CH 635 208 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.³: G 21 C 3/32

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT** A5

(11) **635 208**

(21) Gesuchsnummer: 8551/78

(22) Anmeldungsdatum: 11.08.1978

(30) Priorität(en): 07.10.1977 US 840207

(24) Patent erteilt: 15.03.1983

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.03.1983

(73) Inhaber:
The Babcock & Wilcox Company, New York/NY (US)

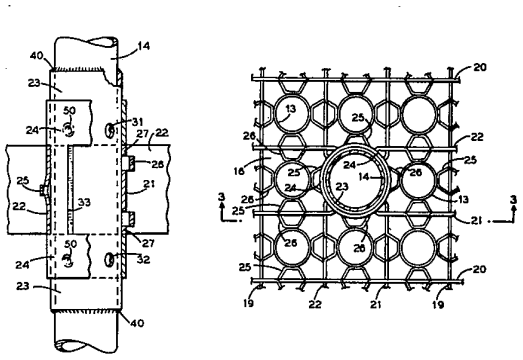
(72) Erfinder:
David W. Christiansen, Kennewick/WA (US)

(74) Vertreter:
Anton J. Willi, Thalwil

(54) Vorrichtung zur Verhinderung von Distanzhalterbewegungen in einem nuklearen Brennstoffbündel.

(57) Die Vorrichtung besitzt Führungsrohrmuffen (23), die das Führungsrohr (14) innerhalb und teilweise ausserhalb der Führungsrohrzelle (30) umhüllen. Jede einer Vielzahl von Manschetten (24) ist mit Schlitzen (33) versehen, durch die sich Rasterplatten (19, 20, 21, 22) erstrecken, wobei diese Platten fest mit der Manschette verbunden sind. Die Führungsrohrmuffen sind mit Öffnungen (31) versehen, in die sich die Manschetten flanschartig erstrecken, so dass jede Manschette fest mit einer Führungsrohrmuffe verbunden ist.

Es werden so Distanzhalter gebildet, die in ihren Lagen festgehalten werden, ohne dass ihre Parallelanordnung innerhalb des Elementenbündels gestört oder ein Verbiegen des Brennstabes verursacht wird.



PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Verhinderung von Distanzhalterbewegungen in einem nuklearen Brennstoffbündel, bestehend aus einer Vielzahl sich vertikal erstreckender Brennelemente und Führungsrohren, die von mindestens einem gitterförmigen Distanzhalter, der aus mehreren sich schneidenden, mit Schlitzen versehenen Rasterplatten besteht, in seitlichem Abstand gehalten werden, wobei die Rasterplatten Zellen zur Aufnahme der Brennelemente und Führungsrohre bilden, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung aus Führungsrohrmuffen (23), die das Führungsrohr (14) innerhalb und teilweise ausserhalb der Führungsrohrzelle (30) umhüllen, sowie aus einer Vielzahl von Manschetten (24) und aus Einrichtungen zur vollständigen, festen Verbindung jeder Manschette (24) mit einer entsprechenden Führungsrohrzelle (30) und aus Einrichtungen zur Verbindung jeder Manschette (24) mit einer Führungsmuffe (23) besteht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen zur vollständigen, festen Verbindung jeder Manschette (24) mit einer entsprechenden Führungsrohrzelle (30) Manschetten mit mindestens einem Schlitz (33) vorsehen, durch den sich eine Rasterplatte (19, 20, 21, 22) erstreckt, wobei die Manschette (24) mit der Rasterplatte (19, 20, 21, 22) fest verbunden ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen zur Verbindung der Manschetten (24) mit einer Führungsrohrmuffe (23) eine Muffe mit mindestens einer Öffnung (31) vorsehen und die Manschette (24) sich teilweise flanschartig in die Öffnungen (31) erstrecken.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verhinderung von Distanzhalterbewegungen in einem nuklearen Brennstoffbündel, bestehend aus einer Vielzahl sich vertikal erstreckender Brennelemente und Führungsrohren, die von mindestens einem gitterförmigen Distanzhalter, der aus mehreren sich schneidenden, mit Schlitzen versehenen Rasterplatten besteht, in seitlichem Abstand gehalten werden, wobei die Rasterplatten Zellen zur Aufnahme der Brennelemente und Führungsrohre bilden.

Bei wassergekühlten, heterogenen Kernreaktoren umfasst der Reaktorkern, in dem die Spaltung in ununterbrochener Kettenreaktion abläuft, gewöhnlich eine Anordnung von Elementbündeln gleicher Bauweise, die an jeder Stelle des Reaktorkerns untereinander mechanisch ausgetauscht werden können. Die Elementbündel sind so konstruiert, dass ausreichende Stabilität bei Aufheizung, Abkühlung, Abschaltung und Betrieb bei voller Leistung des Reaktors gewährleistet ist, einschliesslich ungünstigster Betriebsbedingungen, die im Laufe der Lebenszeit des Reaktors auftreten können. Beim Bau solcher Elementenbündel für den Kernbetrieb sind besonders die Einflüsse strömungsbedingter Vibrationen, Temperaturänderungen und seismischer Störungen, sowohl konstanter als auch momentanter Art in Betracht zu ziehen.

Jedes Elementenbündel umfasst dünne, längliche Brennelemente, eine Anzahl gitterförmiger Distanzhalter, Führungsrohre, ein Rohr zur Aufnahme der Instrumente und Endhalterungen.

Die vielfach verwendeten, als Brennstäbe bekannten Brennelemente enthalten zylindrische UO_2-Brennstofftabletten, die in dünnwandigen Rohren übereinander gestapelt angeordnet sind, wobei jedes Rohrende eine Federn enthaltende Endkammer aufweist und mit Endverschlüssen oder Pfropfen verschlossen ist. Die Brennstabhülle besteht aus einem Material, wie z.B. einer Zirkoniumlegierung, das einen kleinen Einfangsquerschnitt für Neutronen aufweist. Jeder Brennstab kann die durch Spaltung erzeugte Wärme an ein zirkulierendes Kühlmittel abgeben, während die Spaltprodukte und das Ausgangsmaterial zurückgehalten werden. Die Brennstäbe müssen den Einflüssen von Temperaturwechsel, Abgabe von Spaltgas an die Stabendkammer, Brennstoffverdichtung, Zerbrechen und Verschieben der Brennstofftabletten, mechanischen Wechselwirkungen zwischen Tabletten und Hülle sowie durch Korrosion oder Strahlung verursachten Veränderungen der mechanischen Eigenschaften der Hülle standhalten.

Je nach Lage des Elementenbündels im Reaktorkern wird eine Anzahl von länglichen, zylindrischen Führungsrohren, die parallel zu den Brennstäben angeordnet sind, als durchgehende Hülle zur Führung von Kontrollstäben, Stäben zur Beeinflussung der Leistungsverteilung in Axialrichtung, noch verwendbaren, teilverbrauchten Stäben und offenen Stäben verwendet. In den Führungsroh ren, deren Durchmesser gewöhnlich grösser ist als jener der Brennstäbe, bleibt genügend Spielraum für das Durchfliessen des Kühlmittels frei, um die Betriebstemperatur des Absorbiermaterials einzuschränken und ein Einschieben und Herausziehen der Stäbe innerhalb der Führungsrohre zu ermöglichen, wie es in allen Phasen des Reaktorbetriebes erforderlich ist.

Die Brennstäbe und Führungsrohre werden in quadratischer Anordnung, in Abständen an ihren Längsseiten von gitterförmigen Distanzhaltern getragen, die die Seitenabstände zwischen diesen Bestandteilen bestimmen. Die Distanzhalter bestehen im allgemeinen aus einer Vielzahl geschlitzter, rechteckiger Rasterplatten, die ähnlich wie beim Eirost einander schneiden und ineinandergreifen und so Zellen bilden, durch die die Brennstäbe und Führungsrohre laufen. Die Rasterplatten weisen eingeschnittene Bereiche auf, die sich seitlich und im wesentlichen senkrecht zu den Längsachsen der Brennstäbe in jene Zellen erstrecken, die die Brennstäbe aufnehmen und tragen.

Die Distanzhalter gewährleisten den notwendigerweise genau vorgegebenen Abstand zwischen den Brennstäben, um Neutronenflussspitzen und Stellen mit ungewöhnlich hoher Temperatur («Heisspunkte») zu vermeiden, die ein Durchbrennen, d.h. schwere, örtlich begrenzte Schäden an den Brennstäben, verursachen können. Die Distanzhalter gewährleisten die mechanische Stabilität, die Verformungen ausschliesst, die durch flussbedingte Erschütterungen, Druckunterschiede und Wärmebeanspruchung verursacht werden können. Es muss jedoch ein Gleichgewicht hergestellt werden zwischen der Anzahl der Distanzhalter einerseits, die das Brennelement im Reaktorkern tragen und der Notwendigkeit andererseits, die Menge des verwendeten Trägermaterials, das unerwünschte Neutronenabsorption fördert, so klein wie möglich zu halten. Das Kühlmittel, das durch die Abstände zwischen den Brennstäben fliesst, muss zur Ableitung der Spaltwärme ausreichen. Der Abstand zwischen den Brennstäben ist ziemlich klein und liegt im Bereich von 0,38 cm. So beeinflussen beginnende Abweichungen von den Sollabständen, Hüllenverformungen, Oberflächenrauhigkeit und Verziehen deutlich die Verteilung des Kühlmittelflusses um die Brennstäbe herum und kann in den Kanälen zu örtlich auftretender Reduzierung des Kühlmittelflusses führen, wodurch an diesen Stellen eine Erhöhung der Oberflächentemperatur der Brennstäbe verursacht wird. Es ist daher ausserordentlich wichtig, dass die Distanzhalter während der gesamten Lebensdauer eines Elementenbündels unbeweglich bleiben.

In bekannten Ausführungen wurden zahlreiche Mittel verwendet, um Distanzhalterbewegungen zu begrenzen. So wurde z.B. der Wanddurchmesser der Führungsrohre geflanscht und in die Oberflächen der diese einfassenden Muffen eingepresst, die neben jedem Ende der Rasterplatten eines Distanzhalters angebracht sind. Das Ziehen beim Verflanschen hat jedoch ein Verziehen der Führungsrohre und Rasterplatten zur Folge, wodurch 1. Veränderungen der parallelen Anordnung der Distanzhalter und 2. Verbiegungen der Brennelemente verur-

sacht werden. Versuche, die Distanzhalterbewegung durch direktes Anschweissen der Führungsrohre an die Rasterplatten zu begrenzen, machten es schwierig, die parallele Anordnung beizubehalten.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Distanzhalter der eingangs beschriebenen Art so zu verbessern, dass sie in ihrer Lage festgehalten werden können, ohne dass die parallele Anordnung der einzelnen Distanzhalter innerhalb des Elementenbündels gestört wird oder ein Verbiegen des Brennstabes verursacht wird.

Dies wird erfindungsgemäss dadurch erreicht, dass die Vorrichtung aus Führungsrohrmuffen, die das Führungsrohr innerhalb und teilweise ausserhalb der Führungsrohrzelle umhüllen, sowie aus einer Vielzahl von Manschetten und Einrichtungen zur vollständigen, festen Verbindung jeder Manschette mit einer entsprechenden Führungsrohrzelle und aus Einrichtungen zur Verbindung jeder Manschette mit einer Führungsrohrmuffe besteht.

Jedes Führungsrohr ist beispielsweise mit einer Anzahl von in Längsabständen zueinander angeordneten Muffen versehen, die durch Schweissen oder durch ein ähnliches Verfahren damit verbunden sind und die das Führungsrohr in und neben den zellenförmigen Öffnungen der Distanzhalter umgrenzen, in denen sich die Führungsrohre befinden. Manschetten sind vorgesehen, die maschinell angebrachte Schlitze aufweisen, die zwischen jeder Manschette und der entsprechenden Distanzhalterzeile eine feste Verbindung herstellen und mit jeder Zelle fest verbunden sind. Die Muffen weisen an jenen Stellen Öffnungen auf, die über die Rasterplatten hinausstehen. Daher begrenzen im zusammengebauten Zustand die Manschetten der Rasterplatten im allgemeinen die Muffenabschnitte der Führungsrohre.

Die Führungsrohre sind an den Distanzhaltern befestigt, um Bewegungen der Distanzhalter zu verhindern, wobei jene Abschnitte der Manschetten, die neben den Öffnungen der Muffe liegen, sich flanschartig in die Öffnungen hineinerstrekken. Daher sind die Führungsrohre mit den Distanzhaltern fest verbunden, ohne dass ein Schweissen oder Löten notwendig ist oder Verformungen der Führungsrohre verursacht werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren der Zeichnung in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erläutert; es zeigen:

Fig. 1 teilweise aufgerissen, ein Elementenbündel in Ansicht,

Fig. 2 vergrössert die Teilansicht eines Elementenbündelabschnittes von Fig. 1 im Schnitt,

Fig. 3 eine Seitenansicht entlang der Linie III–III von Fig. 2 im Schnitt,

Fig. 4 die Muffe eines Führungsrohres in Ansicht,

Fig. 5 eine Distanzhaltermanschette in Ansicht,

Fig. 6 eine Ansicht wie Fig. 3, wobei Teile zum Zwecke der klareren Darstellung weggelassen wurden,

Fig. 7 eine vergrösserte Ansicht eines Elementenbündelabschnittes von Fig. 2 im Schnitt,

Fig. 8 eine Ansicht entlang der Linie 8–8 von Fig. 5, und Fig. 9 eine weitere Ansicht von Fig. 2, wobei eine Anzahl von Brennelementen, die Führungsrohre und deren Muffen zum Zwecke der klareren Darstellung weggelassen wurden.

Fig. 1 zeigt ein Elementenbündel 10, dessen Längsachse sich in vertikaler Ebene erstreckt und das untere Endhalterungen 11, obere Endhalterungen 12, eine Vielzahl von länglichen zylindrischen Brennelementen 13, hohle zylindrische Führungsflächen 14 und gitterförmige Distanzhalter 15 umfasst. Die Brennelemente 13 und die Führungsrohre 14 sind mit seitlichem Abstand zueinander angeordnet und werden in quadratischer Anordnung parallel zueinander, in Längsabständen von gitterförmigen Distanzhaltern 15 gehalten. Die Enden der Führungsrohre 14 sind mit den unteren und oberen Endhalterungen mechanisch verbunden.

Die Fig. 2 und 3 zeigen genauer einen Abschnitt des Elementenbündels 10, die Brennelemente 13 und ein Führungsrohr 14, Rasterplatten 19, 20, 21, 22, eine Führungsrohrmuffe 23 und eine Manschette 24 in erfindungsgemässer Anordnung.

Die Rasterplatten 19, 20, 21, 22 sind geschlitzte, rechteckige Teile. Wie aus den Fig. 2 und 3 ersichtlich, weisen die Rasterplatten eingeschnittene Bereiche 25 und 26 auf, wobei der Bereich 25 elastisch und der Bereich 26 starr ist. Diese Bereiche 25 und 26 bilden Vorsprünge entlang der Länge und Breite der Rasterplatten.

Bei den Rasterplatten 21, 22 sind im Anschluss an ihre Längskanten weiters in alternierenden Abständen eingewölbte Flächen 27 (Fig. 9) vorgesehen. Die Öffnungen 28 ermöglichen das Einführen von Werkzeugen, die nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind und zum Zerlegen und Zusammenbau der Elementbündel und zur Erreichung der relativen Elastizität der elastischen eingeschnittenen Bereiche verwendet werden, die sich auf den Platten zwischen den Öffnungen befinden.

Wie in Fig. 4 gezeigt, ist die Führungsmuffe 23 ein Hohlzylinder, der an seinem Umfang in Abständen mit eine Vielzahl von Öffnungen 31 versehen ist, die in Längsabständen von Öffnungen 32, die in derselben Art wie die Öffnungen 31 angeordnet sind, angebracht sind.

Die Fig. 5 und 8 zeigen eine zylindrische Manschette 24, die im dargestellten Ausführungsbeispiel vier, in der Mitte angeordnete Längsschlitze 33 aufweist, die am Umfang zwischen den Endabschnitten 34, 35 um 90° zueinander versetzt angebracht sind.

Wie Fig. 9 am deutlichsten zeigt, greifen die Rasterplatten 19, 20, 21, 22 in der Art eines Eirostes ineinander ein und bilden so eine Vielzahl von Zellen 16, wobei die vier Seiten jeder Zelle von einem Abschnitt der Rasterplatten begrenzt werden, der einen elastischen eingeschnittenen Bereich 25 oder starre eingeschnittene Bereiche 26 aufweist, die sich in den Zellen 16 erstrekken und weiters eine Führungsrohrzelle 30. Die vier Seiten der Führungsrohrzelle 30 werden von jenen Abschnitten der Rasterplatten 21, 22 begrenzt, die die eingewölbten Flächen 27 aufweisen. In jeder Brennelementzelle 16 erstreckt sich ein elastischer, eingeschnittener Bereich 25, der dem starren, eingeschnittenen Bereich 26 gegenüberliegt, der sich von der gegenüberliegenden Seite der Zelle 16 oder deren Rand in dieselbe Zelle erstreckt.

Eine Manschette 24 ist mit dem Inneren des Distanzhalters 15 im Bereich jeder Zelle 30 fest verbunden, indem die Rasterplatten 21, 22 am Umfang durch die Schlitze 33 führen (Fig. 5). Im dargestellten Ausführungsbeispiel (Fig. 2 und 9) hat die Manschette 24 einen solchen Durchmesser, dass die Endabschnitte 34, 35 in Längsrichtung mit einem Teil, nämlich dem Scheitel zwischen den höchsten Punkten der eingewölbten Flächen 27 der Rasterplatten 21, 22, die sich durch die Schlitze 33 erstrecken, fluchten. Daher weisen die Distanzhalter 15 eine Vielzahl von mechanisch zusammengebauten, miteinander fest verbundenen Platten 19, 20, 21, 22 und Manschetten 24 auf.

Wie aus den Fig. 2 und 9 ersichtlich, enthält jede Zelle 16 ein Brennelement 13 und die Zelle 30 das Führungsrohr 14. Die eingeschnittenen Bereiche 25, 26 ragen über die Oberflächen der Rasterplatten hinaus in die Zellen 16, um die Brennelemente zu tragen. Die eingewölbten Flächen 27 jener Abschnitte der Platten 21, 22, die an jede Zelle 30 grenzen, vervollständigen die zylindrische Form der Führungsrohre 14 und erleichtern so die Ausrichtung der Führungsrohre mit den Zellen 30. Ein elastischer eingeschnittener Bereich fluchtet im allgemeinen in Längsrichtung mit zwei starren, eingeschnittenen Bereichen an den gegenüberliegenden Flächen jeder Rasterplatte 20, 21, 22, 23. In den Zwischenräumen, in denen sich die eingewölbten Flächen 27 befinden, sind elastische oder starre, eingeschnittene Bereiche nur auf der der eingewölbten Flächen gegenüberliegenden Plattenfläche angebracht, d.h. gegenüber den Führungsrohrzellen.

Jede Führungsrohrmuffe 23 ist koaxial über die Führungs-

rohre 14 gestülpt und mit diesen im Bereich 40, wie in Fig. 6 abgebildet, in Längsabständen an den Distanzhaltern verschweisst.

Dadurch werden die Rohrmuffen ein Bestandteil des Führungsrohres. Im zusammengebauten Brennelement 10 befindet sich jede Muffe 23 in Längsrichtung ungefähr in der Mitte des Distanzhalters 15.

Beim Zusammenbau befinden sich jene Abschnitte der Führungsrohre 14, die die Muffen 23 tragen (Fig. 3), in Längsrichtung ungefähr in der Mitte der Distanzhalter, so dass ein Abschnitt jeder Muffe 23 von einer Manschette 24 umgeben wird. Wie in Fig. 7 gezeigt, wird die Manschette 24 dann im Bereich 50 in die radial angrenzenden Öffnungen 31 oder 32 (nicht abgebildet) der Muffe 23 eingeflanscht. Auf diese Weise wird das Führungsrohr 14 mit dem Distanzhalter 15 fest verbunden, ohne dass direktes Schweissen oder Löten oder eine metallurgische Verbindung dazwischen erforderlich ist. Dadurch werden Abweichungen von der Fluchtung zwischen den Führungsrohren und den Distanzhaltern, die durch Ziehen des Materials verursacht werden, und von der parallelen Anordnung der in Längsabständen angeordneten Distanzhalter, sowie ein Verbiegen des Brennelementes vermieden.

Im Rahmen der Erfindung sind mancherlei Änderungen möglich, z.B. können die Manschetten direkt an den Enden der Führungsrohrzelle angebracht werden, statt sie mit den Rändern der Führungsrohrzelle zu verbinden, weiters können verschiedene Zusammensetzungen, Formen und Lagen der Manschettenschlitze und Muffenöffnungen sowie alternierende Manschetten und Rasterplattenmechanismen verwendet werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

FIG. 1

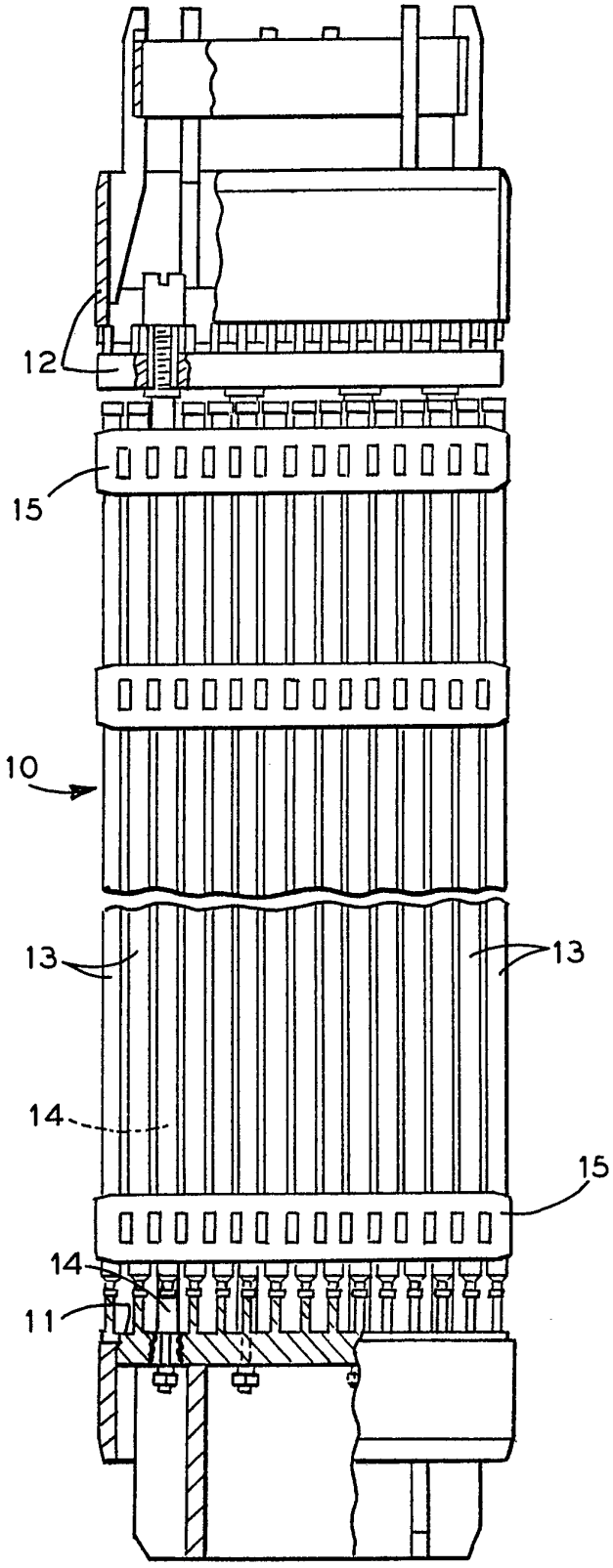


FIG. 2

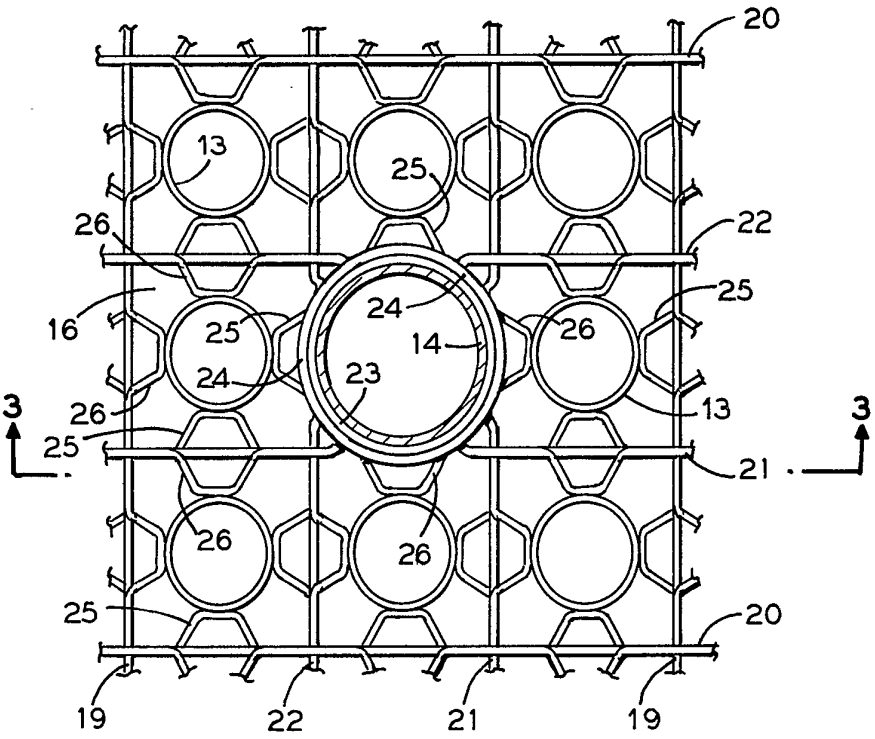

20
13
25
26
22
25
16
24
14
26
25
24
23
3
26
13
3
25
21
26
26
25
20
19
22
21
19

FIG. 3

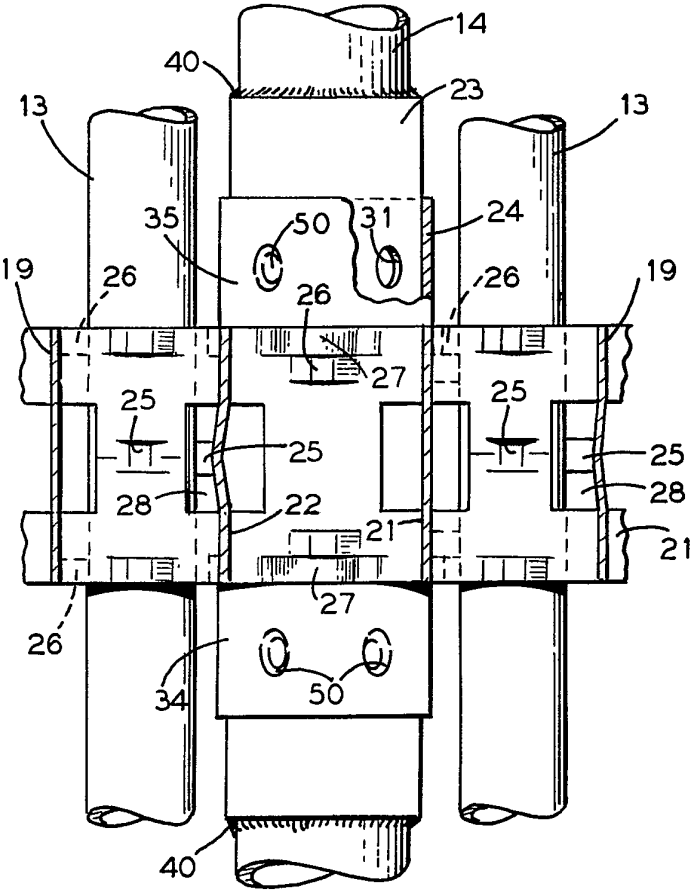

14
40
23
13
13
35
50
31
24
19
26
26
26
19
27
25
25
25
25
28
28
22
21
21
27
26
34
50
40

FIG. 6

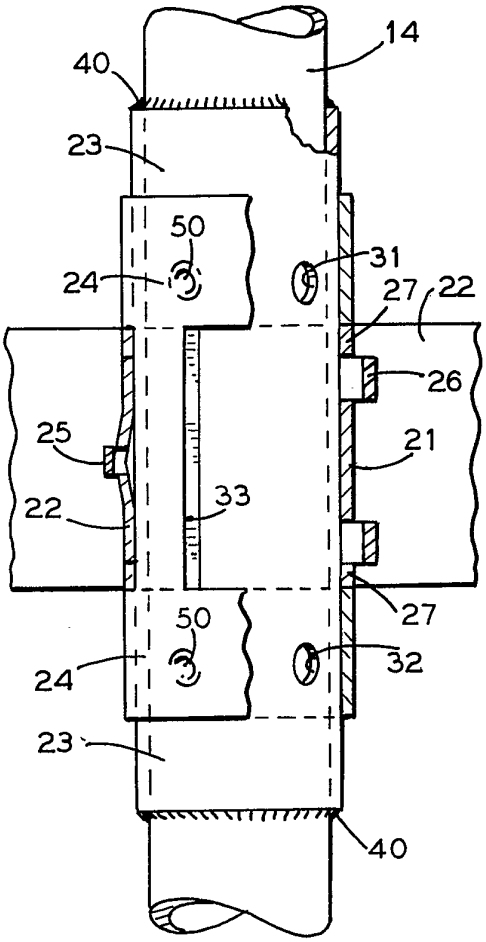


FIG. 7

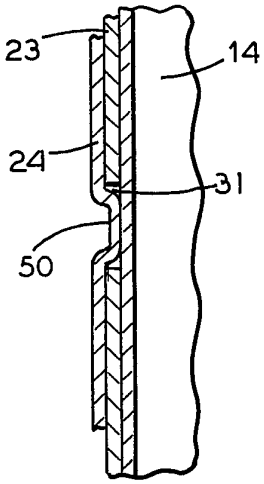


FIG. 8

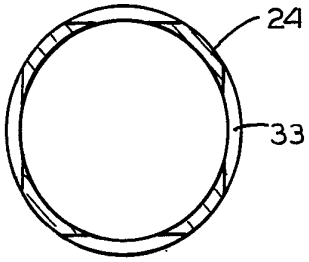


FIG. 5

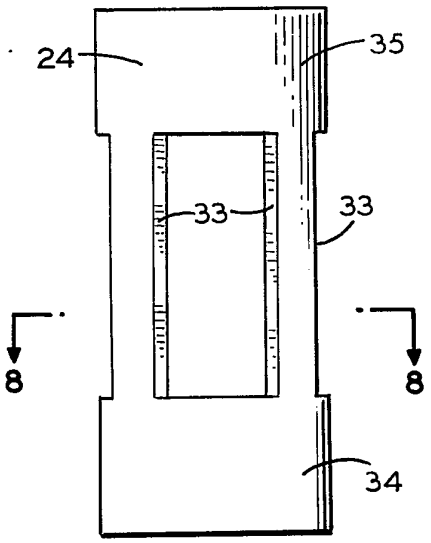


FIG. 4

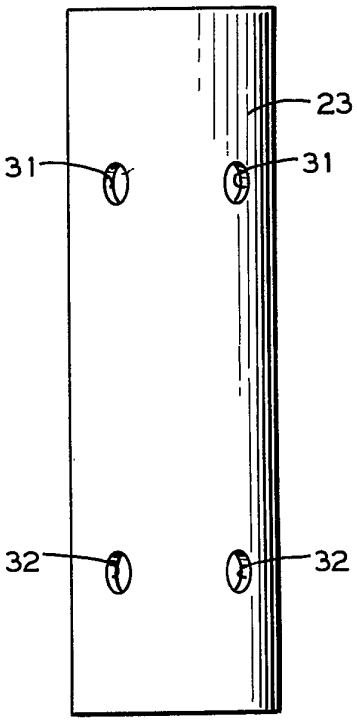
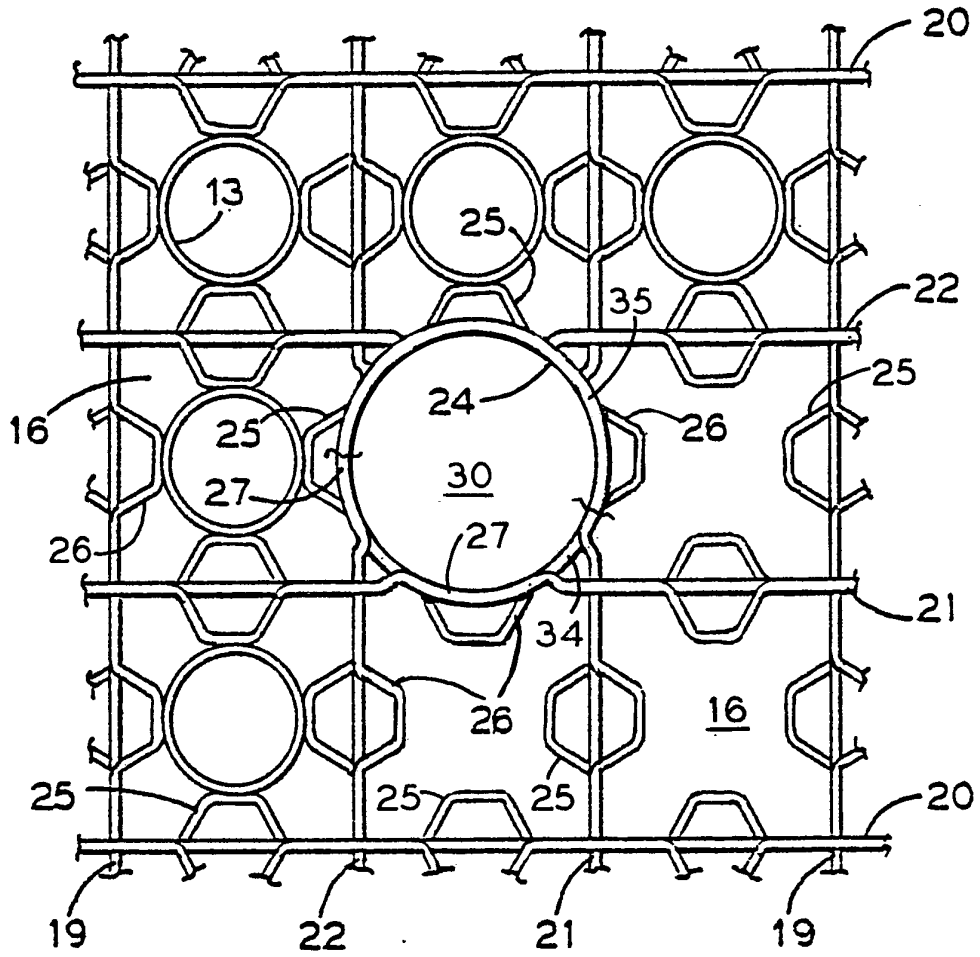


FIG. 9


20
13
25
22
35
25
16
24
26
25
27
30
26
27
21
34
26
16
25
25
25
20
19
22
21
19