

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 17496

(54)

Dispositif de fixation pour barreau combustible pour réacteur nucléaire.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). G 21 C 3/30.

(22)

Date de dépôt..... 16 septembre 1981.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *EUA, 17 septembre 1980, n° 187,913.*

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 11 du 19-3-1982.

(71)

Déposant : UNITED STATES DEPARTEMENT OF ENERGY, résidant aux EUA.

(72)

Invention de : David Wayne Christiansen.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

La présente invention concerne de façon générale les dispositifs de fixation des barreaux combustibles pour réacteur nucléaire et plus précisément un dispositif réutilisable de fixation temporaire d'un barreau de combustible nucléaire sur un organe de support.

Le coeur d'un réacteur nucléaire comprend en général de nombreux ensembles combustibles, ayant chacun de nombreux barreaux combustibles allongés, gainés et très rapprochés (parfois appelés aussi crayons et aiguilles), chaque barreau combustible contenant en général de nombreuses pastilles de combustible. Un fluide de refroidissement circule habituellement en pénétrant au fond de l'ensemble combustible, en remontant dans les espaces délimités entre les barreaux combustibles et en s'échappant à la partie supérieure de l'ensemble.

L'ensemble combustible contient habituellement un organe de support, et un dispositif doit permettre la fixation d'une extrémité du barreau combustible (habituellement l'extrémité inférieure) à cet organe de support. Une fixation robuste est nécessaire car les barreaux combustibles peuvent subir un certain nombre de perturbations telles qu'un gonflement provoqué par l'irradiation, les variations thermiques, l'action de la circulation d'un fluide, etc. Simultanément, le retrait des barreaux combustibles peut être nécessaire pour diverses raisons telles que l'inspection, la vérification, l'entretien et/ou le remplacement.

Les brevets des Etats-Unis d'Amérique n° 3 150 057, 3 743 578, 3 755 077, 3 890 197, 3 951 739, 3 996 101, et 4 003 787 décrivent des mécanismes de fixation de barreaux combustibles qui coopèrent avec des bandes ayant des parties circulaires élargies. Selon ces brevets, les barreaux combustibles sont glissés latéralement sur les bandes et sont fixés en vue du fonctionnement dans le réacteur. Un démontage total ou au moins important de l'ensemble combustible doit être effectué avant qu'un seul barreau combustible puisse être retiré.

Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 945 885 décrit une fixation assurée par un arrangement à ergot et douille. La douille a une partie évasée d'entrée et éventuellement aussi une partie évasée de sortie. L'ergot a
5 une partie évasée d'entrée mais pas de partie évasée de sortie. La fixation est réalisée par poussée au cours de laquelle les deux parties évasées d'entrée permettent un élargissement de la douille afin que l'ergot puisse se loger dans la cavité de la douille. L'enlèvement est effectué
10 par écartement assuré par application d'une force suffisante afin que l'ergot et/ou la douille soient déformés. Les éléments peuvent même être cassés. Cette déformation des matières est un but recherché selon ce brevet. Cette possibilité d'enlèvement ne permet pas une réutilisation
15 du dispositif de fixation et d'enlèvement. L'ergot est aussi réalisé volontairement afin qu'il ne remplisse pas toute la cavité de la douille et qu'il n'assure pas une fixation rigide, et des déplacements latéraux et longitudinaux limités sont possibles sous l'action de forces telles que celles
20 de la pesanteur et celles qui sont appliquées par un courant de fluide de refroidissement.

L'invention concerne la fixation rapide, peu coûteuse et rigide d'un barreau combustible pour réacteur nucléaire sur un organe de support.

25 Elle concerne aussi l'enlèvement rapide, peu coûteux et non destructif d'un barreau combustible pour réacteur nucléaire d'un organe de support auquel il est fixé.

Elle concerne aussi la fixation et l'enlèvement répétés d'un même barreau combustible et d'un organe de
30 support.

Plus précisément, un dispositif de fixation et d'enlèvement d'un barreau combustible pour réacteur nucléaire et d'un organe de support, comporte un capuchon de verrouillage fixé au barreau combustible et une bande
35 de verrouillage fixée à l'organe de support. Le capuchon et la bande peuvent être utilisés de façon répétée. Le capuchon a au moins deux doigts disposés en regard et destinés

à fixer une douille ayant un corps comprenant une partie chanfreinée de sortie qui se rétrécit du corps vers une gorge, et une partie chanfreinée d'entrée qui se rétrécit d'une embouchure à la gorge. Les doigts peuvent se déplacer élastiquement lorsqu'ils sont écartés puis libérés. La bande de verrouillage a un prolongement dont la forme permet une fixation rigide au corps de la douille. La partie supérieure du prolongement peut être repoussée contre la partie chanfreinée d'entrée de la douille afin que les doigts s'écartent et élargissent la gorge de la douille en permettant ainsi une fixation. La partie inférieure du prolongement peut être tirée contre la partie chanfreinée de sortie de la douille afin que les doigts s'écartent et élargissent la gorge de la douille tout en permettant ainsi un enlèvement.

15 L'invention concerne aussi un dispositif du type décrit dans lequel le capuchon de verrouillage est fixé à l'organe de support et la bande de verrouillage est fixée au barreau combustible.

20 L'invention concerne aussi un dispositif qui comporte un capuchon de verrouillage dont des parties chanfreinées aplatissent un prolongement d'une bande de verrouillage élastiquement compressible en direction transversale afin que ce prolongement puisse être serré dans la gorge de la douille, lors de la fixation et de l'enlèvement.

25 L'invention concerne aussi la fixation d'une telle bande compressible de verrouillage au barreau combustible et du capuchon correspondant de verrouillage à l'organe de support.

30 L'invention présente de nombreux avantages. La caractéristique de fixation et d'enlèvement rapides permet un retrait commode d'un barreau combustible d'un ensemble combustible lors d'une inspection, d'une vérification, d'un entretien et analogue. La caractéristique de réutilisation permet la réintroduction du barreau combustible retiré ou
35 son remplacement par un barreau différent. Cette caractéristique se distingue du brevet précité dans lequel le dispositif ne permet qu'un enlèvement destructif, une seule fois.

La caractéristique de réutilisation selon l'invention et la caractéristique de fixation et d'enlèvement rapides présentent un avantage économique dans le cas des réacteurs d'essai et/ou industriels. On prévoit par exemple que la
5 mise en oeuvre de l'invention dans un réacteur d'essai à flux de neutrons rapides de United States Department of Energy, Richland, Washington, Etats-Unis d'Amérique doit permettre des économies annuelles de l'ordre de 5 millions de francs.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'exemples de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une coupe partielle d'un ensemble
15 combustible, représentant trois barreaux combustibles pour réacteur nucléaire fixés à un organe de support et comprenant des capuchons et des bandes de verrouillage ;

- la figure 2 est une perspective d'un capuchon de verrouillage du type représenté sur la figure 1 ;

20 - la figure 3 est une perspective d'une bande de verrouillage du type représenté sur la figure 1 ;

- la figure 4 est une perspective d'une variante de bande de verrouillage ; et

- la figure 5 est une perspective d'une variante
25 de capuchon de verrouillage utilisé avec la bande de la figure 4.

La figure 1 représente une partie d'un ensemble combustible 10. Un réacteur nucléaire contient de nombreux ensembles combustibles en général. Chaque ensemble comprend
30 par exemple plus de 100 barreaux combustibles pour réacteur nucléaire, parfois aussi appelés aiguilles ou crayons. La figure 1 ne représente que trois barreaux 12 combustibles pour réacteur nucléaire dans l'ensemble 10. La partie inférieure d'un barreau 12 est de préférence fixée à
35 un organe 14 de support dans l'ensemble 10. Seule l'extrémité inférieure du barreau 12 est représentée sur la figure 1. Comme cette dernière est une coupe, le tube 16 formant

un conduit pour l'ensemble combustible, est aussi indiqué. Les parois 18 de l'ensemble formé par le blindage et la buse d'entrée forment un canal afin que le fluide de refroidissement puisse remonter dans l'espace délimité entre
5 les barreaux combustibles avant de s'échapper à la partie supérieure de l'ensemble.

La partie inférieure du barreau combustible 12 est fixée à la partie supérieure 22a d'un capuchon de verrouillage. La partie médiane 22b du capuchon relie la partie supérieure 22a à un tronçon 22c de transition. La partie inférieure 22b forme une douille et la partie supérieure est raccordée à la partie médiane par le tronçon 22c de transition. Dans des applications particulières, deux ou plusieurs parties adjacentes du capuchon de verrouillage
15 peuvent être formées de matières différentes, en fonction des critères relatifs fixés par les caractéristiques de rotation et de fixation. La partie inférieure 22b formant la douille du capuchon est fixée rigidement à une bande 24 de verrouillage. La figure 1 est une coupe de la bande
20 de verrouillage qui est avantageusement élargie afin qu'elle permette la fixation de barreaux combustibles supplémentaires devant et derrière ceux qui sont représentés sur la figure 1. Une barre 26 fixe la bande 24 à l'organe 14 de support.

La figure 2 représente le capuchon 22 de verrouillage plus en détail. La partie inférieure 22d de ce capuchon se termine par des doigts 24a et 24b placés en regard et délimitant entre eux une douille 25. De préférence, deux doigts délimitent la douille 25. Ces doigts en porte-à-faux peuvent s'écarter en fléchissant. Ils sont élastiques
30 si bien qu'ils reviennent élastiquement vers leur position d'origine lorsque la force qui les fait fléchir diminue. La douille 25 a un corps 26, une gorge 28 et une embouchure 30. Le corps 26 se rétrécit vers la gorge 28, le long d'un tronçon évasé ou chanfreiné 32 qui facilite le désaccouplement. De manière analogue, l'embouchure 30 se rétrécit vers la gorge 28 le long d'un tronçon chanfreiné ou évasé 34 qui facilite l'accouplement.
35

Le capuchon de verrouillage est réutilisable si bien que le barreau combustible peut être fixé sur l'organe de support et retiré de celui-ci de façon répétée. De préférence, le capuchon de verrouillage est fixé au barreau combustible et la bande de verrouillage à l'organe de support. Cependant, le capuchon peut être fixé à l'organe de support et la bande au barreau combustible. Le corps 26 a des surfaces sensiblement planes ou plates pratiquement parallèles à l'axe longitudinal de la douille. De cette manière, la rotation avec un prolongement de la bande de verrouillage de configuration analogue est évitée. Plusieurs barreaux combustibles de préférence, ayant chacun un capuchon de verrouillage, sont fixés à une seule bande élargie de verrouillage, avec des grilles d'espacement ou des enroulements de fils utilisés pour le réglage du positionnement. Un réacteur nucléaire a en général deux organes parallèles distants 14 de support, chacune des nombreuses bandes élargies de verrouillage du réacteur étant portée à ses deux extrémités par un organe 14 de support. Le tronçon évasé 34 qui facilite l'accouplement est en général plan afin qu'il facilite la fixation. Il est avantageux que le tronçon évasé 34 qui facilite l'accouplement ait un évasement plus progressif que celui du tronçon évasé 32 qui facilite le désaccouplement, si bien que la force de désaccouplement nécessaire à l'enlèvement est supérieure à la force d'accouplement nécessaire à la fixation.

La figure 3 représente la bande de verrouillage. Celle-ci, qui porte la préférence 24, a un prolongement 36. Ce dernier a un tronçon supérieur 36a qui a avantageusement une forme convexe permettant une fixation plus commode, un tronçon médian 36b ayant des surfaces sensiblement planes qui sont sensiblement parallèles à l'axe longitudinal de la douille afin qu'elles participent à l'inhibition de la rotation lorsque le prolongement est fixé à la douille, et un tronçon inférieur 36c. Le prolongement a une configuration telle qu'il assure un raccordement rigide à tout moment à l'intérieur du corps 26 de la douille. Etant donné

les effets de relaxation d'organes précontraints provoqués par une irradiation, il est avantageux qu'une connexion rigide soit assurée lorsque les doigts sont relaxés (c'est-à-dire sans aucun fléchissement). De préférence, le pro-
5 longement a une forme telle qu'il remplit la zone du corps de la douille lorsque le prolongement est fixé à celle-ci.

Le tronçon médian et plan 36b du prolongement de la bande de verrouillage est en butée contre le corps
10 sensiblement plan 26 de la douille afin que la rotation ne soit pas possible.

Lorsque le barreau combustible doit être fixé à l'organe de support, il est abaissé juste au-dessus de cet organe. Il est alors abaissé jusqu'à ce que le tronçon
15 évasé 34 du capuchon, facilitant l'accouplement, soit au contact du tronçon supérieur 36a du prolongement de la bande de verrouillage. Le barreau combustible est alors poussé sur la bande de verrouillage par application d'une force d'accouplement suffisante pour que les doigts 24a et 24b
20 du capuchon s'écartent ou fléchissent, avec élargissement de la gorge 28 de la douille, permettant ainsi le passage du prolongement 36 dans le corps 26 de la douille. Après introduction totale, les doigts du capuchon reviennent élastiquement vers leur position d'origine et de préférence
25 jusqu'à cette position, si bien que le barreau combustible est fixé de façon rigide à l'organe de support.

Lorsque le barreau combustible est fixé à l'organe de support, dans un mode de réalisation avantageux, la rotation relative du capuchon et de la bande est évitée par coopé-
30 ration des surfaces planes du tronçon médian 36b du prolongement et du corps 26 de la douille. Cependant, l'empêchement de la rotation du barreau combustible n'est pas forcément souhaitable dans toutes les applications du dispositif, par exemple dans certaines conditions de vérifica-
35 tion, le barreau combustible étant alors monté sur le capuchon de manière qu'il puisse tourner ou le capuchon étant monté sur la bande de manière qu'il puisse tourner.

Le barreau combustible fixé est retiré de l'organe de support par application d'une force de désaccouplement destinée à séparer le capuchon de la bande de verrouillage. Lorsque cette force est appliquée, la partie inférieure

5 36c du prolongement de la bande coopère avec la partie évasée 32 de la douille afin que les doigts du capuchon s'écartent ou fléchissent et élargissent la gorge de la douille en permettant l'enlèvement du prolongement de celle-ci. Les doigts reviennent ensuite élastiquement vers leur

10 position d'origine.

Le capuchon et la bande de verrouillage sont destinés à être utilisés de façon répétée. De préférence, les parties évasées ont une forme telle que décrit précédemment qui nécessite une plus grande force pour l'enlèvement que

15 pour la fixation.

Un autre dispositif de fixation amovible d'un barreau de combustible pour réacteur nucléaire à un organe de support peut comprendre une bande de verrouillage formée de matière permettant la compression du prolongement de

20 la bande en direction transversale, avec retour élastique vers la position d'origine lorsque la force de compression est réduite. La figure 4 représente un exemple de configuration de bande éventuelle de verrouillage 40 permettant une compression transversale, ayant des parties évasées 42 facilitant le désaccouplement. Un tel dispositif a aussi une

25 variante de capuchon 50 de verrouillage destiné à coopérer avec la bande 40 et permettant ainsi une connexion rigide, ce capuchon étant représenté sur la figure 5. Ce capuchon 50 est formé d'une matière formant des doigts sensiblement

30 rigides et non de doigts élastiques. Ainsi, pendant la fixation, les doigts ne s'écartent pas, mais la bande 40 se comprime transversalement et permet l'introduction de son prolongement 44 dans la douille du capuchon. De préférence, la connexion rigide est assurée lorsque la force de compression est supprimée et lorsque le prolongement reprend sa

35 forme d'origine. L'enlèvement d'un barreau combustible fixé à un organe de support, est réalisé de manière analogue,

par application d'une force de traction. Dans ce mode de réalisation, le capuchon de verrouillage peut être fixé au barreau combustible et la bande à l'organe de support, ou le capuchon peut être fixé à l'organe de support et la
5 bande au barreau combustible.

En résumé, l'utilisation d'une douille pouvant fléchir élastiquement et/ou d'un prolongement compressible transversalement, ayant des formes facilitant l'accouplement et la désaccouplement et permettant une fixation rigide
10 du prolongement sur la douille, permet la fixation amovible d'un barreau de combustible pour réacteur nucléaire sur un organe de support, dans un dispositif réutilisable, par fixation d'un capuchon de verrouillage comprenant la douille au barreau combustible (ou à l'organe de support), et par
15 fixation d'une bande de verrouillage ayant le prolongement à l'organe de support (ou au barreau combustible). Le dispositif de fixation et d'enlèvement de barreaux combustibles pour réacteur nucléaire est alors réutilisable, peu coûteux et de mise en place et d'enlèvement rapides par application
20 de forces de poussée et de traction.

Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art aux dispositifs qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de fixation amovible d'un barreau combustible pour réacteur nucléaire sur un organe de support, caractérisé en ce qu'il comporte un capuchon réutilisable (22) de verrouillage fixé au barreau combustible et ayant des doigts élastiquement déformables (24a, 24b) formant une douille (25) ayant un corps (26), une gorge (28) et une embouchure (30), la douille ayant un tronçon évasé (32) qui se rétrécit et facilite le désaccouplement, formé entre le corps et la gorge, et un tronçon évasé (34) qui se rétrécit et facilite l'accouplement, entre l'embouchure et la gorge, et une bande réutilisable (24) de verrouillage fixée à l'organe de support et ayant un prolongement (36) qui coopère avec le corps de la douille, le prolongement ayant une partie supérieure (36a) qui, lors de l'application d'une force d'accouplement, coopère avec le tronçon évasé (34) facilitant l'accouplement et fait fléchir les doigts afin que la gorge s'élargisse et loge le prolongement dans le corps de la douille, le prolongement ayant une partie inférieure (36c) qui, lors de l'application d'une force de désaccouplement, coopère avec le tronçon évasé (32) facilitant le désaccouplement et fait fléchir les doigts afin que la gorge s'élargisse et permette l'enlèvement du prolongement hors du corps de la douille.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le prolongement (36) de la bande de verrouillage coopère avec le corps (26) de la douille lorsque les doigts (24a, 24b) sont en position relaxée.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que
- la douille a un axe longitudinal, et son corps (26) a des surfaces sensiblement planes de doigts empêchant une rotation et sensiblement parallèles à l'axe longitudinales, et
 - le prolongement (36) a une partie médiane (36b) ayant des surfaces sensiblement planes, sensiblement parallèles à l'axe longitudinal et qui coopèrent avec les surfaces

sensiblement planes des doigts, empêchant la rotation, lorsque le prolongement est fixé à la douille et lorsqu'un couple est appliqué.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un capuchon supplémentaire de verrouillage (22) fixé à un barreau combustible supplémentaire, et les capuchons de verrouillage (22) ont chacun deux doigts (24a, 24b), la bande de verrouillage (24) ayant un prolongement élargi (36) qui coopère aussi avec le capuchon supplémentaire de verrouillage.
5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le tronçon évasé (34) facilitant l'accouplement a des surfaces sensiblement planes formées par les doigts.
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la partie supérieure (36a) du prolongement a une forme convexe et, lors de l'application d'une force d'accouplement, coopère avec le tronçon évasé (32) facilitant l'accouplement.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le prolongement (36) remplit pratiquement la douille lorsqu'il est fixé à celle-ci.
8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le tronçon évasé (34) facilitant l'accouplement a une dimension variant plus progressivement que celle du tronçon évasé (32) facilitant le désaccouplement, et la force de désaccouplement est supérieure à la force d'accouplement.
9. Dispositif de fixation amovible d'un barreau combustible pour réacteur nucléaire à un organe de support, caractérisé en ce qu'il comprend
 - un capuchon réutilisable (22) de verrouillage fixé à l'organe de support et ayant des doigts élastiquement déformables en regard (24a, 24b) délimitant une douille ayant un corps (26), une gorge (28) et une embouchure (30), la douille ayant un tronçon évasé (32) qui se rétrécit et qui facilite le désaccouplement du corps et de la gorge, et un tronçon évasé (34) qui se rétrécit, facilitant l'accou-

plement, entre l'embouchure et la gorge,

- une bande réutilisable (24) de verrouillage fixée au barreau combustible et ayant un prolongement (36) qui coopère de façon fixe avec le corps (26) de la douille, 5 le prolongement ayant une partie supérieure (30a) qui, lors de l'application d'une force d'accouplement, coopère avec le tronçon évasé (34) facilitant l'accouplement et écarte les doigts (24a, 24b) en élargissant la gorge afin que le prolongement se loge dans le corps de la douille, le pro- 10 longement (36) comportant en outre une partie inférieure (36c) qui, lors de l'application d'une force de désaccouplement, coopère avec le tronçon évasé (32) facilitant la désaccouplement et fait fléchir les doigts (24a, 24b) afin que la gorge s'élargisse et permette l'enlèvement du pro- 15 longement hors du corps de la douille.

10. Dispositif de fixation amovible d'un barreau combustible pour réacteur nucléaire, sur un organe de support, caractérisé en ce qu'il comprend

- un capuchon réutilisable (50) de verrouillage, 20 fixé au barreau combustible et ayant des doigts en regard qui délimitent une douille ayant un corps, une gorge et une embouchure, la douille ayant aussi un tronçon évasé qui se rétrécit et qui facilite le désaccouplement, entre le corps et la gorge, et un tronçon évasé qui se rétrécit, 25 facilitant l'accouplement et formé entre l'embouchure et la gorge, et

- une bande réutilisable (40) de verrouillage fixée à l'organe de support et ayant un prolongement élastiquement compressible en direction transversale (44) coopé- 30 rant de façon fixe avec le corps de la douille, le prolongement (44), lorsqu'une force d'accouplement est appliquée, coopérant avec le tronçon évasé facilitant l'accouplement afin que le prolongement soit comprimé transversalement et puisse passer dans la gorge vers le corps de la douille, 35 le prolongement, lors de l'application d'une force de désaccouplement, coopérant avec le tronçon évasé facilitant le désaccouplement et étant alors comprimé transversalement

afin qu'il soit retiré du corps de la douille.

11. Dispositif de fixation amovible d'un barreau combustible pour réacteur nucléaire à un organe de support, caractérisé en ce qu'il comprend

- 5 - un capuchon réutilisable (50) de verrouillage fixé à l'organe de support et ayant des doigts en regard délimitant une douille ayant un corps, une gorge et une embouchure, la douille ayant aussi un tronçon évasé qui se rétrécit et qui facilite le désaccouplement, entre le
- 10 corps et la gorge, et un tronçon évasé qui se rétrécit, facilitant l'accouplement, entre l'embouchure et la gorge, et
- une bande réutilisable (40) de verrouillage fixée au barreau combustible et ayant un prolongement élastiquement compressible en direction transversale (44) qui coopère de façon fixe avec le corps de la douille, le prolongement, lorsqu'une force d'accouplement lui est appliquée, coopérant avec le tronçon évasé facilitant l'accouplement afin qu'il soit comprimé transversalement et se
- 20 loge dans le corps de la douille par passage dans la gorge, le prolongement, lorsqu'une force de désaccouplement lui est appliquée, coopérant avec le tronçon évasé facilitant le désaccouplement afin qu'il se comprime transversalement et puisse être retiré du corps de la douille.

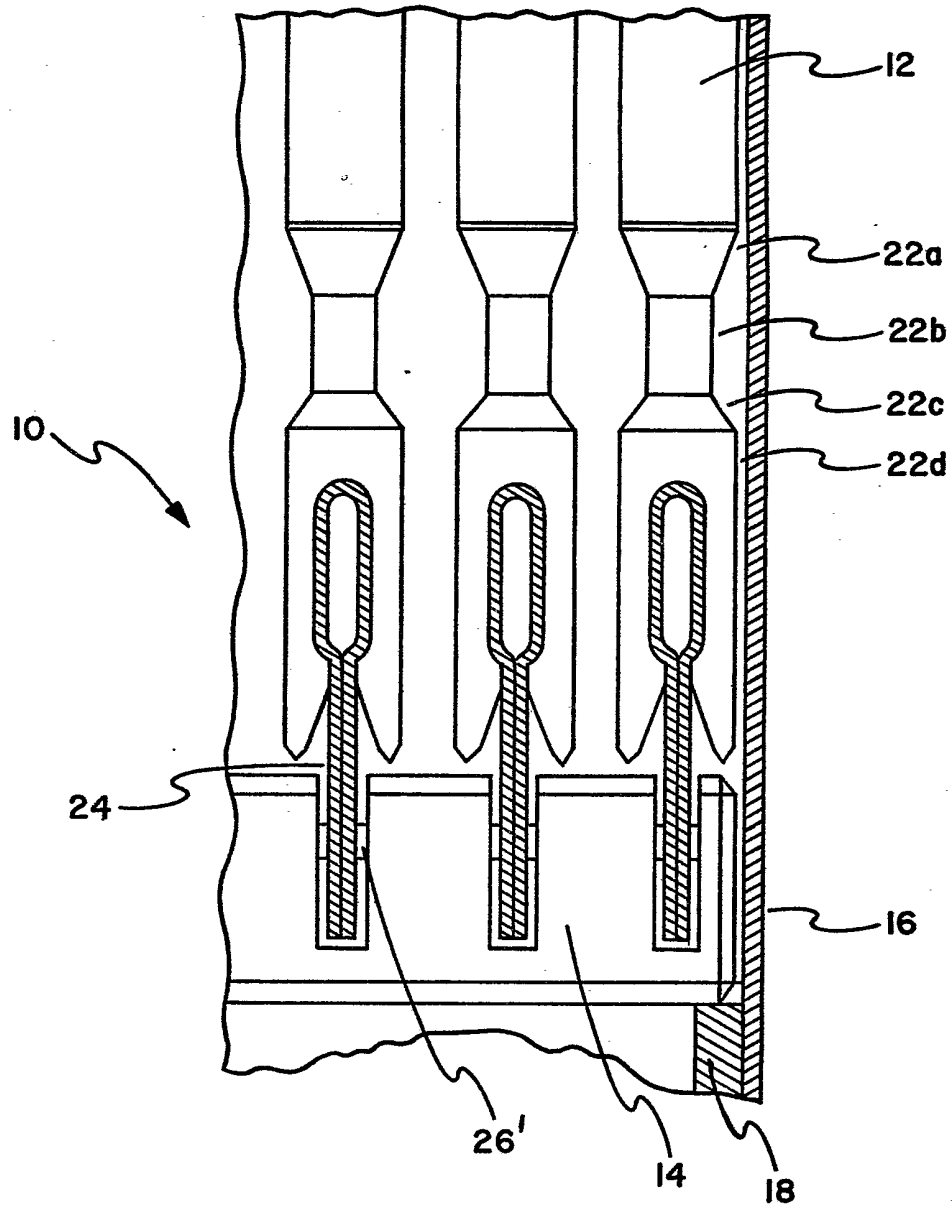


Fig. 1

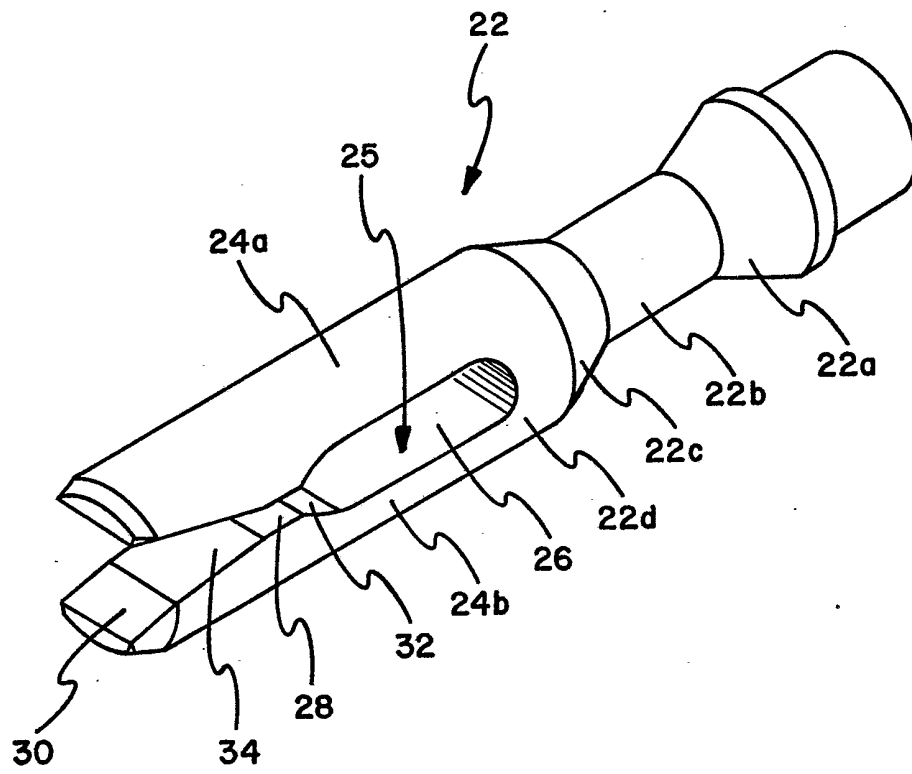


Fig. 2

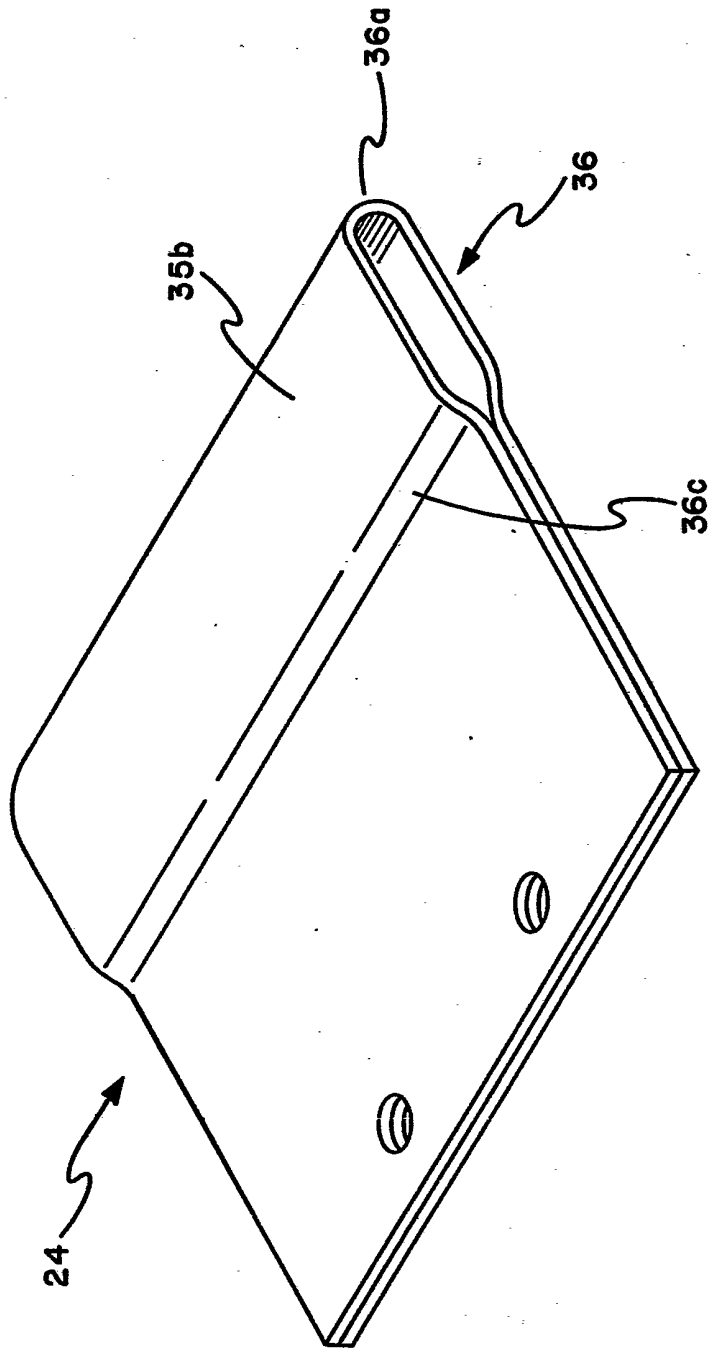


Fig. 3

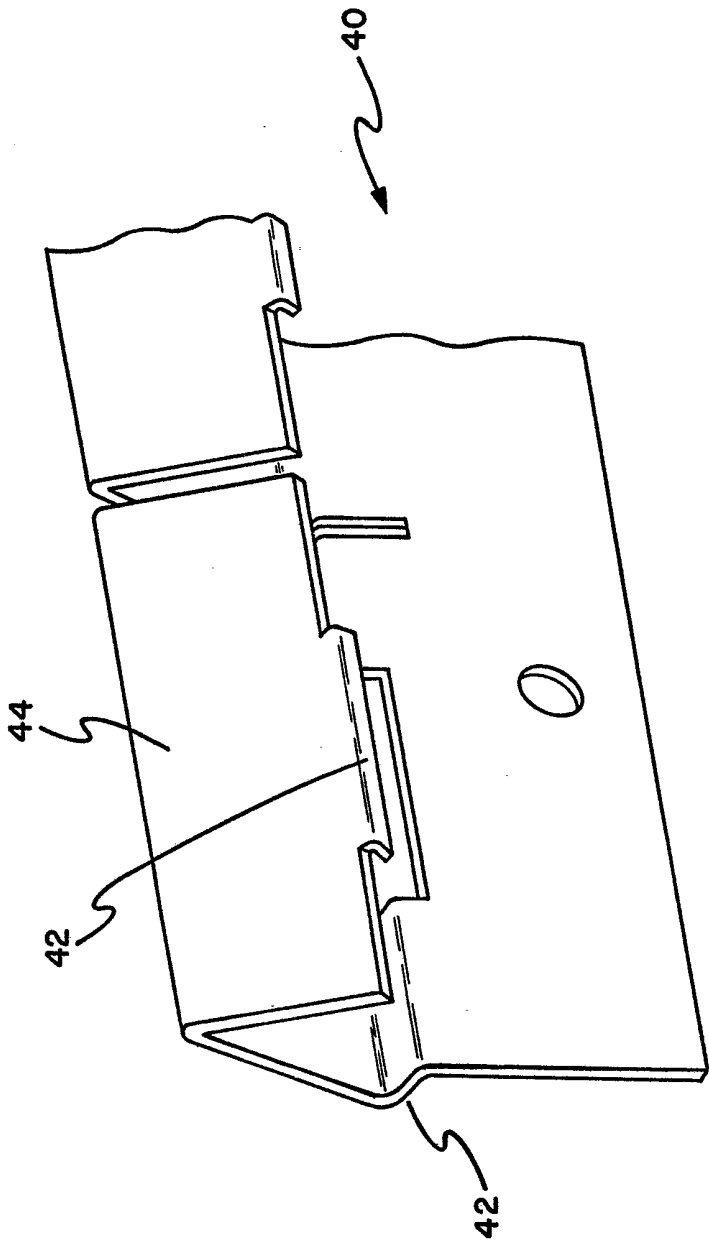


Fig. 4

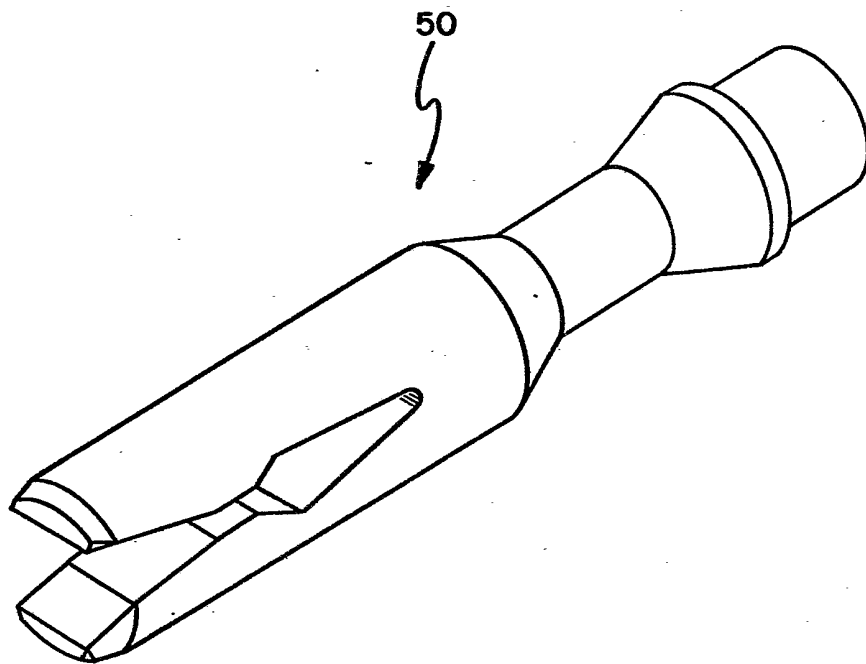


Fig. 5