l'enveloppe mais monté dans celle-ci. L'ensemble peut ainsi être découpé et enlevé, en laissant le manchon prêt pour une nouvelle utilisation.

L'enveloppe voisine de l'un des tronçons de surrégénération ou des deux tronçons de surrégénération

peut comporter des plaques respectivement logées dans des creux angulairement espacés ménagés dans le manchon ou dans le manchon respectif.

5 Des boulons angulairement espacés peuvent relier un crampon d'extrémité inférieure à des organes de positionnement disposés dans des creux de manchon pour le tronçon inférieur de surrégénération.

10 Selon un autre aspect de l'invention, un procédé de gestion ou "management" de combustible pour réacteurs à neutrons rapides comprend l'obtention d'un ensemble combustible comportant des tronçons supérieur et inférieur de surrégénération et un tronçon de combustible intermédiaire, l'enlèvement desdits tronçons supérieur et inférieur de surrégénération et l'association fonctionnelle
15 des tronçons ainsi enlevés avec un autre tronçon de combustible intermédiaire.

L'invention sera maintenant décrite de manière plus détaillée, de façon illustrative et nullement limitative, en regard des dessins annexés sur lesquels :

20 la figure 1 montre schématiquement un assemblage combustible d'un genre connu ;

la figure 2 montre, en correspondance à la figure 1, un assemblage combustible selon l'invention ;

25 la figure 3 montre une vue en plan d'une partie de l'assemblage combustible selon la figure 2 ;

la figure 4 est une partie de tronçon le long de la ligne IV-IV de la figure 3 ;

30 la figure 5A représente un tronçon axial d'une région terminale d'un sous-assemblage, dont la figure 5B montre une vue de détail ;

la figure 6A est une coupe axiale d'une autre région terminale, dont la figure 6B est une vue de détail ;

la figure 7 est une vue, à plus grande échelle, d'une partie de la figure 6 ; et

35 la figure 8 est une coupe le long de la ligne 8-8 de la figure 7.

On voit sur la figure 1 qu'un ensemble combus-

tible est formé d'un tronçon 10 nominalement central de combustible avec un tronçon supérieur 11 de surrégénération et un tronçon inférieur 12 de surrégénération. Le tronçon 11 comporte une partie majeure en forme d'aiguilles 11A de surrégénération, qui comportent des fils hélicoïdaux 13 destinés à faciliter la circulation d'un fluide de refroidissement et une partie mineure en forme d'extrémités de surrégénération 11B des aiguilles 14 de combustible. Le tronçon inférieur 12 de surrégénération est entièrement contenu, sous forme d'extrémités 12B de surrégénération, dans les aiguilles 14 de combustible. Un vide ou chambre réceptrice 15 est prévu à l'autre extrémité de l'aiguille de combustible dont le reste contient du combustible 16 sous forme de pastilles d'oxyde(s). La longueur totale des aiguilles de combustible est typiquement de 210 cm. Les aiguilles 11A de surrégénération sont supportées, dans une enveloppe 17 d'assemblage hexagonale de combustible, par des sommiers 18, et les aiguilles 14 de combustible (typiquement au nombre de 271) sont supportées dans l'enveloppe par des grilles de sommiers 19.

Sur la figure 2, on voit qu'un assemblage combustible est formé d'un tronçon nominalement central 20 de combustible et d'un tronçon supérieur 21 de surrégénération ainsi que d'un tronçon inférieur 22 de surrégénération. Le tronçon 21 comporte un volume majeur dans des aiguilles 21A de surrégénération, qui ont des fils hélicoïdaux 23 destinés à faciliter la circulation d'un fluide de refroidissement, et un volume mineur dans des extrémités 21B de surrégénération dans des aiguilles 24 de combustible. Le tronçon 22 comporte un volume majeur dans des aiguilles 22A de surrégénération à surface lisse et un volume mineur dans les extrémités 22B de surrégénération d'aiguilles 24 de combustible. Un espace vide ou de chambre réceptrice 25 est prévu à l'autre extrémité de l'aiguille de combustible, le reste de l'aiguille comportant du combustible 26 en forme de

pastilles d'oxyde. La longueur globale des aiguilles de combustible est typiquement de 145 cm. Les aiguilles 21A et 22A de surrégénération sont supportées dans une enveloppe 27 d'assemblage hexagonale de combustible par des sommiers 28 et les aiguilles de combustible 14 sont supportées dans l'enveloppe par des sommiers 29.

L'enveloppe 27 est divisée en trois parties 27A, 27B et 27C avec, entre les parties, des raccords 27D pouvant être rompus et rétablis.

Une forme de raccord 27D est présentée plus en détail sur les figures 3 et 4. (Les aiguilles de combustible et de surrégénération ne sont pas présentées sur ces figures).

Les parties 27A et 27B de l'enveloppe hexagonale comportent des terminaisons hexagonales respectives 30, 31 à emboîtement. Des éléments 32 de liaison, retenus par des vis 33 sans tête, sont prévus aux coins des terminaisons hexagonales à emboîtement.

En service, l'assemblage représenté sur la figure 2 est utilisé comme combustible dans un réacteur à neutrons rapides refroidi par du métal liquide et, après une combustion prédéterminée, l'assemblage est retiré du réacteur et il est remplacé par un autre assemblage combustible. L'assemblage enlevé est acheminé vers une enceinte étanche éloignée, destinée au traitement et dans laquelle les vis 33 sans tête sont enlevées aux jonctions entre les parties 27A, 27B et entre les parties 27B, 27C, puis les éléments 32 de liaison sont enlevés aussi. Les parties 27 et 27C sont déplacées aux raccords 27D et la partie 27B, contenant du combustible et des volumes 21B, 22B de surrégénération intéressante, est enlevée et envoyée vers une installation de retraitement.

Une nouvelle partie 27B est introduite entre les parties 27A et 27C déplacées et un assemblage combustible est monté à partir de la nouvelle partie 27B et des parties 27A et 27C ayant déjà servi. Cet assemblage

est acheminé vers un magasin à combustible et il est introduit dans le réacteur lors de l'opération suivante, ou subséquente, de recharge en combustible.

5 Les parties 27A, 27C sont destinées à avoir typiquement trois périodes d'utilisation et de réutilisation. Puis elles sont acheminées vers un magasinage "de produit mort" ou vers un retraitement, selon la valeur de leur teneur en matières fissiles, et de nouvelles parties sont fournies.

10 De nombreuses formes de découplage/couplage entre les parties 27A, 27B, 27C sont possibles, mais il faut bien tenir compte de leur fiabilité en service et de leur simplicité de fonctionnement de manière que les problèmes de télémanutention ne soient trop aigus.
15 Le découplage/couplage peut être réalisé par découpage au laser et soudure au laser, par exemple comme décrit ci-après.

La partie 27B peut être une partie nouvellement fabriquée ou une partie remise à neuf dans laquelle
20 les espaces collecteurs 25 des aiguilles 24 ont été mis en contact avec l'extérieur, par exemple par perçage au laser, puis nouvelle fermeture étanche subséquente.

On voit sur les figures 5 à 8 qu'un sous-
25 assemblage 40 pour réacteur nucléaire comprend une enveloppe hexagonale 41 supportant des grilles 42 de sommiers axialement espacées, qui reçoivent et supportent plusieurs aiguilles 43 de combustible (dont une seule est représentée).

30 Dans le cas présent, la région 44 de l'extrémité supérieure de l'assemblage comporte une tête de levage combinée 45, des bourrelets supérieurs 46, un manchon 47 contenant des plaquettes 48 de fixation ; des aiguilles 49 de matière mélangée de surrégénération et de blindage supérieur formant un tronçon 39 supérieur de surrégénération et une plaque ou grille 50 d'extrémité (sommier).
35 Il existe deux plaquettes 48 pour chaque face de l'enveloppe et il y a donc au total douze plaquettes 48. Chaque

plaquette 48 est logée dans une plaque annulaire respective 51, taraudée, qui est étroitement logée dans un creux 52 et est rivetée en 53 à l'enveloppe. La plaque 51 est placée dans le creux 52 à ajustage étroit du manchon 47, la plaquette 48 étant vissée dans la plaque 51. Le manchon 47 est ensuite inséré axialement dans l'enveloppe. Un creux hexagonal 38 de la plaquette 48 vient en face d'un trou 37 de l'enveloppe. Des rivets 53 sont alors fixés de l'extérieur de l'enveloppe et l'on fait tourner les plaquettes 48, à l'aide d'un outil, dans le creux 38 pour serrer le manchon dans l'enveloppe. Enfin, les plaquettes 48 sont reliées à l'enveloppe par une soudure par points en 54 pour empêcher un dévissage. La plaque 51, étant voisine de l'enveloppe, évite des moments inopportuns de flexion des rivets 53. Le manchon 47 et l'enveloppe sont maintenus sur les "meilleurs centres" pendant que les plaquettes 48 sont vissées. Le manchon 47 est ainsi séparé de l'enveloppe mais monté dans celle-ci en y étant fermement relié par les plaquettes 48, la plaque 51 et les rivets 53.

Le tronçon supérieur de surrégénération comporte plusieurs aiguilles. Le blindage peut être constitué par du tube d'acier 55 contenant axialement des pastilles de UO_2 revêtu, ou des pastilles de carbure de bore ; ou bien il peut s'agir d'une barre entièrement en acier ; ou de pastilles de carbure de bore.

La région inférieure 56 comporte un crampon 57, un manchon 58 de liaison contenant des plaquettes 59 de fixation, un tronçon inférieur 60 de surrégénération et un sommier de grillage 61 de support d'extrémités d'aiguilles de combustible. Il existe une plaquette 59 de fixation pour chaque face de l'enveloppe, maintenue sur l'enveloppe par des rivets 62 et logée dans un creux du manchon 58. Chaque plaquette 59 joue le rôle d'une clavette radiale. L'extrémité interne, filetée, de tiges 63 de boulons logées dans des creux 64, angulairement voisins des sommets de l'hexagone quand on regarde

l'ensemble axialement, est vissée dans un écrou 65 respectif avec présence d'une rondelle 66 logée dans un autre creux 67 du manchon 58, et l'extrémité externe ou inférieure des tiges 63 est logée dans un creux extrême 68 respectif du crampon 57, avec interposition d'une rondelle bombée 69 de blocage. Cela forme un joint à faible fuite à l'extrémité de l'enveloppe.

Pour le désassemblage, on peut réaliser une incision annulaire au laser à travers l'enveloppe en A près de la grille 50, découper axialement l'enveloppe, dans le tronçon 44, le long des six sommets et jeter les six morceaux d'enveloppe de façon à pouvoir réutiliser le tronçon supérieur 47, 49 avec une nouvelle enveloppe et des aiguilles 43 pour former un autre sous-assemblage. De même, on peut découper annulairement au laser en B (figures 6, 7) la région inférieure de l'enveloppe, enlever un petit morceau d'enveloppe au-dessus du tronçon central de chaque tige filetée 63 de boulon puis couper les tiges 63 au laser. On découpe également annulairement en C (figure 6) l'enveloppe au laser, puis on coupe le long des six sommets, ce qui permet de jeter la région extrême inférieure de l'enveloppe. On peut ensuite enlever, par exemple à coups de marteau, les rondelles 69 de blocage, enlever axialement les parties inférieures des tiges 63 de boulons et les écrous 65 ainsi que la rondelle bombée 69 de blocage, ce qui permet de réutiliser la région inférieure et le crampon avec une nouvelle enveloppe d'assemblage, les parties supérieure des boulons avec l'écrou 65 respectif étant enlevées latéralement des creux 64.

Les présents agencements donnent des moyens d'effectuer de fortes économies dans la gestion du combustible de réacteurs à neutrons rapides refroidis par du métal liquide.

Les agencements permettent la mise en oeuvre d'un procédé perfectionné de gestion de combustible pour réacteurs à neutrons rapides.

L'économie en combustible est très forte. En premier lieu, le nombre de tronçons supérieurs de surrégénération, ayant déjà servi et que l'on doit soumettre à un magasinage onéreux est réduit, car tous ces
5 tronçons peuvent être alors réutilisés. En second lieu, les parties du tronçon inférieur de surrégénération, dans lesquelles il s'est en fait produit peu de surrégénération, n'ont plus besoin de constituer une charge pesant sur les frais de retraitement. En troisième lieu, le
10 nombre de tronçons de surrégénération qu'il faut fabriquer est réduit selon l'amplitude de la réutilisation. En quatrième lieu, les frais relatifs aux aiguilles de combustible peuvent être diminués, car leur longueur est raccourcie. En cinquième lieu, l'utilisation répétée
15 de tronçons soumis à surrégénération peut en augmenter la teneur en matière véritablement régénérée, et cette augmentation peut parvenir au point de justifier un retraitement de cette matière.

L'invention présente, dans une certaine mesure, un aspect "négatif" d'économie. Par exemple, les assemblages combustibles doivent être réalisés de façon à
20 permettre l'enlèvement et le remplacement des tronçons théoriquement soumis à surrégénération, ce qui implique de plus grands frais de manutention, mais cet aspect est mineur en comparaison des autres économies bien réelles.
25

Il va de soi que, sans sortir du cadre de l'invention, de nombreuses modifications peuvent être apportées au nouvel assemblage combustible décrit et représenté et au nouveau procédé de gestion de combustible
30 qu'il permet de mettre en oeuvre.

REVENDEICATIONS

1. Assemblage combustible pour réacteur à neutrons rapides, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une majeure partie formée par des tronçons supérieur (21) et inférieure (22) de surrégénération, qui sont contenus au sein de parties amovibles pouvant être remplacées sur des tronçons centraux (20) de combustible, nouveaux ou remis à neuf.

2. Assemblage combustible selon la revendication 1, caractérisé en ce que le tronçon central (20) de combustible comprend des aiguilles (24) de combustible qui contiennent, à chaque extrémité, un peu de matière de surrégénération (21B ; 22B).

3. Assemblage combustible selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que cet assemblage comprend une enveloppe (27) et en ce que les tronçons supérieur (21) et inférieur (22) de surrégénération comportent des parties d'enveloppe (27A, 27C) reliées à une partie d'enveloppe (27B) de combustible par des raccords (27D) libérables.

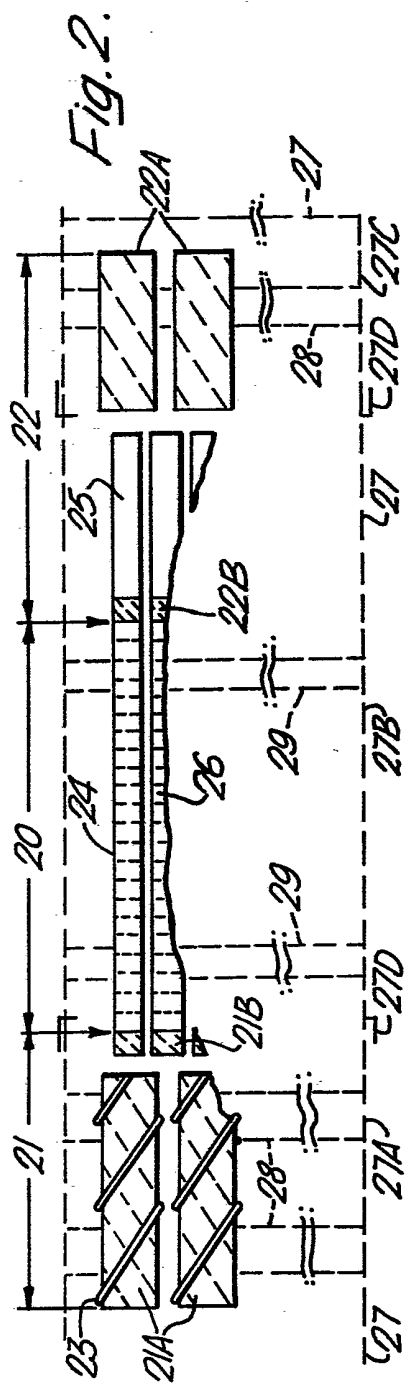
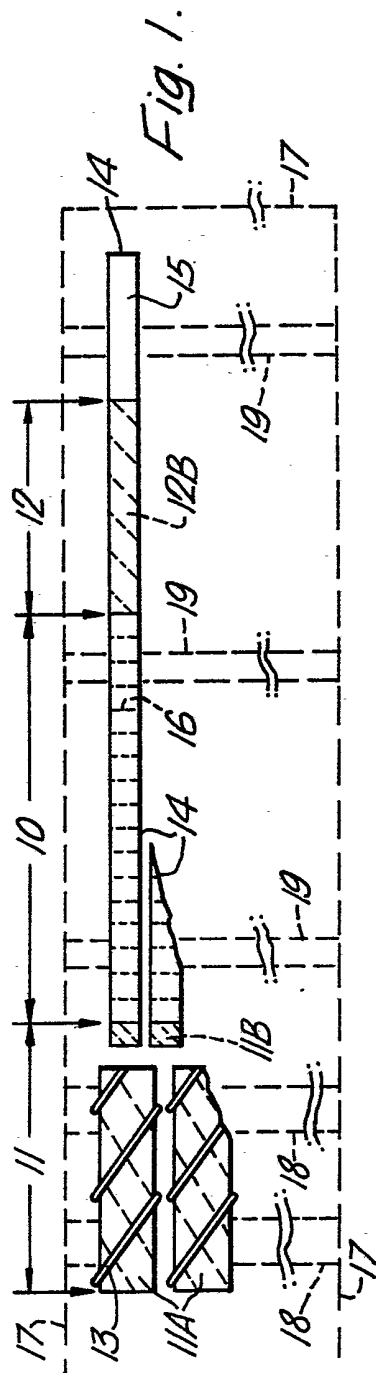
4. Assemblage combustible selon la revendication 1 ou 2, comprenant une enveloppe (27) et caractérisé en ce qu'au moins l'un des tronçons supérieur (21) et inférieur (22) de surrégénération est monté dans un manchon interne (47) séparé de l'enveloppe (27) mais monté à l'intérieur de celle-ci.

5. Assemblage combustible selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'au voisinage d'un tronçon de surrégénération, ou des deux, l'enveloppe (27) comporte des plaques (48, 51 ; 59) respectivement logées dans des creux (52) ménagés dans le manchon (47 ; 58) ou dans le manchon respectif.

6. Assemblage combustible selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que des boulons (63, 65) angulairement espacés relient un crampon (57) d'extrémité inférieure à un organe de positionnement dans un creux (67) du manchon (58) du tronçon inférieur de surrégénération.

7. Procédé de gestion de combustible pour un réacteur à neutrons rapides, procédé caractérisé en ce que, sur un assemblage combustible comportant des tronçons supérieur et inférieur de surrégénération ainsi qu'un tronçon central ou intermédiaire de combustible, on enlève lesdits tronçons supérieur et inférieur de surrégénération et l'on associe fonctionnellement ces tronçons enlevés à un autre tronçon de combustible intermédiaire ou central.

1/4



214

Fig. 3.

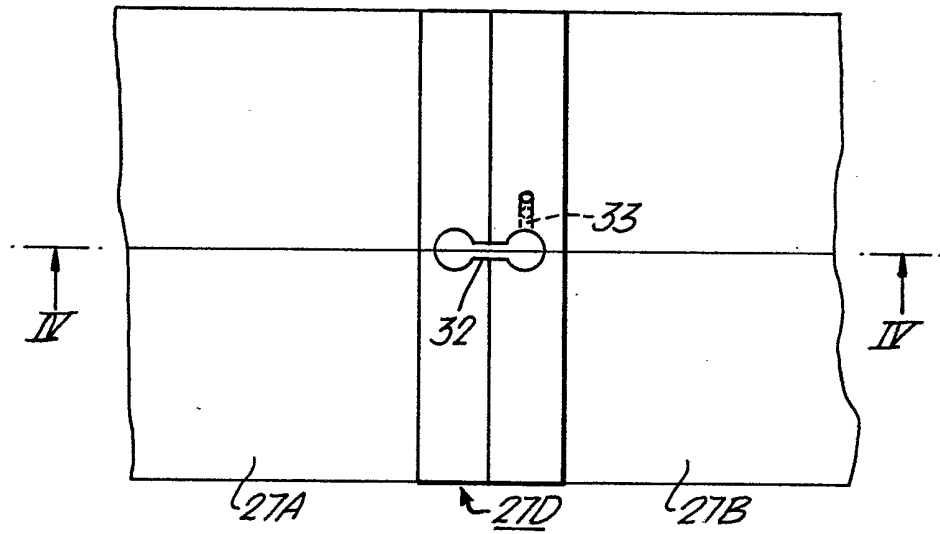
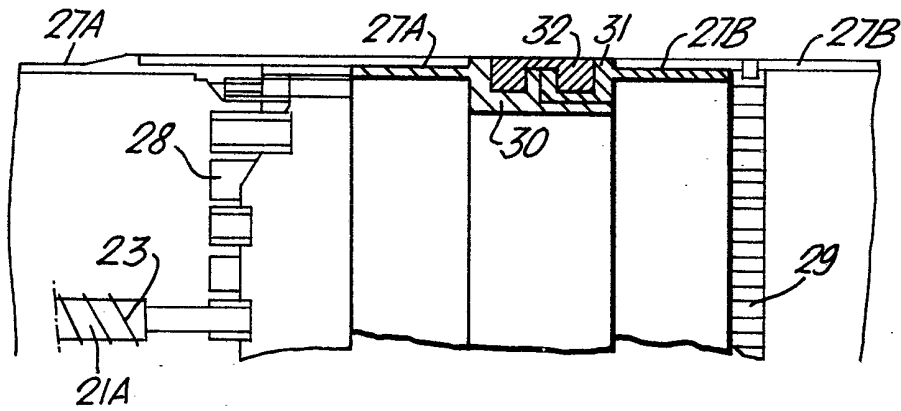
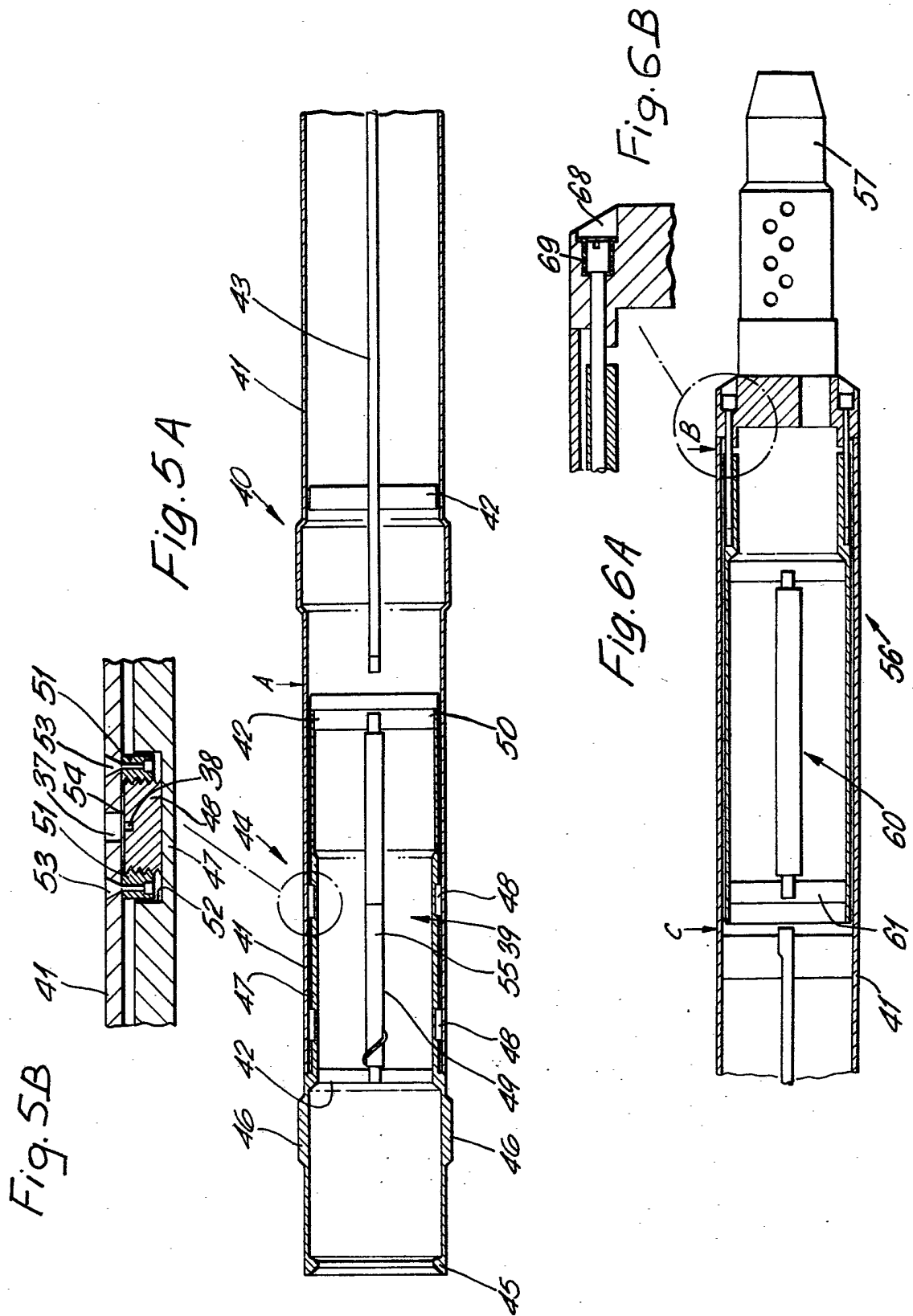


Fig. 4.



3/4



4/4

Fig. 7.

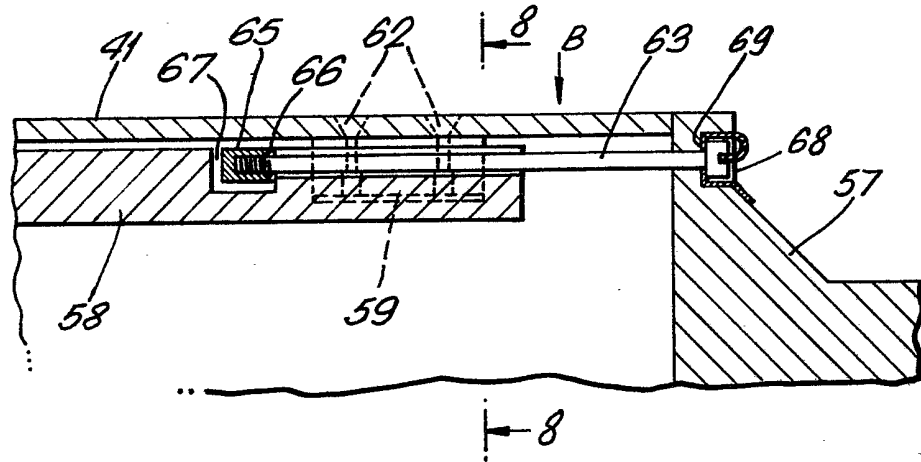


Fig. 8.

