

⑤

Int. Cl. 3:

G 21 C 3/34

⑱ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DE 26 47 000 C 3

⑪

Patentschrift 26 47 000

⑫

Aktenzeichen: P 26 47 000.8-33

⑬

Anmeldetag: 18. 10. 76

⑭

Offenlegungstag: 27. 4. 78

⑮

Bekanntmachungstag: 14. 2. 80

⑯

Ausgabetag: 20. 11. 80

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

—

㉔

Bezeichnung: Abstandshaltegitter für Brennelemente

㉖

Patentiert für: Kraftwerk Union AG, 4330 Mülheim

㉗

Erfinder: Hensolt, Theodor, 8831 Emetzheim; Hünner, Manfred, 8520 Erlangen; Rau, Peter, 8551 Mittelehrenbach; Veca, Anthony, San Diego, Calif. (V.St.A.)

㉙

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 24 31 165

DE-OS 22 27 970

DE-OS 21 11 349

DE-OS 15 89 051

DE-GM 71 34 635

DE 26 47 000 C 3

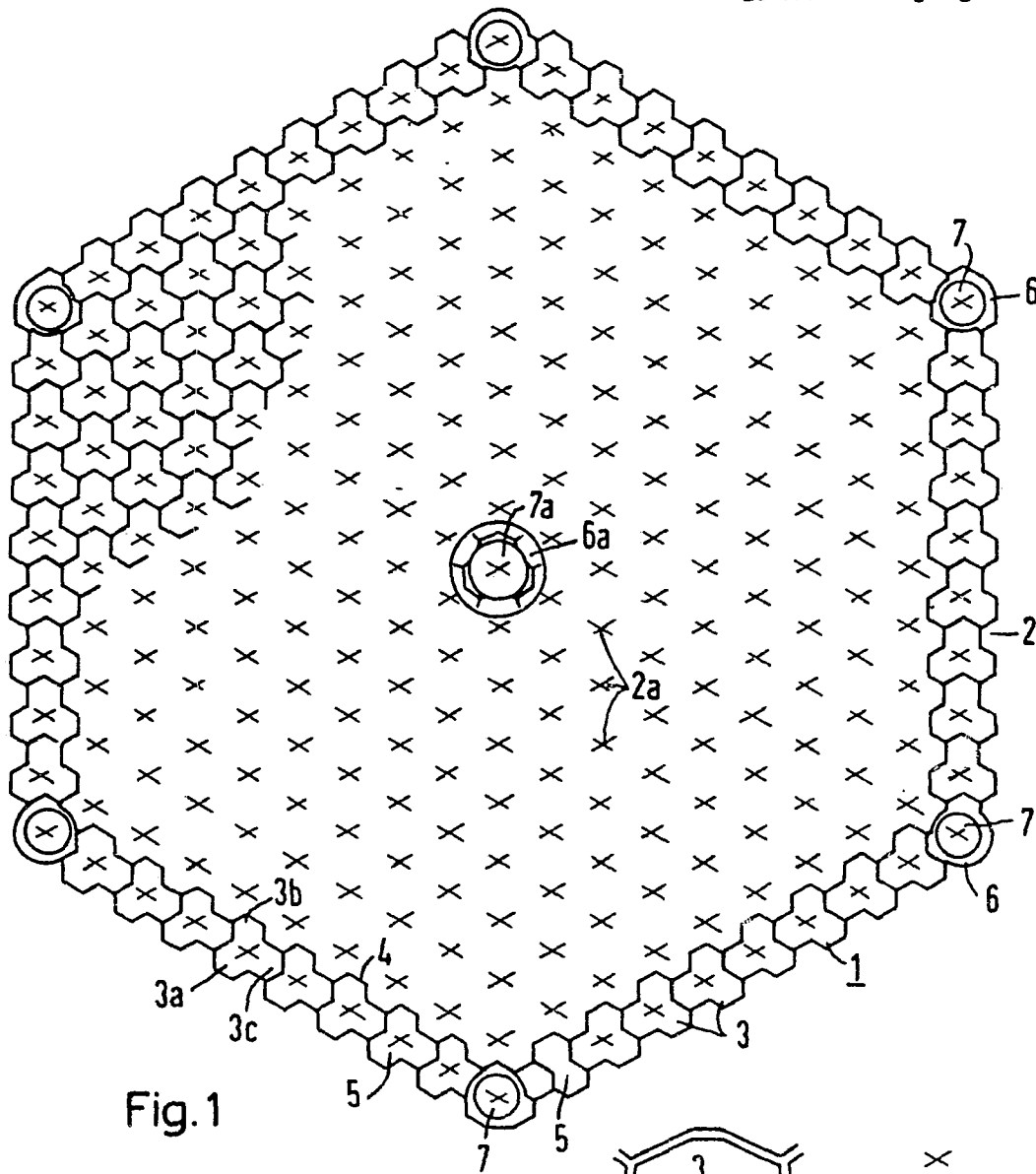


Fig. 1

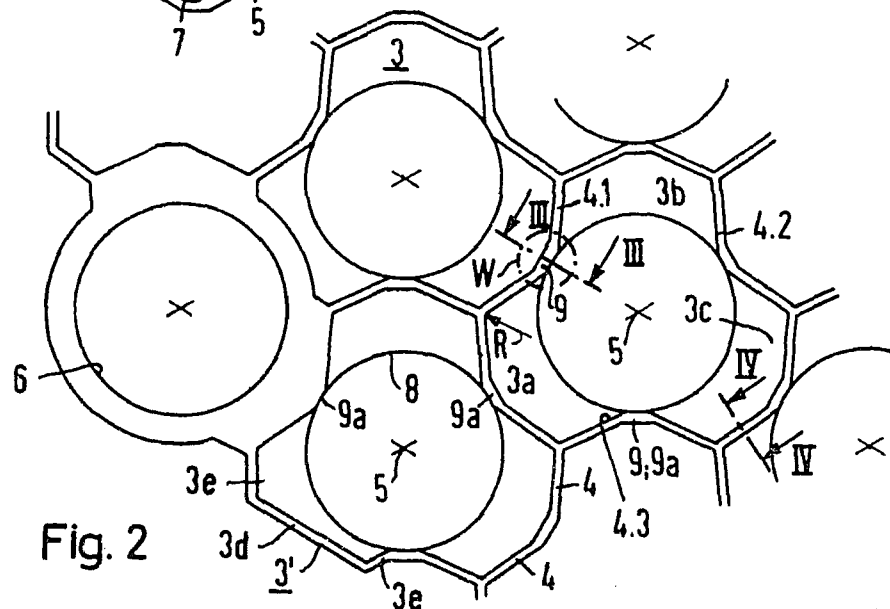


Fig. 2

Patentansprüche:

1. Abstandshaltegitter für Brennelemente, mit einem gleichartige, vieleckige Gitterfeldeinheiten und zugehörige Gitterstege aufweisenden Gitterfeld, dem ein Sechseckraster zugrunde liegt und das durch Herausarbeiten von Material aus einem Scheiben- oder Plattenkörper hergestellt ist, wobei die in das jeweilige Gitterfeld eingefügten Brennstäbe mit ihrem Außenumfang jeweils an Zentrierflächen von Noppen der Gitterstege zentriert und achsparallel zueinander gehalten sind und die Gitterstege der Gitterfeldeinheiten in Brennstab-Umfangsrichtung gesehen jeweils abwechselnd konkav und konvex in bezug auf den umfaßten Brennstab ausgebildet sowie die Zentrierflächen der Noppen an den konvexen Gitterstegen angeordnet sind, gekennzeichnet durch die Kombination der folgenden, je für sich bekannten Maßnahmen:

- a) die Noppen (9) erstrecken sich lediglich über einen Teil der axialen Länge (l_a) des Gitters (1);
- b) der axiale Übergangsbereich von den Gitterstegen (4) zu den Zentrierflächen (9a) der Noppen (9) ist mit das Einführen bzw. Herausziehen der Brennstäbe (8) erleichternden Schrägflächen (10) versehen, die eine solche Neigung (α) zur Gitterebene (gg) aufweisen, daß sie nur einen Teil der axialen Länge (l_g) der Noppen (9) überstreichen.

2. Abstandshaltegitter nach Anspruch 1, wobei die Noppen mittig innerhalb der jeweiligen Gittersteglänge angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Noppen (9) $1/2$ bis $1/5$, vorzugsweise etwa $1/4$, der Gittersteglänge (l_a) überstreichen.

3. Abstandshaltegitter nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Neigung (α) der Schrägflächen (10) zur Gitterebene (gg) 45° bis 70° , vorzugsweise ca. 60° , beträgt und an beiden Noppenenden gleich ist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Abstandshaltegitter für Brennelemente gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein solches Abstandshaltegitter ist durch das DE-GM 7134635 bekannt. Es hat neben einer sicheren Halterung der Brennstäbe den Vorteil der geringen Materialanhäufung und der minimalen Querschnittsverstellung für das Kühlmittel und den Neutronenfluß. Es eignet sich darüber hinaus gut für eine Herstellung nach dem Funkenerosionsverfahren.

Die vorliegende Erfindung befaßt sich nun mit dem besonderen Problem der Ausbildung und Anordnung der Noppen, wozu aus dem vorgenannten DE-GM nichts entnehmbar ist. Im einzelnen sei hierzu auf folgendes verwiesen. Die Abstandshaltegitter der eingangs genannten Aufbauform haben die Aufgabe, eine Vielzahl von langgestreckten Brennstäben in ihren Gitterfeldeinheiten, auch als Maschen bezeichnet, zu führen und in der Soll-Lage zu halten. In der Regel

werden eine Mehrzahl derartiger Abstandshaltegitter in Flucht zueinander und mit axialem Abstand innerhalb des Brennelementes angeordnet, wobei die Brennstäbe durch die in Flucht zueinanderliegenden Maschen der Abstandshaltegitter gesteckt werden. Wie bereits eingangs erwähnt, ist man dazu übergegangen, die Abstandshaltegitter einschließlich der Noppen aus dem vollen Querschnitt eines platten- oder scheibenförmigen Körpers herauszuarbeiten, weil eine Ausbildung der Noppen in Form von Federelementen oder angeschweißten oder angelöteten Stollen nicht die erforderliche Sicherheit gewährleistet. Dies ist insbesondere für Brennelemente von schnellen Brüttern, wie gasgekühlten schnellen Brutreaktoren, von Bedeutung. Damit kein Schaben oder Kratzen an der Brennstaboberfläche beim Einfügen der Brennstäbe in die Abstandshaltegitter erfolgt, werden die Abstütznoppen an ihrem Einführende und (aus Symmetriegründen) auch an ihrem anderen Ende mit Schrägflächen versehen. Die axiale Höhe bzw. Dicke des Abstandshaltegitters ist durch die Belastung, insbesondere die axiale Gewichtsbelastung, aber auch durch thermisches Schieben, Differenzdehnung der Stäbe bzw. Elementstruktur und Schwingungs-Belastung, bestimmt; für ein Brennelement einer bestimmten Leistung läßt sich deshalb eine minimale axiale Dicke des Abstandshaltegitters nicht unterschreiten.

Bei dem bekannten Abstandshaltegitter nach der DE-OS 2 111 349, welches gleichfalls aus dem Vollen herausgearbeitet sein kann, erstrecken sich die Noppen über die gesamte axiale Länge des Gitters. Hierbei kann aber während des Betriebes durch thermisches Verbiegen (thermal bowing) und durch Volumenschwellen ein Zwängen der Brennstäbe im Bereich ihrer Anlageflächen an den Abstütznoppen eintreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Abstandshaltegitter der eingangs näher definierten Art so auszubilden, daß es eine hohe Genauigkeit seiner Zentrierflächen bei vergleichsweise geringen Herstellungskosten aufweist und ein Zwängen der eingefügten Brennstäbe während des Betriebes ausgeschlossen ist.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe bei einem Abstandshaltegitter nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch die Kombination der beiden, je für sich bekannten Maßnahmen a und b nach dem Kennzeichen des Anspruchs 1 gelöst.

Dabei ist das erste Teilmerkmal a durch die DE-OS 2 431 165 an sich bekannt. Bei diesem bekannten Abstandshaltegitter handelt es sich indessen um ein Blechgitter mit in das Blech eingepprägten Noppen, so daß das der Erfindung zugrundeliegende Problem dort nicht gegeben ist. Das Teilmerkmal b ist durch die schon genannte DE-OS 2 111 349 für sich bekannt, wobei sich jedoch die Noppen über die gesamte axiale Länge des Gitters erstrecken und damit die schon erwähnte Gefahr des Zwängens der Brennstäbe während des Betriebes gegeben ist.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind vor allem darin zu sehen, daß das Abstandshaltegitter bei sehr hoher Genauigkeit auf relativ einfache Weise herstellbar ist und seine gute Maßhaltigkeit auch bei starker Neutronenstrahlung während des Betriebes beibehält. Es ist deshalb bevorzugt für sogenannte schnelle Brutreaktoren geeignet, bei welchen die Brennelemente, in welche das Abstandshaltegitter eingebaut ist, lediglich einen Durchmesser von einem

bis zu wenigen Zentimeter aufweisen und in bezug auf die Toleranzanforderungen mit der Uhren- bzw. Feinwerktechnik vergleichbar sind.

Die axiale Länge der Noppen und der Grad der Anchrägung der Schrägflächen läßt sich unschwer für das jeweilige Brennelement bestimmen; hierbei ist zu berücksichtigen, wie viele Abstandshaltegitter in axialem Abstand verwendet werden und welche Abmessungen die Brennstäbe haben. Es läßt sich dann für den Betrieb eine etwa wellen- oder schlangenförmige Anlage des Brennstabes an den jeweiligen Noppen zugrunde legen, d. h., der Brennstab liegt abwechselnd über seine axiale Länge gesehen an gegenüberliegenden Noppen der axial aufeinanderfolgenden Gitterfeldeinheiten bzw. Gitter an.

Zur bevorzugten Ausbildung des Abstandshaltegitters nach Anspruch 2 ist zu bemerken, daß dann eine Anlage des Brennstabes auf nur einem kleinen axialen Stück gewährleistet ist, ohne daß Zwänge oder Zwangsspannungen im Stab auftreten könnten. Im Zusammenhang mit der bevorzugten Abschrägung nach Anspruch 3 ist zu bemerken, daß hierdurch eine besonders günstige Vorzentrierung beim Einführen des Stabes erhalten und ein einseitiges Schrammen, Kratzen oder Schaben der Noppenzentrierflächen an der Brennstaboberfläche vermieden wird. Dieser Vorteil gilt sinngemäß bei einem Herauszieh-Vorgang des Stabes.

Im folgenden wird der Gegenstand der Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels noch näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 im Grundriß ein Abstandshaltegitter nach der Erfindung, wobei ein Teil der Gitterfeldeinheiten bzw. Maschen lediglich durch Schnittlinien angedeutet ist, da der Aufbau über das gesamte Gitter gesehen gleichartig ist,

Fig. 2 die Einzelheit *Y* aus Fig. 1 im Ausschnitt und vergrößert,

Fig. 3 den Schnitt längs der Linie III-III aus Fig. 2,

Fig. 4 den Schnitt längs der Linie IV-IV aus Fig. 2,

Fig. 5 die Einzelheit *W* aus Fig. 2 vergrößert im Detail,

Fig. 6 einen Vergleich einer herkömmlichen Noppenform im Ausschnitt und im Aufrißschnitt (Fig. 6a) mit der erfindungsgemäßen Noppenform (Fig. 6b),

Fig. 7 schematisch und zur Verdeutlichung in übertriebener Darstellung die Anlage eines Brennstabes an den Noppen der Abstandshaltegitter in Form einer leichtgewellten Biegelinie, und

Fig. 8a, 8b und 8c in schematischer Darstellung einzelne Phasen eines zweckmäßigen Herstellungsverfahrens, und zwar Fig. 8a das Bohren der Gitterdurchgänge, Fig. 8b das Herausarbeiten der Noppen durch Senken und Fig. 8c die funkenerosive Bearbeitung zum Entfernen des restlichen Materials.

Fig. 1 zeigt ein Abstandshaltegitter für Brennelemente, vorzugsweise für einen gasgekühlten schnellen Brutreaktor. Prinzipiell ist das Abstandshaltegitter jedoch auch für andere Kernreakortypen, wie z. B. Druckwasser- oder Siedewasserreaktoren, anwendbar. Das im folgenden vereinfachend als Gitter bezeichnete Abstandshaltegitter 1 weist ein im wesentlichen hexagonales bzw. sechseckiges Gitterfeld 2 auf mit einzelnen Gitterfeldeinheiten bzw. Maschen 3 und die Maschen 3 begrenzenden Gitterstegen 4. Man sieht, daß das Gitterfeld 2 aus einer Vielzahl von zwölfeckigen Gitterfeldeinheiten bzw. Maschen 3 gebildet ist, welche jeweils drei um eine Zentralachse 5

gruppierte und aneinandergrenzende Sechsecke 3a, 3b, 3c (vgl. auch vergrößerte Darstellung der Fig. 2) des dem Gitterfeld 2 zugrundeliegenden Sechseck-Rasters 2a umfassen. Das Gitterfeld 2 ist durch Herausarbeiten von Material aus einem Scheiben- oder Plattenkörper entsprechender Grundform herstellbar, was weiter unten noch näher erläutert wird. Eine Mehrzahl der in Fig. 1 dargestellten Abstandshaltegitter wird planparallel, in Flucht und mit Abstand zueinander zu einem Brennelementkörper vereinigt, der die achsparallel zueinander eingefügten und in der Figur nicht dargestellten Brennstäbe enthält. Wenn alle Brennstabpositionen des Gitterfeldes 2 besetzt sind, so lassen sich 264 Brennstäbe in das dargestellte Gitter einfügen, wobei an den Sechseckpunkten anstelle von Zwölfeck-Maschen Montageaugen 6 vorgesehen sind, welche zum Einfügen von axialen, stangenförmigen Zentrierelementen 7 dienen, wenn, wie beschrieben, eine Vereinigung zu einem Brennelement-Körper erfolgt. In entsprechender Weise ist im Zentrum des Gitters anstelle einer Brennstabposition die Einfügung einer weiteren Zentrierstange 7a vorgesehen, wobei die entsprechende Masche mit 6a bezeichnet ist.

Wie es Fig. 2 deutlicher zeigt, sind die in das jeweilige Gitterfeld 2 eingefügten Brennstäbe, die durch ihre Außenkontur 8 dargestellt sind, mit ihrem Außenumfang jeweils an Zentrierflächen 9a von Noppen 9 der Gitterstege 4 zentriert und achsparallel zueinander gehalten. Fig. 3 in Verbindung mit Fig. 2 zeigt, daß der Übergangsbereich von den Gitterstegen 4 zu den Zentrierflächen 9a der Noppen 9 mit das Einführen bzw. Herausziehen der Brennstäbe erleichternden Schrägflächen 10 versehen ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die jeweils um 120° um ihre Zentralachse 5 gegeneinander räumlich verdrehten, einwärts vorspringenden drei Seitenpaare 4.1, 4.2 und 4.3 der zwölfeckigen Masche 3 zur Ausbildung der Noppen 9 vorgesehen. Der in die jeweilige Masche (im folgenden wird statt Gitterfeldeinheit der Ausdruck Masche zur Vereinfachung benutzt) 3 einzufügende Brennstab 8 ist dadurch mit seinem äußeren Umfang in Dreipunktauflage bezüglich der Noppen 9 sehr genau zentrierbar. Wie es Fig. 2 weiter zeigt, sind die äußeren Maschen 3, also z. B. die in der Figur unten dargestellte Masche 3', die an das Auge 6 unmittelbar angrenzt, nicht punktsymmetrisch wie die übrigen Maschen 3 des Gitterfeldes 2, sondern mit ihren Gitterstegen 4 zum Teil asymmetrisch durch Verlängerungen bzw. Verkürzungen 3d, 3e ausgebildet, damit die äußeren Umrisse des Gitterfeldes 2 mit denen der Zentrieraugen 6 fluchten; für die Dreipunktauflage-Befestigung bedeutet dieses jedoch keine Abänderung. Ein Vergleich der Schnitte nach Fig. 3 und 4 in Verbindung mit Fig. 2 zeigt, daß die Noppen 9 mittig innerhalb der jeweiligen axialen Gittersteglänge l_g angeordnet sind. Hierbei überstreichen die Noppen 9 etwa $1/4$ der Gittersteglänge l_g , d. h. ihre axiale Länge l_n ist etwa $1/4 l_g$. Bei einer axialen Gittersteglänge $l_g = 13$ mm hat sich für die axiale Länge l_n ein vorteilhafter Wert von 4 mm ergeben, wobei acht über die Brennstablänge gleichmäßig verteilte Gitter 2 verwendet wurden und die Gesamtlänge der Brennstäbe 2100 mm beträgt. Ein bevorzugter Bereich für die axiale Noppenlänge l_n beträgt $1/2$ bis $1/5$ von l_g . Die genauen Werte lassen sich abhängig von der Brennstablänge und der Gitterstärke durch Annahme der Verformungslinie der Brennstäbe leicht

ermitteln. Die Neigung α der Schrägflächen $9a$ zur Gitterebene gg beträgt im dargestellten Ausführungsbeispiel 60° . Diese Neigung ist an beiden Noppenenden gleich. Dieser Wert hat sich als vorteilhaft erwiesen, weil hierdurch einerseits das Einfügen der Brennstäbe in die Gitter unter Vorzentrierung leicht möglich ist und andererseits auch das Bohrwerkzeug mit einem zur Herstellung dieser Ansträgung erforderlichen spitzen Winkel ohne Probleme ausgestattet werden kann. Ein bevorzugter Bereich für die Neigung der Schrägflächen liegt zwischen 45 und 70° .

Fig. 5 zeigt, daß die Zentrierflächen $9a$ der Noppen 9 ebene, auf Sehnen liegende Flächen sind, so daß sich bezüglich des Außenumfanges der Brennstäbe 8 eine punkt- oder linienförmige Anlage ergibt, was durch gestrichelte Andeutung des Kreises 8 verdeutlicht ist.

Fig. 6a, 6b verdeutlichen den Vorteil der erfindungsgemäßen Noppenform (Fig. 6b) gegenüber einer Noppenform nach Fig. 6a, bei welcher der Noppen $9'$ mit Schrägflächen $10'$ versehen ist, die wesentlich steiler als in Fig. 6b dargestellt verlaufen. Hier beträgt der Neigungswinkel lediglich 3° , wobei die Schrägung bereits an der Ober- bzw. Unterseite des Gitters $1'$ beginnt. Versuche mit der Noppenform nach Fig. 6a haben ergeben, daß hier abhängig von einer Exzentrizität $e1$ des eingeschriebenen Kreises $k1$ eine Toleranz a in der axialen Länge l_1 der Zentrierfläche $9a'$ auftritt, so daß unter Umständen statt der axialen Länge l_1 auch eine axiale Länge l_1' der Zentrierflächen auftreten kann. Diese große Toleranz kann dadurch bedingt sein, daß bei der elektroerosiven Bearbeitung des Vollquerschnittes ein Verziehen des Gitters $1'$ eintreten kann, so daß dann beim Bohren der eingeschriebenen Kreise $k1$ und beim Einarbeiten der Schrägflächen $10'$ die angegebenen großen Toleranzen auftreten. Demgegenüber ist bei der erfindungsgemäßen Gitterkonstruktion nach Fig. 6b infolge einer angenommenen Exzentrizität $e2$, die zur Verdeutlichung des Vorteils sogar größer ist als die Exzentrizität $e1$, trotzdem eine Toleranz aa festzustellen, die wesentlich geringer, d. h. um eine Größenordnung kleiner ist als die Toleranz a .

Gemäß Fig. 8a werden in einen vollen Scheiben- bzw. Plattenkörper, d. h. den Rohling 11 , zunächst dem Brennstabaußendurchmesser 8 entsprechende Durchgangsbohrungen 12 für die Maschen 3 gebohrt,

wobei der Bohrer 13 einer nicht näher dargestellten Bohrmaschine einen entsprechenden Durchmesser D aufweist. Hierauf werden gemäß Fig. 8b mit einem Bohrer 14 , der um das Maß 15 des Noppenüberstandes vergrößert ist und mit einem der Schrägflächen-Neigung entsprechenden Spitzenwinkel β versehen ist, von beiden Stirnseiten des Gitters her die Noppen 9 herausgearbeitet und die Schrägflächen 10 angesenkt. Hierbei wird das Gitter 2 zunächst von der einen Seite und anschließend von der anderen Seite mit den Bohrern 14 bearbeitet. Schließlich wird gemäß Fig. 8c der restliche Materialüberstand der jeweiligen Masche 3 durch elektroerosive Bearbeitung mit einer Werkzeugelektrode 16 entfernt. Insbesondere kommt hierbei funkenerosive Bearbeitung in Betracht; grundsätzlich würde sich jedoch auch ein elektrochemisches Senken eignen. Die funkenerosive Bearbeitung hat jedoch den Vorteil höherer Genauigkeit. Mit der funkenerosiven Bearbeitung können mithin die Maschen 3 ihre endgültige Form erhalten, so wie in Fig. 2 dargestellt, außerdem können die Noppen 9 mittels dieser Bearbeitung ihre ebenen Anlageflächen $9a$ (vgl. Fig. 5) erhalten.

Ein Verziehen bzw. eine unerwünschte Deformation des Gitters kann bei der Bearbeitung gemäß Fig. 8a und 8b nicht eintreten. Die definierte Kaltverfestigung bleibt vielmehr erhalten. Diese ist notwendig, um das Verhalten der Abstandhalter im Neutornenfluß zu verbessern. Im letzten Arbeitsgang gemäß Fig. 8c entsteht dann die endgültige genaue Form des Abstandshaltegitters.

Fig. 7 zeigt schematisch noch die Biegelinie des Brennstabes 8 , wenn er innerhalb eines Brennelementes an den einzelnen Gittern 2 zentriert ist. Es ist ersichtlich, daß der Brennstab abwechselnd an gegenüberliegenden Noppen 90 und $90'$ zur Anlage kommt. Da die Anlagefläche des Brennstabes 8 bezüglich der Zentrierfläche $9a$, wie erläutert, lediglich linien- oder punktförmig ist, können sich praktisch keine unerwünschten Zwängungen oder Zwangskräfte an den Brennstäben innerhalb ihrer Brennelement-Halterung ausbilden. Bemerkt sei noch, daß mit den Pfeilen R Abrundungsradien in Fig. 1 bis 5 angedeutet sind.

Als Material für das Gitter hat sich z. B. ein Legierungsstahl der Type X8 Cr Ni Mo Nb 1616 als vorteilhaft erwiesen.

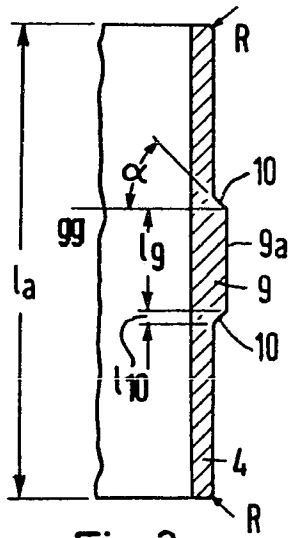


Fig. 3

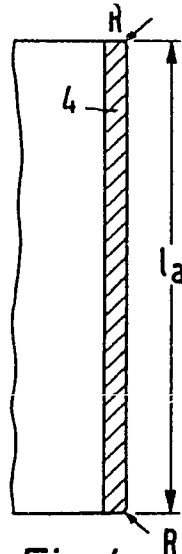


Fig. 4

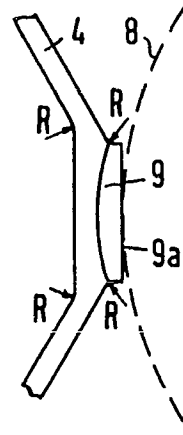


Fig. 5 „-W-“

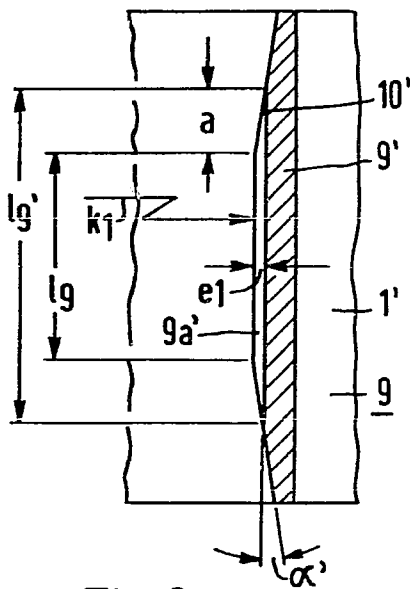


Fig. 6a

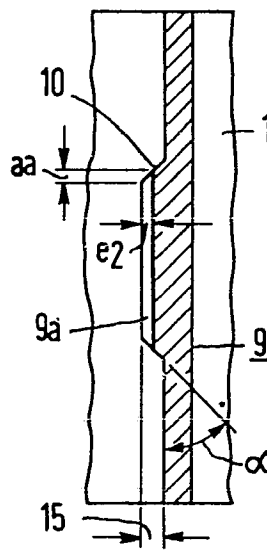


Fig. 6b

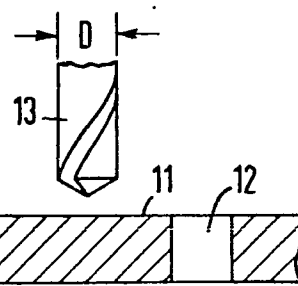


Fig. 8a

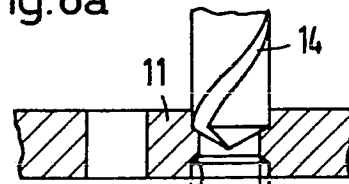


Fig. 8b

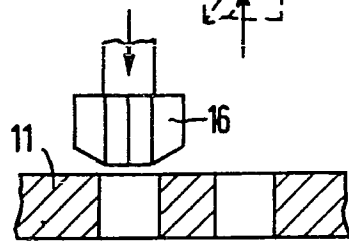


Fig. 8c

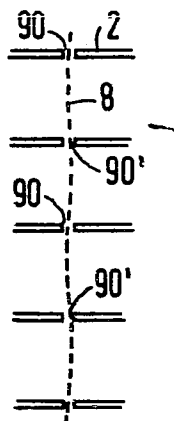


Fig. 7