

⑤

Int. Cl.: G 21 c, 3/34

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑥

Deutsche Kl.: 21 g, 21/20

⑩

# Offenlegungsschrift 2 326 151

⑪

Aktenzeichen: P 23 26 151.0-33

⑫

Anmeldetag: 23. Mai 1973

⑬

Offenlegungstag: 24. Januar 1974

⑭

Ausstellungspriorität: —

⑳

Unionspriorität

㉑

Datum: 27. Juni 1972

㉒

Land: V. St. v. Amerika

㉓

Aktenzeichen: 266754

㉔

Bezeichnung: Kernreaktor-Brennstoffelementanordnung

㉕

Zusatz zu: 2 326 150

㉖

Ausscheidung aus: —

㉗

Anmelder: Combustion Engineering, Inc., Windsor, Conn. (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG: Marsch, H., Dipl.-Ing.; Sparing, K., Dipl.-Ing.; Pat-Anwälte,  
4000 Düsseldorf

㉘

Als Erfinder benannt: Krawiec, Donald Michael, Enfield;  
Bevilacqua, Frank, Windsor; Conn. (V.St.A.).

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

ORIGINAL INSPECTED

2326151

46/100

Beschreibung zum Patentgesuch

der Combustion Engineering Inc., Windsor, Connecticut  
06095, USA

betreffend

Kernreaktor-Brennstoffelementanordnung  
nach Patent ...

Die Erfindung betrifft eine Kernreaktor-Brennstoffelementanordnung mit einer Vielzahl von parallel in Reihen angeordneten Brennstoffelementen und Einrichtungen zur Abstützung der Brennstoffelemente mit gegenseitigem Abstand zur Ausbildung von Längs-Kühlmittel-Kanälen zwischen diesen, nach Patent ... (Patentanmeldung AZ 46/99 der Anmelderin vom gleichen Tage).

Der Brennstoff oder das spaltbare Material für Kernreaktoren wird üblicherweise in Form von Brennstoffelementen oder Stäben verwendet, die wiederum in den Reaktoren bündelweise gruppiert sind, wobei diese Bündel Brennstoffelementgruppen umfassen, In der Brennstoffelementgruppe ist ein langgestrecktes Stützglied vorgesehen, um die Brennstoffelemente oder Stäbe vertikal abzustützen. Eine Vielzahl von in Längsrichtung mit Abstand angeordneten Gittern erstreckt sich quer zu diesen Abstützungen und ist an diesen befestigt. Die Brennstoffstäbe wiederum erstrecken sich in Parallelanordnung durch Öffnungen in den Gittern und werden vertikal durch den Boden-Endabschnitt der Abstützung abgestützt. Jedes Gitter weist Einrichtungen zum seitlichen Auf-Abstand-Halten der Brennstoffstäbe auf. Die Kernreaktoren weisen eine Vielzahl derartiger Brennstoff-

309884/0434

elementgruppen auf, welche den Reaktorcore bilden. Das flüssige Moderator-Kühlmittel, normalerweise Wasser, fließt durch die Reaktoren in den Kanälen zwischen den Brennstoffelementen nach oben, um die Wärme abzuführen. Für eine detailliertere Beschreibung einer typischen Brennstoffelementgruppe oder Brennstoffelementanordnung dieser Art wird auf die USA-Patentschrift 3 379 619 verwiesen.

Bei den in Betrieb befindlichen Reaktoren werden Einschränkungen der Betriebsmöglichkeiten dadurch hervorgerufen, dass sich an der Oberfläche der Brennstoffelemente ein sogenanntes Filmsieden bildet. Dieses Phänomen wird üblicherweise qualitativ als Abweichung vom Keim- oder Kernsieden (DNB) und quantitativ als kritischer Wärmefluss (CHF) oder Wärmebetragsfluss beschrieben, der auftritt, wenn DNB vorliegt. Diese Betriebsbedingung wird durch den Abstand der Brennstoffelemente, den Systemdruck, den Wärmefluss, die Kühlmittelenthalpie und die Kühlmittelgeschwindigkeit beeinflusst. Wenn ein sogenanntes DNB auftritt, steigt die Temperatur der Brennstoffelementummantelung schnell an, weil die Wärmeübertragung produziert wird, wodurch die Ummantelung im allgemeinen defekt wird. Um daher einen Sicherheitsfaktor zur Verfügung zu haben, muss der Reaktor beträchtlich unterhalb des CHF und demjenigen Punkt, an dem DNB auftritt, betrieben werden. Dieser Bereich wird normalerweise als "thermischer Spielraum" bezeichnet.

Kernreaktoren weisen im Core normalerweise Bereiche auf, die einen höheren neutronischen Fluss und eine höhere Energiedichte als die anderen Bereiche aufweisen. Dies kann durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden, von denen einer das Vorliegen von Kontrollstabkanälen im Core ist. Wenn die Kontrollstäbe zurückgezogen werden, werden die Kontrollstabkanäle mit Moderator gefüllt, wodurch die lokale Moderatorkapazität gesteigert und daher die in dem angrenzenden Brennstoff erzeugte Wärme vergrößert wird. In diesen Bereichen hoher Energiedichte, bekannt als "heisse Kanäle", steigt die Kühlmittel-

enthalpie stärker an als in den anderen Kanälen. Diese Kanäle bestimmen die maximale Betriebsbedingung für den Reaktor und begrenzen die erzeugbare Leistung, da in diesen Kanälen der kritische thermische Spielraum zuerst erreicht wird.

Es hat sich herausgestellt, dass ein Kühlmittelstrom, der zu den Brennstoffelementen schräg geneigt ist, für den kritischen Wärmefluss einen höheren Wert ergibt, wahrscheinlich deshalb, weil eine derartige Strömung die Bildung von Dampfblasen und Schichten überhitzten Wassers oder Leerräumen verhindert, welche unmittelbar vor dem DNB bei einer Parallelströmung beobachtet werden können. Es hat sich auch herausgestellt, dass Mischflügel oder Strömungsdeflektoren, die in den Strömungskanälen des Kühlmittels eines Reaktorcores angeordnet sind, Kühlmittel von verschiedenen Kanälen mischen und hierdurch die Tendenz haben, den Einfluss der heißen Kanäle zu reduzieren. Durch die Durchmischung wird der hohe Kühlmittelenthalpieanstieg in den heißen Kanälen herabgesetzt, wobei die Wärmeaufnahme des Kühlmittels über den gesamten Corequerschnitt ausgeglichen wird, Durch beide Effekte wird es möglich, dass der Reaktor auf einem höheren Leistungsniveau betrieben werden kann, wobei immer noch ein thermischer Sicherheitsspielraum eingehalten wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neuartige Anordnung von Strömungsdeflektoren für Kühlmittel im Reaktorcore zu schaffen. Dabei sollen die Strömungsdeflektoren eine effektive Verwirbelung der Kühlmittelströmung nahe der Oberfläche der Brennstoffelemente sicherstellen und eine Durchmischung der Kühlmittelströmung in den verschiedenen Kanälen bewirken. Die Strömungsdeflektoren sollen eine einheitlichere Bespülung der Umfangsflächen der einzelnen Brennstoffelementstäbe gewährleisten. Die Herstellung und die Installierung sollen durch die Strömungsdeflektoren nach der Erfindung erleichtert werden.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe gelöst durch Einrichtungen 40 zum seitlichen Ablenken des durch die jeweiligen Strömungskanäle fliessenden Kühlmittels, welche die folgenden Teile aufweisen:

- I. langgestreckte Streifen 42, 70 aus dünnem, plattenförmigen Material, welche in den Netz-Zwischenräumen zwischen den Reihen der Brennstoffelemente angeordnet sind;
- II. eine Vielzahl von an den Bändern vorgesehenen, einstückig ausgebildeten Deflektorflügeln 46, 46', 72, die an mit Abstand gelegenen Stellen an diesen angeordnet sind;
- III. einem an jedem der Deflektorflügel 46, 46', 72, vorgesehenen Paar von Armen 50, die sich in entgegengesetzten Richtungen erstrecken, jeder in einen benachbarten Strömungskanal 38, wobei die Deflektorflügel nach aussen in Richtung des Kühlmittelstromes divergieren und mit ihren Seitenkanten 54 mit Abstand von der Oberfläche der benachbarten Brennstoffelemente angeordnet sind; und
- IV. Einrichtungen 68 zum festen Anbringen der Bandstreifen an der Brennstoffelementanordnung.

Bei der Erfindung sind also in den Zwischenräumen zwischen benachbarten Brennstoffelementenreihen Strömungsdeflektoren für das Kühlmittel vorgesehen. Dabei haben die Deflektoren die Form langgestreckter Metallbänder oder Metallstreifen, welche jeweils in Längsrichtung mit Abstand angeordnete Deflektorflügel aufweisen, die daran ausgebildet sind. Die Flügel weisen jeweils zwei winkelmässig versetzte Arme auf, die derart ausgebildet und angeordnet sind, dass sich eine wirkungsvollere Ablenkung des flüssigen Kühlmittels bezüglich der Brennstoffelemente und der zwischen diesen ausgebildeten Kanäle ergibt.

Die Bänder können als individuelle, parallele Streifen angeordnet oder gitterähnlich miteinander verbunden sein. Weiterhin können sie unabhängig an der Brennstoffelementgruppe abgestützt oder am Abstandsgitter für die Brennstoffelemente angebracht sein.

Gegenüber der im Hauptpatent beschriebenen Vorrichtung hat die erfindungsgemässe Anordnung den Vorteil, dass die Flügel einstückig an langgestreckten Metallbändern ausgebildet sind. Die einzelnen Bänder sind so angeordnet, dass sie wechselseitig gitterartig miteinander verbunden werden können, wodurch sich eine einheitliche Struktur ergibt, die sich dann auf das Stützgitter aufsetzen lässt. Die einheitliche Flügelstruktur lässt sich weiterhin erfindungsgemäss dadurch verstreifen, dass im Bandmaterial nahe den jeweiligen Flügeln Verdrehungen vorgesehen sind.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung im einzelnen erläutert sind. Dabei zeigt:

Figur 1

eine Brennstoffelementanordnung in der Ansicht, wobei Strömungsdeflektoren nach der Erfindung eingebaut sind;

Figur 2

in perspektivischer Darstellung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Strömungsdeflektors;

Figur 3

in der Draufsicht, teilweise weggebrochen, den Strömungsdeflektor von Figur 2;

Figur 4

in der Endansicht den Strömungsdeflektor entlang der Linie 4-4 von Figur 3;

Figur 5

eines der Bandedemente vor dem Verformen in der Draufsicht;

Figur 6

eine Ansicht entlang der Linie 6-6 von Figur 5;

Figur 7

ein anderes der Bandedemente vor dem Verformen in der Draufsicht;

Figur 8

eine Ansicht entlang der Linie 8-8 von Figur 7;

Figur 9

das Bandedement von Figur 5 nach dem Verformen in der Draufsicht;

Figur 10

eine Ansicht entlang der Linie 10-10 von Figur 9;

Figur 11

das Bandedement von Figur 7 nach dem Verformen in der Draufsicht;

Figur 12

eine Ansicht entlang der Linie 12-12 von Figur 11;

Figur 13

einen vergrösserten Schnitt entlang der Linie 13-13 von Figur 3;

Figur 14

einen vergrösserten Schnitt entlang der Linie 14-14 von Figur 3;

Figur 15

einen Streifen des Abstandshaltergitters in der Ansicht vor dem Zusammenbau;

Figur 16

einen Blick entlang der Linie 16-16 von Figur 15;

Figur 17

in der Seitenansicht einen anderen Abstandsgitterstreifen vor dem Zusammenbau;

Figur 18

eine Darstellung entlang der Linie 18-18 von Figur 17;

Figur 19

eine perspektivische Darstellung eines anderen Ausführungsbeispiels des erfindungsgemässen Strömungselements;

Figur 20

in der Draufsicht, teilweise weggebrochen, den Strömungsdeflektor von Figur 19;

Figur 21

einen seitlichen Schnitt entlang der Linie 21-21 von Figur 20.

In Figur 1 ist eine typische heterogene Kernreaktor-Brennstoffelementengruppe 10 dargestellt, welche eine Vielzahl von aufrecht stehenden, parallelen Brennstoffelementen 12 aufweist, die durch obere und untere Halterungen 14 bzw. 16 in ihrer Stellung gehalten werden. Weiterhin weist die Brennstoffelementengruppe 10 eine Vielzahl hohler, zylindrischer Führungsrohre 18 auf, die sich im wesentlichen über dieselbe Länge wie die Brennstoffelemente 12 erstrecken. Kontrollstäbe (nicht gezeigt) lassen sich innerhalb der Führungsrohre 18 bewegen, um so den Betriebszustand des Reaktorcores in bekannter Weise zu regulieren. Das Core eines Kernreaktors besteht aus einer Vielzahl derartiger Brennstoffelementgruppen 10, wobei in derartigen Brennstoffelementgruppen erfindungsgemässe Kühlmitteldeflektoren angeordnet sind.

An in Längsrichtung mit Abstand angeordneten Stellen entlang



der Länge der Brennstoffelementgruppe 10 befinden sich Brennstoffelementabstützungen 20, welche den seitlichen Abstand der Stoffelementabstützungen 20, welche den seitlichen Abstand der die Brennstoffelementgruppe bildenden Brennstoffelemente gewährleisten und diese abstützen. Jede der Abstützungen 20 weist eine Vielzahl von einander sich schneidenden, dünnen Platten auf, welche als Gitterstreifen 22, 24 bezeichnet werden. Diese Gitterstreifen weisen eine serpentinenförmige Konfiguration auf, so dass sich feste Anschläge 26 bilden, gegen welche die Stützteile der Brennstoffelementanordnung mittels gestanzter, elastisch federnder Finger 28 gepresst werden, welche mit der Oberfläche der Stützteile an Stellen in Berührung stehen, die von den festen Anschlägen entfernt liegen.

Bei der Herstellung der Brennstoffelementabstützungen 20 werden die Gitterstreifen 22 (Figuren 11 und 12) zu einander parallel, jedoch die Gitterstreifen 24 (Figuren 13 und 14) schneidend angeordnet, welche wiederum unter sich parallel sind. An entlang jedem der Gitterstreifen mit Abstand angeordneten Stellen sind Verriegelungsschlitze 30 vorgesehen, welche dazu dienen, die Streifen in einer Gitteranordnung zu halten, wie es sich am besten aus Figur 2 entnehmen lässt. Die Verriegelungsschlitze 30 sind entlang der oberen Kante 32 der Streifen 22 und entlang der Unterkante 34 der Streifen 24 angeordnet, so dass die Streifen, wenn sie zusammengesetzt werden, einen sogenannten "Lichtgitterrost" bilden, der eine Vielzahl von mit Abstand angeordneten Kammern 36 aufweist, die kreuzgitterförmig angeordnet sind und durch welche sich die Stützteile erstrecken.

Aus Figur 2 lässt sich entnehmen, dass die Brennstoffelemente 12 jeweils in einer der Kammern 36 der Abstützungen 20 angeordnet sind und dort durch die Wirkung der Federfinger 28 festgehalten werden, welche die Elemente gegen die festen Anschläge 26 drücken. Hierdurch wird bewirkt, dass die Brennstoffelemente 12 im wesentlichen gleichmässig auf Abstand gehalten werden. Die Konfiguration der Brennstoffelementabstützungen 20 ist

so gewählt, dass die Brennstoffelemente 12 nach Art eines rechtwinkligen Kreuzgitters angeordnet sind, wobei der durch die aneinander anstossenden Quadranten von vier benachbarten Brennstoffelementen gebildete Raum im folgenden als "Kanal" 38 bezeichnet wird. Das flüssige Kühlmittel, welches aus dem Reaktorcore Wärme abführt, strömt im wesentlichen in Längsrichtung durch diese Kanäle 38.

Erfindungsgemäss ist ein Kühlmittel-Strömungsdeflektor vorgesehen, der innerhalb der Brennstoffelementgruppe das entlang der Kanäle 38 strömende flüssige Kühlmittel ablenkt, und so die Durchmischung des Kühlmittels mit dem entlang benachbarter Strömungskanäle fliessenden zu fördern und ein effektives Umspülen der Oberfläche der festgehaltenen Brennstoffelemente 12 zugewährleisten, beides Effekte, durch welche der Reaktorbetrieb verbessert wird. Allgemein weist die erfindungsgemässe Vorrichtung verdrehte, dünne Metallbandstreifen auf, an denen einstückig Deflektorflügel zur Strömungsablenkung angeformt sind, Bei der am meisten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind Anordnungen vorgesehen, bei denen die Bandstreifen in Gitteranordnung angeordnet sind und eine gitterähnliche Struktur bilden, welche in der Zeichnung mit 40 bezeichnet ist.

Die erfindungsgemässe Strömungsdeflektorvorrichtung kann in der Brennstoffelementgruppe 10 in Längsrichtung mit Abstand von den jeweiligen Brennstoffelementabstützungen 20 angeordnet werden, wobei die Bandstreifen, welche die Vorrichtung bilden, an den Brennstoffelementen 12 angeschweisst oder auf andere Weise an diesen befestigt sind. Vorzugsweise jedoch, wie es auch im nachfolgenden beschrieben wird, ist die Strömungsdeflektorvorrichtung so ausgebildet, dass sie auf den Brennstoffelementabstützungen 20 angrenzend angeordnet werden. Bei dem in den Figuren 2 bis 18 gezeigten Ausführungsbeispiel der Erfindung weisen die durch die Anordnungen 40 gebildeten Strömungsdeflektorvorrichtungen eine Vielzahl von rechtwinklig angeordneten Bandstreifen 42, 44 auf, welche ein Raumbgitter mit Einzelgittern

bildet, die auf die Abstützungen 20, durch welche sich die Brennstoffelemente 12 erstrecken, aufgelegt sind. Obwohl die Bandstreifen 42 und 44 in ihren strukturellen Details leicht voneinander abweichen, bestehen sie jedoch beide im wesentlichen aus dünnen, gestanzten Metallteilen (Figuren 5 bis 8), wobei eine Vielzahl von Strömungsdeflektorflügeln 46 und 46' einstückig daran ausgebildet und mittels Verbindungssegmenten 48 damit verbunden ist.

Die Flügel 46 oder 46' haben eine um ihre Längsachse und um ihre Seitenachsen symmetrische Konfiguration. Jeder Flügel weist Arme 50 auf, die sich von entgegengesetzten Seiten der Verbindungssegmente 48 erstrecken. Die Arme 50 sind, wie gezeigt, an ihrer Basis breiter als ihre Spitzen 52 und weisen gekrümmte Seitenkanten 54 auf, die sich zwischen der Basis und Spitze erstrecken. Die Krümmung der Seitenkanten 54 ist so beschaffen, dass sich beim endgültigen Zusammenbau eine gekrümmte Kante ergibt, die die Brennstoffelemente 12 konzentrisch mit Abstand umgibt und so eine Ringöffnung 56 (Figur 3) bildet, durch welche das Kühlmittel strömen muss. Die Arme 50 sind in ihrer Betriebsstellung winkelmässig nach oben von der Ebene des Verbindungssegmentes 48 in der Richtung der Strömung des Kühlmittels durch die Brennstoffelementgruppe 10 versetzt. Hierdurch bildet die Unterseite eine Ablenkfläche, durch welche der Strömungsmittelfluss seitlich von einem Strömungskanal 38 zum benachbarten Kanal abgelenkt wird.

Die Stanzteile, welche die jeweiligen Bandstreifen 42 und 44 bilden, weisen weitere Strukturmerkmale auf, welche die Herstellung der Deflektoranordnungen 40 erleichtern. Die Stanzteile, (Figuren 5 und 6), aus welchen die Bandstreifen 42 gebildet werden, weisen im Bereich des Flügels 46 einen engen, langgestreckten Schlitz 58, der sich quer zum Flügel erstreckt. Der Schlitz 58 dient dazu, einen Teil des Verbindungssegmentes 48 eines im Schneidenden Bandstreifens aufzunehmen, wodurch dieser vor dem Schweißen in seiner Stellung gehalten wird.

Die Stanzteile, aus denen die Bandstreifen 44 gebildet werden, weisen andererseits schmale Schlitz 60 auf, welche sich im wesentlichen mit den Flügelarmen 50 erstrecken, sich an deren Spitze 52 öffnen und an ihrem geschlossenen Ende durch einen Verbindungssteg 62 getrennt sind. Diese Schlitz dienen dazu, das Verbindungsteil eines schneidenden Bandstreifens aufzunehmen und dieses vor dem Schweissen gabelartig aufzunehmen.

Beide Stanzteilformen weisen an ihren oberen Seitenkanten 63 Vorsprünge 64 auf, die am Mittelpunkt jedes Verbindungssegmentes 48 zwischen den jeweiligen Flügeln 46 oder 46' angeordnet sind. Diese Vorsprünge werden beim Zusammenbau zentral hinsichtlich der Fassungen in den Flügeln 46 aufgenommen, welche die jeweiligen Verbindungssegmente 48 aufnehmen, und bilden Schweissmetalllager, von denen bei 65 in der Zeichnung einige gezeigt sind und die zur Herstellung der Schweissverbindung zwischen den Bandstreifen dienen. Die Verbindungssegmente 48 der den Bandstreifen 52 bildenden Stanzteile weisen zusätzlich Ausnehmungen 66 auf, die hier als kreisförmig ausgebildet gezeigt sind, und welche an der unteren Kante 67 angeordnet sind. Beim Zusammenbau wird so vorgegangen, dass die Ausnehmungen 66 die Verbindungsstege 62 in den Flügeln 46 der Bandstreifen 44 spreizen, so dass die Unterkanten der Verbindungssegmente 48 an den Oberkanten der Stützgitterstreifen anliegen.

Wie sich aus Figur 9 bis 12 der Zeichnung ergibt, werden die Stanzteile, welche die Bandstreifen 42 und 44 bilden, vor dem Zusammenbau in der Weise weiter geformt, dass die Flügel 46 und 46' in eine Stellung gebracht werden, in der sie im wesentlichen normal zur Ebene der Verbindungssegmente 48 liegen. Durch diese Operation werden, ~~hier~~ wie bei 59, nahe jedem Ende der betreffenden Flügel Verdrehungen erzeugt. Danach werden die Arme 50 der Flügel nach oben gehoben, wobei die Längsachsen der Flügel als Biegelinien dienen. Hierdurch wird, wie in Figur 13 und 14 gezeigt, erreicht, dass die Bauteile im wesentlichen V-förmig im Querschnitt sind.

Beim endgültigen Zusammenbau werden die Bandstreifen 42 und 44, wie in Figur 3 dargestellt, zusammengebaut, wobei diese in Gitteranordnung und in alternierende Stellung gebracht werden. Die Verbindungssegmente 48 auf den jeweiligen Streifen werden in den Schlitz 58 aufgenommen, die in den Flügeln 46 der Bandstreifen 42 vorgesehen sind, oder in den Schlitz 60, die in den Flügeln 50 der Bandstreifen 44 vorgesehen sind, gespreizt. Die Vorsprünge 64 an den Verbindungssegmenten 48 werden zentral auf den Flügeln angeordnet, welche sie aufnehmen, woraufhin eine Schweissung durchgeführt wird, um die Vorsprünge aufzurichten, wodurch Schweissraupen 68 erzeugt werden, welche die einzelnen Bauteile miteinander verbinden.

Wie sich am besten aus Figur 3 und 4 der Zeichnung entnehmen lässt, werden die Strömungsdeflektoranordnungen 40 in der Brennstoffelementgruppe 10 so angeordnet, dass die Flügel 46 und 46' vertikal mit den Schnittpunkten der Gitterstreifen 22 und 24 ausgerichtet werden, welche die Brennstoffelementabstützungen 20 bilden. Die Einrichtung 40 kann, wie bei 57 gezeigt, mit der Gitterstruktur an diesen Punkten stumpf verschweisst werden. Auf diese Weise werden alle Flügel 46 und 46' im Mittelpunkt jedes Strömungsmittelkanals 38 angeordnet. Zusätzlich hierzu werden die jeweiligen Bandstreifen 42 und 44 derart angeordnet, dass die Flügel 46 und 46' alternierend um jedes Brennstoffelement 12 angeordnet werden, wobei jeder Flügel im wesentlichen rechtwinklig zu den benachbarten Flügeln liegt. Die resultierende Struktur hat zur Folge, dass die Arme 50 an den jeweiligen Flügeln zwischen benachbarten Brennstoffelementen 12 liegen, wobei die Seitenkanten 54 im wesentlichen mit gleichförmigem Abstand von der Oberfläche des benachbarten Brennstoffelementes angeordnet sind und so Strömungsräume 56 bilden. Wie dargestellt, ist jedem Brennstoffelement 12 ein Arm 50 von vier benachbarten Flügeln 46 und 46' zugeordnet, und zwar in der Weise, dass jedes Brennstoffelement 12 um seinen Umfang durch vier Flügellarms 50 eingeschlossen ist, wodurch sich eine im wesentlichen ringförmige Strömungskanal 56 ergibt.

Strömt beim Betrieb des Reaktors flüssiges Kühlmittel nach oben durch die Brennstoffelementgruppe 10 nach oben, so lenken die Strömungsdeflektorflügel 46 und 46' der Anordnungen 40 das strömende Fliessmittel von den durch die jeweiligen Strömungskanäle 38 definierten Strömungswegen ab und richten es von seiner ursprünglichen Richtung nach aussen und damit in Strömungskontakt mit den Oberflächen der benachbarten Brennstoffelemente 12. Ausserdem mischt sich dabei das Kühlmittel mit dem Fliessmittel, welches durch die benachbarten Strömungskanäle fliesst.

Wegen der alternierenden Anordnung der Flügel 46 und 46' erfolgt die Zirkulation der Strömung um benachbarte Brennstoffelemente 12 in entgegengesetzter Richtung, wie durch die Pfeile 57 in Figur 3 angezeigt. Hierdurch ist die Zirkulation des Strömungsmittels um die Brennstoffelemente alternierend in Uhrzeigerrichtung und in Gegenuhrzeigerrichtung. Durch diese Wirkung der Strömungsdeflektoren werden prinzipiell drei verschiedene Effekte erzielt. Zunächst einmal wird das Strömungsmittel unmittelbar benachbart zur Oberfläche der jeweiligen Brennstoffelemente 12 verwirbelt. Hierdurch wird jede DNB-Bedingung eliminiert, indem nämlich anstelle eines stufenförmigen Übergangs vom Kernsieden zum stabilen Filmsieden ein gradueller Übergang geschaffen wird. Zum zweiten besteht die Wirkung darin, dass die Durchmischung des Kühlmittels, welches entlang der verschiedenen Strömungskanäle 38 strömt, verbessert wird. Durch diese Durchmischung ergibt sich, dass die Unterschiede in der Kühlmitteltemperatur zwischen den verschiedenen Strömungskanälen reduziert werden, wodurch der starke Kühlmittel-Enthalpieanstieg in den heissen Kanälen abgesenkt und dementsprechend die Kühlmitteltemperaturen über den gesamten Core-Querschnitt einheitlicher eingestellt werden. Als drittes bewirkt der durch jeden Deflektorflügel 40 gegebene Widerstand, dass die Geschwindigkeit des Kühlmittels sich beim Strömen durch die Räume 50 nahe den Brennstoffelementen 12 erhöht. Durch diese Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit wird der

Filmkoeffizient zwischen den Brennstoffelementen 12 und dem strömenden Kühlmittel verbessert, wodurch sich die Wärmeübertragung ebenfalls verbessert.

Die beschriebene Strömungsdeflektoranordnung weist noch weitere Vorteile auf, verglichen mit ähnlichen bekannten Vorrichtungen. Infolge der einheitlichen Strömungsblockierung in den jeweiligen Strömungskanälen, welche darauf zurückzuführen ist, dass die Flügel identisch ausgebildet und jeweils im geometrischen Mittelpunkt jedes Strömungskanals angeordnet sind, wird eine grössere Gleichmässigkeit oder Homogenität der Kühlmittel-Strömungscharakteristiken erzielt. Da die Deflektorflügel ausserdem so ausgebildet sind, dass sie an ihrer Basis ein grösseres Strömungshindernis bilden, wird in den verschiedenen Strömungskanälen ein grösserer Kühlmittelbetrag positiv abgelenkt. Dadurch, dass das Ausmass des Strömungsmittels-Bypassens in dieser Weise reduziert wird, wird eine effektivere Durchmischung des Kühlmittels erreicht.

Dadurch, dass die Deflektorflügel um ihre Längsachse und um ihre Seitachsen symmetrisch ausgebildet sind, werden die nachfolgenden verbesserten Ergebnisse zusätzlich erreicht. Zunächst einmal wird es durch diese Konfiguration möglich, dass die Flügel über den gesamten Querschnitt der Reaktor-Brennstoffelementgruppe in einem regelmässigen Muster angeordnet werden. Durch diese Anordnung ergibt sich eine im wesentlichen gleichförmige Ablenkung des strömenden Kühlmittels hinsichtlich jedes Brennstoffelementes. Während die Ablenkungsrichtung der Flüssigkeit bezüglich der alternierenden Brennstoffelemente bei der hier beschriebenen Anordnung entweder in Uhrzeigerrichtung oder in Gegenuhrzeigerrichtung erfolgt, haben die Strömungskanäle alle im wesentlichen gleichen Querschnitt, so dass jedes Brennstoffelement durch im wesentlichen denselben Betrag an strömendem Kühlmittel, welches im wesentlichen mit der selben Geschwindigkeit fliesst, gespült wird. Hierdurch wird natürlich die Einheitlichkeit des Betriebes des Reaktorcores über seinen

gesamten Querschnitt verbessert.

Die symmetrische Konfiguration der Deflektorflügel reduziert zusammen mit der Befestigung am Schnittpunkt der Gitterstreifen im geometrischen Mittelpunkt der Strömungskanäle den Einfluss von Abstützungsschwingungen auf die Brennstoffelemente. Dementsprechend wird die Möglichkeit eines Reibens der jeweiligen Elemente reduziert. Infolge der Anordnung der Elemente in der beschriebenen Vorrichtung sind die auf jeden Flügel ausgeübten Kräfte gleich und entgegengesetzt, wodurch sich insgesamt ergibt, dass keine wesentlichen seitlichen Kräfte auf die jeweiligen Gitterstreifen ausgeübt werden. Auch wird das Auftreten jedes Verdrehungsmomentes zwischen ihnen vermieden, welches zu schädlichen Schwingungen führen könnte. Da die Flügel mit den verdrehten Verbindungsgliedern in der beschriebenen Weise körperlich verbunden sind, ergibt sich eine starrere Struktur.

In den Figuren 19 und 21 ist ein anderes Ausführungsbeispiel gezeigt, welches eine etwas weniger bevorzugte Ausführungsform der Erfindung darstellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel weist der Strömungsdeflektor, anstatt in ähnlicher Weise wie die bereits beschriebene Anordnung als Gitter ausgebildet zu sein, individuelle Bandstreifen 70 auf, die wechselseitig parallel angeordnet sind und sich durch die Brennstoffelementgruppe 10 in den Zwischenräumen zwischen den benachbarten Reihen von Brennstoffelementen 12 erstrecken. Die Bandstreifen 70 weisen in Längsrichtung mit Abstand angeordnete Flügel auf, welche als 72 gezeigt sind. Diese haben im wesentlichen dieselbe Konfiguration wie die Flügel 46 und 46', welche bei dem bereits beschriebenen Ausführungsbeispiel verwendet werden. Sie sind an der Oberkante der Brennstoffelementabstützung 20 befestigt, wobei ein Satz von Gitterstreifen, hier als Bauteile 22 gezeigt, Schweissvorsprünge 74 zum Befestigen der Streifen aufweisen. Die Befestigung erfolgt dadurch, dass die Schweissvorsprünge 74 durch langgestreckte Öffnungen 76 geführt werden, welche den Bandstreifen etwa im Mittelpunkt der



Flügel 72 angeordnet sind, wobei diese dann zur Bildung der Schweissraupen 78 verschweisst werden.

Die Alternativform der Strömungsdeflektorvorrichtung arbeitet in ähnlicher Weise wie die bereits beschriebene Vorrichtung, wobei das nach oben durch die Strömungskanäle 38 der Brennstoffelementgruppe strömende Kühlmittel seitlich von seinem Strömungsweg aus weggerichtet wird, so dass es sich mit dem Strömungsmittel, welches die benachbarten Kanäle durchströmt, mischt. Ein Unterschied in der Wirkungsweise dieses Ausführungsbeispiels besteht jedoch darin, dass die Flügel 76 in benachbarten Bandstreifen 70 lediglich einander gegenüberliegend angeordnet sind, wodurch sich in jeder Kammer 36, wie durch die Pfeile 80 angezeigt, eine Fliessmittelzirkulation ergibt, bei der das Fliessmittel in verschiedenen Bereichen des Ringraumes 56 in jeweils entgegengesetzter Richtung abgelenkt wird. Diese Form der Zirkulation ist für die Fliessmittelströmung störender und bewirkt eine geringere Durchmischung des Strömungsmittels als bei der bereits beschriebenen Anordnung.

A n s p r ü c h e :

1. Kernreaktor-Brennstoffelementanordnung mit einer Vielzahl von parallel in Reihen angeordneten Brennstoffelementen und Einrichtungen zur Abstützung der Brennstoffelemente mit gegenseitigem Abstand zur Ausbildung von Längs-Kühlmittel-Kanälen zwischen diesen, nach Patent .... (Patentanmeldung AZ 46/99 der Anmelderin vom gleichen Tage), gekennzeichnet durch Einrichtungen (40) zum seitlichen Ablenken des durch die jeweiligen Strömungskanäle fließenden Kühlmittels, welche die folgenden Teile aufweisen:

I. langgestreckte Streifen (42, 70) aus dünnem, plattenförmigen Material, welche in den Netz-Zwischenräumen zwischen den Reihen der Brennstoffelemente angeordnet sind;

II. eine Vielzahl von an den Bändern vorgesehenen, einstückig ausgebildeten Deflektorflügeln (46, 46', 72), die an mit Abstand gelegenen Stellen an diesen angeordnet sind;

III. einem an jedem der Deflektorflügel (46, 46', 72) vorgesehenen Paar von Armen (50), die sich in entgegengesetzten Richtungen erstrecken, jeder in einen benachbarten Strömungskanal (38), wobei die Deflektorflügel nach aussen in Richtung des Kühlmittelstromes divergieren und mit ihren Seitekanten (54) mit Abstand von der Oberfläche der benachbarten Brennstoffelemente angeordnet sind; und

IV. Einrichtungen (68) zum festen Anbringen der Bandstreifen an der Brennstoffelementanordnung. +

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Umfangsgestalt der Flügel (46, 46', 72) im wesentlichen symmetrisch ~~um~~ deren Längs- und Seitenachsen ausgebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenkanten (54) der Arme (50) der Deflektorflügel nach aussen konvergieren.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenkanten (54) der Arme der Deflektorflügel kreisförmig geformt und über ihre Länge im wesentlichen mit gleichförmigem Abstand von der Oberfläche der benachbarten Brennstoffelemente (12) angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Arme (50) der einzelnen Flügel symmetrisch von der Längsachse des zugehörigen Strömungskanals (38) versetzt angeordnet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Divergenzwinkel zwischen den entsprechenden Armen (50) in jedem Flügel etwa 60 Grad beträgt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Deflektorflügel (46, 46', 72) um ihre seitlichen Massachsen gebogen und im vertikalen Querschnitt im wesentlichen V-förmig ausgebildet sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bandstreifen (42, 70) zwischen benachbarten Deflektorflügeln verdreht ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrehungswinkel wenigstens neunzig Grad beträgt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Bandstreifen einzelne Verdrehungen (59) an entgegengesetzten Enden jedes Deflektorflügels (46, 46', 70) aufweist,
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Verdrehungen (59) sich über etwa 90 Grad erstreckt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrehungswinkel etwa 180 Grad beträgt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Deflektorflügel jeweils Schlitz (58, 60) zur Aufnahme eines verbrauchbaren Metallvorsprunges aufweisen.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einige der Flügel einen zentralen Schlitz (58) zum Aufnehmen des verbrauchbaren Metallvorsprunges aufweist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Bandstreifen (42) eine Vielzahl von ineinander eingreifenden Bändern aufweist, die in einem Gitter Räume (36) bilden, durch welche sich die Brennstoffelemente (12) erstrecken, wobei Einrichtungen (63, 64) zur Befestigung der Bandstreifen in gegenseitig fester Anordnung vorgesehen sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Bandstreifen einstückig ausgebildete, verbrauchbare Vorsprünge (64) aufweisen, die jeweils zwischen den Flügeln angeordnet sind, wobei die Flügel einer Bandstreifengruppe des Gitters einen zentralen Schlitz (58) zur Aufnahme von Vorsprüngen an der anderen Bandstreifengruppe und die Flügel der anderen Bandstreifengruppe Arme mit ausgerichteten Schlitz (60) zur Aufnahme von Vorsprüngen an der ersten Gruppe von Bandstreifen aufweist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Bandstreifen getrennte, parallele Bänder aufweist, welche zwischen den Brennstoffelementreihen angeordnet sind.

**20**  
Leerseite

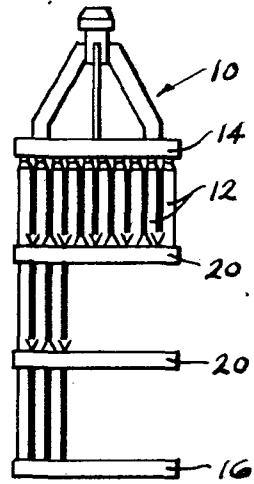


FIG-1

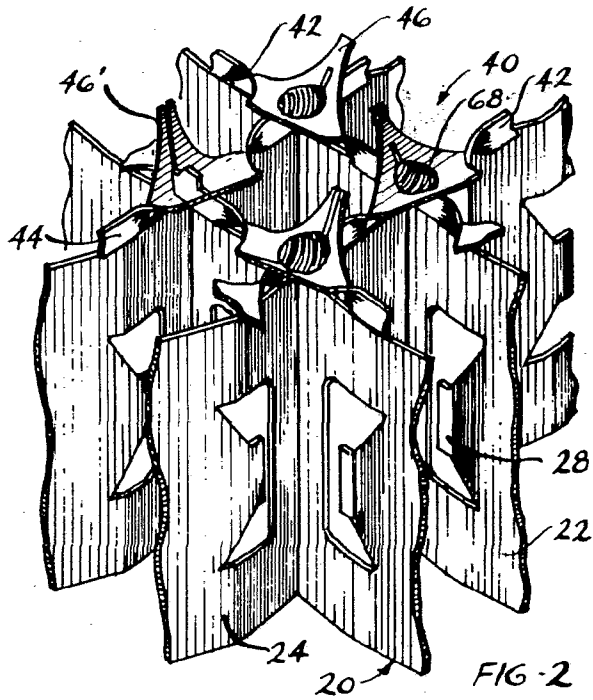


FIG-2

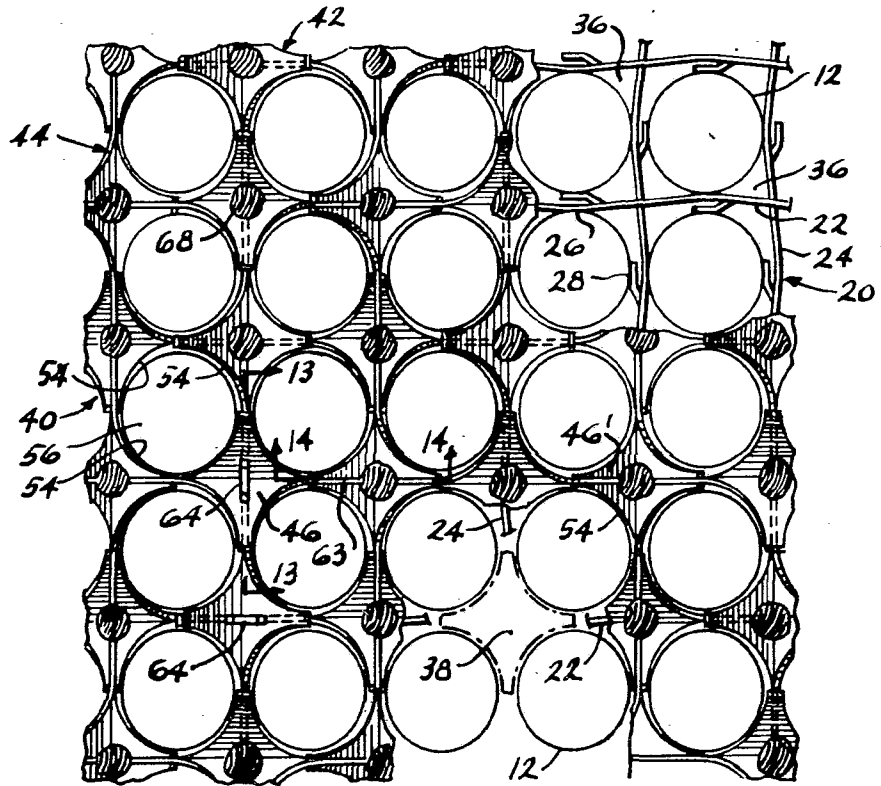


FIG-3

21g 21-20 AT 23.05.73 OT 24.01.74

309884/0434

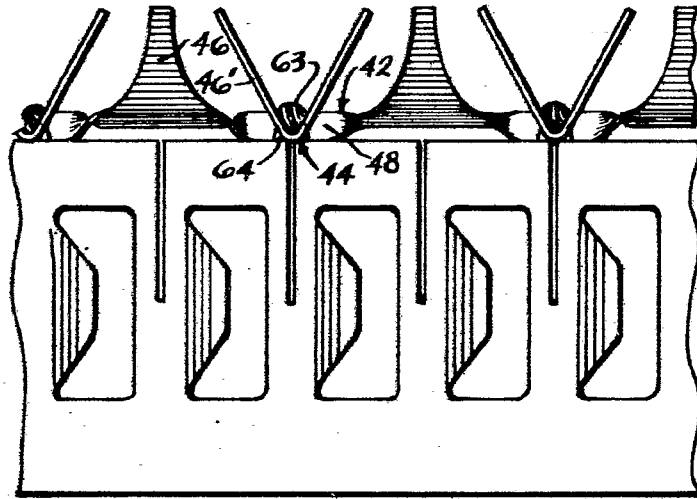


FIG-4



FIG-6

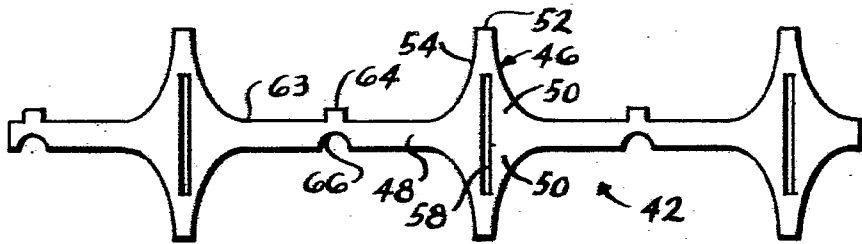


FIG-5

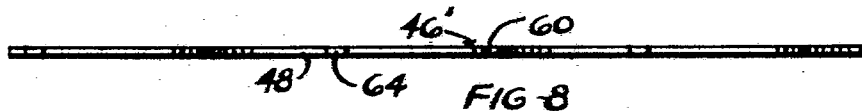


FIG-8

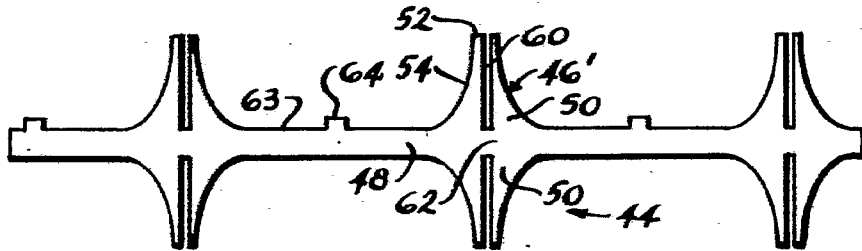


FIG-7

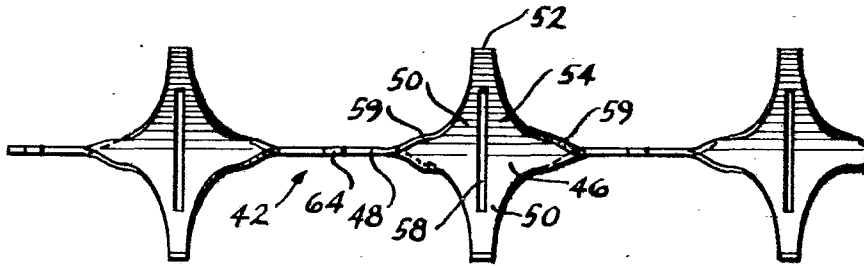


FIG-9

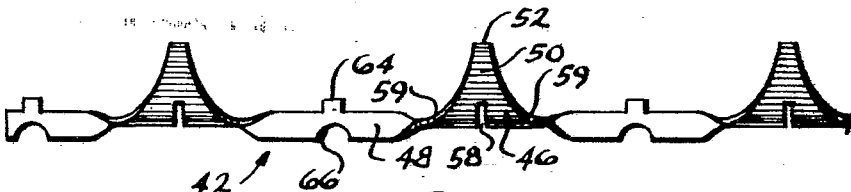


FIG-10

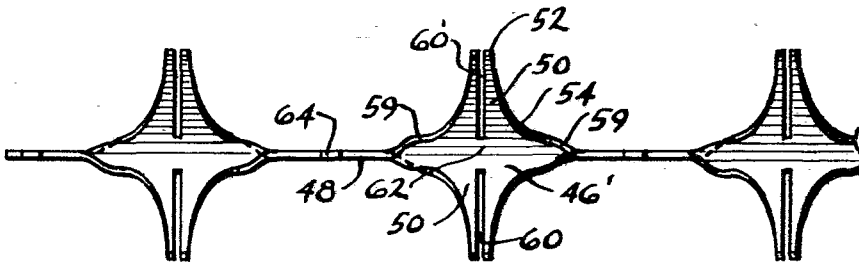


FIG-11

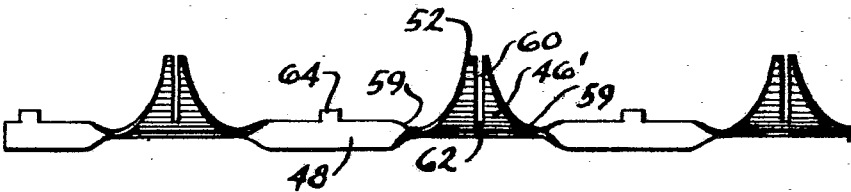


FIG-12

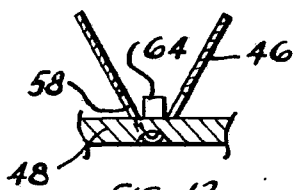


FIG-13

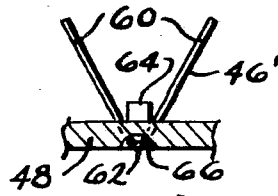


FIG-14



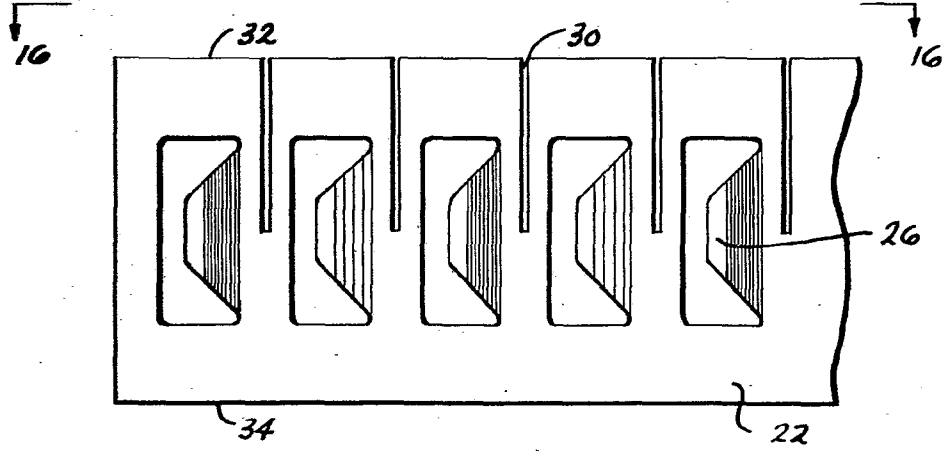
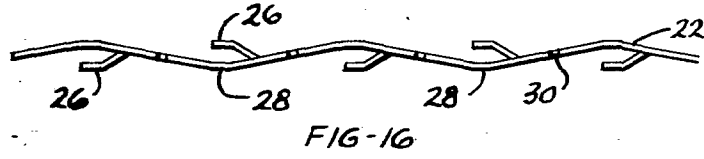


FIG-15

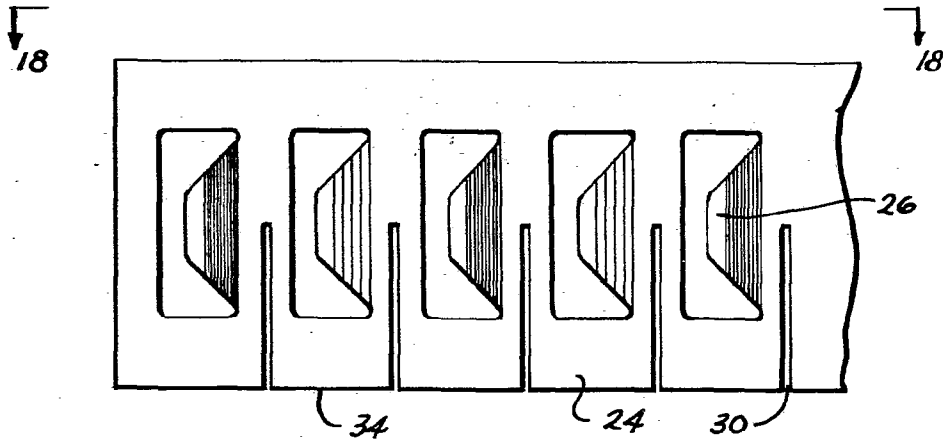
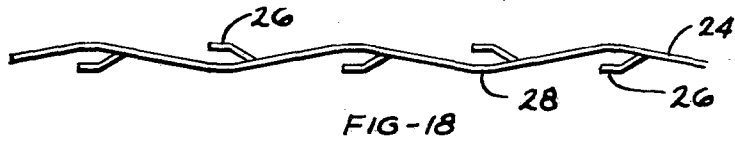


FIG-17

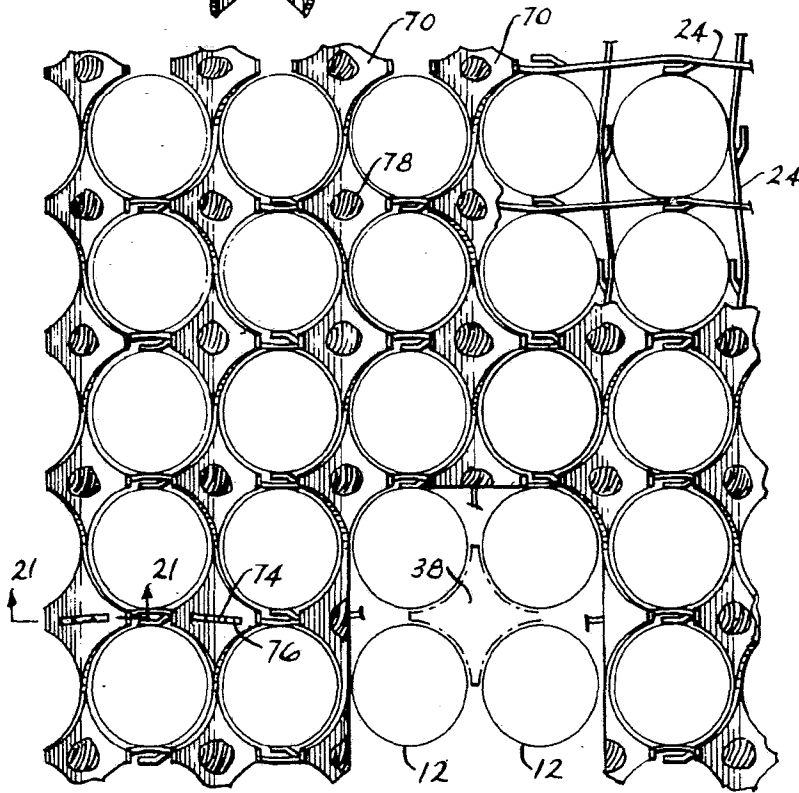
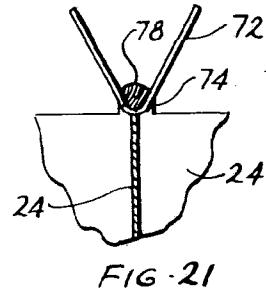
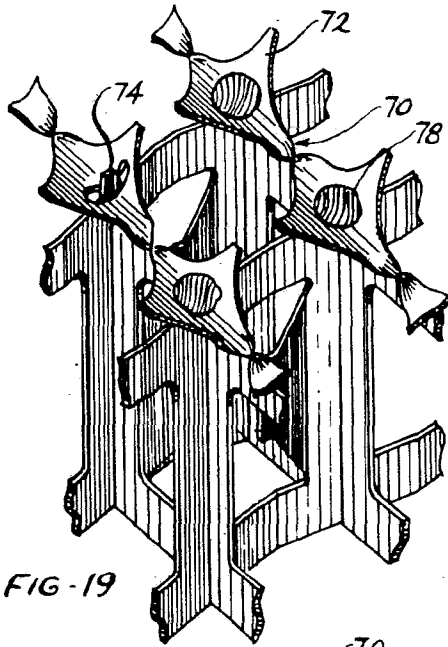


FIG-20

309884/0434