

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Februar 2005 (10.02.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/013286 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G21C 3/34**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/008041

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Juli 2004 (19.07.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 34 580.9 28. Juli 2003 (28.07.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **FRAMATOME ANP GMBH** [DE/DE];
Freyeslebenstrasse 1, 91058 Erlangen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STABEL, Jürgen**
[DE/DE]; Saidelsteig 16, 91058 Erlangen (DE). **MARX,**
Veit [DE/DE]; Hans-Geigerstr. 47, 91052 Erlangen (DE).

(74) Anwalt: **MÖRTEL & HÖFNER**; Blumenstr. 1, 90402
Nürnberg (DE).

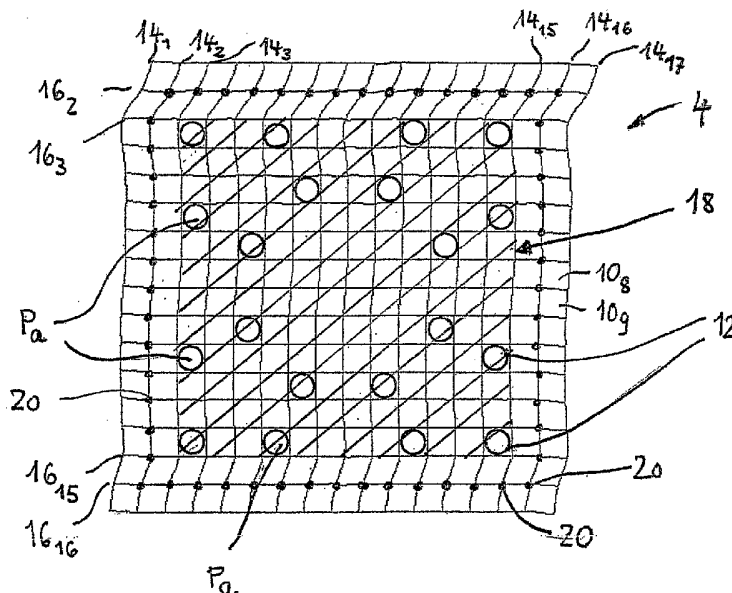
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL ELEMENT FOR A COMPRESSED WATER NUCLEAR REACTOR

(54) Bezeichnung: BRENNELEMENT FÜR EINEN DRUCKWASSERKERNREAKTOR



(57) Abstract: The invention relates to a fuel element for a compressed water nuclear reactor. Said fuel element contains a plurality of fuel rods that are guided into a plurality of axially interspaced spacers (4) respectively forming a quadratic grid consisting of connecting elements (141-17, 161-17) and comprising a plurality of holes (6) that are arranged in rows (10) and columns (8). A control rod guiding tube (12) is respectively guided through a number of said holes (6), and the spacer (4) is structurally embodied in such a way that when a limiting force acting laterally on the spacer (4) is exceeded, a deformation is triggered exclusively in a region of the spacer (4) located outside an inner region (18) containing the control rod guiding tubes (12).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,
RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Ein Brennelement für einen Druckwasserkernreaktor enthält eine Vielzahl von Brennstäben, die in einer Mehrzahl von axial beabstandeten Abstandhaltern (4) geführt sind, die jeweils ein aus Gitterstegen (141-17, 161-17) aufgebautes quadratisches Gitter mit einer Vielzahl von Maschen (6) bilden, die in Reihen (10) und Spalten (8) angeordnet sind. Durch eine Anzahl dieser Maschen (6) ist jeweils ein Steuerstabführungsrohr (12) hindurchgeführt, wobei der Abstandhalter (4) konstruktiv derart ausgelegt ist, dass bei Überschreiten einer seitlich auf den Abstandhalter (4) wirkenden Grenzkraft eine Verformung aus schliesslich in einem Bereich des Abstandhalters (4) beginnt, der sich ausserhalb eines die Steuerstabführungsrohre (12) enthaltenden Innenbereiches (18) befindet.

Beschreibung

Brennelement für einen Druckwasserkernreaktor

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Brennelement für einen Druckwasserkernreaktor, wie es beispielsweise aus der DE 196 35 927 C1 bekannt ist.

- 10 Ein solches Brennelement ist exemplarisch in Fig. 5 veranschaulicht. Bei einem solchen Brennelement sind eine Vielzahl von Brennstäben 2 in Stabrichtung (axial) parallel zueinander durch mehrere, voneinander axial beabstandete Abstandhalter 4 geführt, die jeweils ein zweidimensionales Gitter mit einer
- 15 Mehrzahl von Maschen 6 bilden, die in Spalten 8 und Reihen 10 angeordnet sind. Durch die Maschen 6 dieses Gitters sind außer den Brennstäben auch an ausgewählten Positionen Stützrohre hindurch geführt, die keinen Brennstoff enthalten und zur Aufnahme und zum Führen von Steuerstäben (sog. Steuerstabführungsrohre 12) vorgesehen sind. Außerdem können noch Stützrohre vorhanden sein, die ebenfalls keinen Brennstoff enthalten und lediglich zur Erhöhung der Stabilität dienen (Instrumentierungsrohre oder Strukturrohre, im beispielhaft dargestellten Brennelement 2 sind weder Instrumentierungsrohre noch
- 20 Strukturrohre vorgesehen). Diese Stützrohre sind anders als die Brennstäbe in den Maschen 6 mit den Abstandhaltern 4 verschweißt, so dass ihre stabilisierende Wirkung über die gesamte Einsatzdauer des Brennelements 2 gewährleistet ist.
- 30 Während des Betriebs wirken auf die Brennelemente Kräfte, die zu einer Durchbiegung der Brennelemente führen können. Um eine solche Durchbiegung zu vermeiden oder zu begrenzen, ohne die

Neutronenökonomie wesentlich zu verschlechtern, ist es aus der US 4,325,786 bekannt, Abstandhalter zu verwenden, bei denen ein Teil der Gitterstreben aus Stahl besteht.

- 5 Bei hypothetischen äußeren Störfällen, beispielsweise bei einem Erdbeben oder bei einem Kühlmittelverlust mit großem Bruch (LOCA - Loss Of Coolant Accident) können die Abstandhalter durch die benachbarten Brennelemente eine erhebliche Stoßbelastung erfahren. Die dabei auftretenden dauerhaften Verformungen, die sich in der Regel als Ausknicken einzelner Reihen
10 oder Spalten bemerkbar machen, dürfen zulässige Höchstwerte nicht überschreiten, um zu gewährleisten, dass die Steuerstäbe weiterhin in die Steuerstabführungsrohre eingeführt werden können, um so einen sicheren Weiterbetrieb oder ein sicheres
15 Abschalten der Anlage zu ermöglichen. Während plastische Deformationen im begrenzten Umfang prinzipiell erlaubt sind, muss demzufolge ein größeres Ausbeulen, das zu einem signifikanten Versatz der im Brennelement angeordneten Steuerstabführungsrohre führt, vermieden werden. Hierzu ist es beispielsweise
20 weise aus der US 5,307,392 bekannt, die Randstege der Abstandhalter mit nach außen vorspringenden Ausformungen zu versehen, die Querkkräfte abtragen, bevor sich diese auf die innenliegenden Gitterstege auswirken.
- 25 Die Abstandhalter werden demnach so ausgelegt, daß die zu erwartenden Stoßbelastungen nicht zu einem größerem Ausbeulen oder Ausknicken des Abstandhalters führen. In der Praxis wird als Entwicklungsziel eine Beulfestigkeit für frische, unbestrahlte Abstandhalter (BOL (= Begin Of Life)-Abstandhalter)
30 von ca. 20 kN angestrebt. Damit ist für BOL-Abstandhalter, die im Rahmen eines Störfalles (Erdbeben, LOCA) auftretende Stoß-

belastung (flächig wirkende Querkraft) abtragbar, so lange diese kleiner als 20 kN ist.

Dennoch können insbesondere bei Abstandhaltern, die längere
5 Zeit im Einsatz waren und am Ende ihrer Einsatzzeit (EOL = End
Of Life) angelangt sind, in ungünstigen Situationen Kräfte
auftreten, die größer sind als deren Beulfestigkeit, da diese
im Vergleich zu neuen Abstandhaltern deutlich reduziert sein
kann. Diese Verringerung der Beulfestigkeit ist dabei vom je-
10 weiligen Abstandhaltertyp abhängig und kann mehr als 50 bis
60 % betragen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Brennelement
für einen Druckwasserkernreaktor anzugeben, bei dem auch nach
15 der Einwirkung von Querkraften, die die Beulfestigkeit der Ab-
standhalter überschreiten, d. h. nach erfolgter irreversibler
plastischer Verformung, die Einführbarkeit der Steuerstäbe ge-
genüber den bekannten Brennelementen verbessert ist.

20 Die genannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit einem
Brennelement mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Gemäß
diesen Merkmalen ist bei einem Brennelement für einen Druck-
wasserkernreaktor, das eine Vielzahl von Brennstäben enthält,
die in einer Mehrzahl von axial beabstandeten Abstandhaltern
25 geführt sind, die jeweils ein quadratisches Gitter mit einer
Vielzahl von in Reihen und Spalten angeordneten Maschen bilden
und bei dem durch eine Anzahl dieser Maschen jeweils ein
Stützrohr (Steuerstabführungsrohr oder Strukturrohr) hindurch-
geführt ist, vorgesehen, dass der Abstandhalter konstruktiv
30 derart ausgelegt ist, dass bei Überschreiten einer seitlich
auf den Abstandhalter wirkenden Grenzkraft eine Verformung
ausschließlich, d. h. systembedingt durch die mechanische Kon-

struktion (systematisch) immer in einem Bereich des Abstandhalters beginnt, der sich außerhalb einer die Steuerstabführungsrohre enthaltenden Innenbereiches befindet.

- 5 Durch diese Maßnahme ist sichergestellt, dass der Innenbereich auch bei Überschreiten der Beulgrenze keine bzw. eine allenfalls vernachlässigbare Verformung aufweist, so dass die ausschließlich in diesem Innenbereich befindlichen Steuerstabführungsrohre ihre Relativpositionen auch bei verformten Abstandhalter beibehalten und die Beweglichkeit der Steuerstäbe verbessert ist.

Die Erfindung beruht dabei auf der Erkenntnis, dass durch gezieltes Herbeiführen des Einsetzens der Verformung (Ausbeulen oder Ausknicken) am Rand des Abstandhalters eine Integrität des für die Beweglichkeit der Steuerstäbe sensiblen Innenbereiches auch bei fortschreitender Verformung gewährleistet ist, da die plastische Deformation zunächst nur in den Bereichen fortschreitet, in denen sie beginnt.

- 20 Fig. 6 und 7 zeigen nun jeweils in einer schematischen Darstellung einen üblichen Abstandhalter 4a, im Beispiel ein Abstandhalter mit 17 x 17 Maschen 6, auf dessen gegenüberliegenden Seitenkanten eine Presskraft F senkrecht zu den Reihen 10 (parallel zu den Spalten 8) ausgeübt worden ist, die oberhalb der Knick- oder Beulgrenze F_{krit} liegt. Für die entsprechenden Laborversuche wurden in den Abstandhalter 4 an den Positionen P_a , an denen sich im Brennelement Steuerstabführungsrohre 12 befinden, Stützrohrabschnitte eingeschweißt, die beidseitig etwa 10mm über den Abstandhalter 4 überstehen. Um die EOL-Beulfestigkeit beurteilen zu können, wurde der Abstandhalter 4 entweder thermisch relaxiert und jede Stützrohrfreie Masche 6

mit Abschnitten von Brennstabhüllrohren besetzt, die zu dem jeweiligen Abstandhaltertyp gehören, oder es wurden anstelle der für diesen Abstandhaltertyp normalerweise vorgesehenen Hüllrohrabschnitte Rohrabschnitte mit geringfügig kleinerem Außendurchmesser eingesetzt, um auf diese Weise das Relaxieren des Abstandhalters 4 zu simulieren. Auch die eingesetzten Hüllrohrabschnitte stehen über den Abstandhalter 4 vor und simulieren die bei komplett konfigurierten Brennelement in den nicht von Steuerstabführungsrohren durchsetzten Maschen federnd gelagerten Brennstäbe.

In Fig. 6 ist nun beispielhaft zu erkennen, dass bei Erreichen der Beulgrenze F_{krit} ein schubartiges Ausbeulen oder Ausknicken von zwei mittleren Reihen 10_{10} , 10_{11} erfolgt. Eine Erhöhung der Querkraft F kann zu einem Ausknicken weiterer Reihen 10_1 , 10_2 , 10_7 , 10_8 , 10_{16} und 10_{17} führen, wie dies in Fig. 7 veranschaulicht ist.

Zudem zeigen Fig. 6 und 7, dass das Ausbeulen zunächst in den Reihen 10 auftritt, die keinen fest mit dem Abstandhalter 4 verschweißten Stützrohrabschnitt enthalten (stützrohrfreie Reihe).

Eine ähnliche Situation zeigt sich gemäß Fig. 8 bei einem üblichen 16 x 16-Abstandhalter 4b, bei dem ebenfalls das Ausbeulen in den stütz- oder steuerstabführungsrohrfreien mittleren Reihen 10_8 , 10_9 einsetzt.

Die Erfindung beruht nun auf der Beobachtung, dass ein mittiges Ausbeulen weitaus problematischer ist als ein Ausbeulen am Rand, da ersteres zu einem gegenseitigen Versatz der Steuer-

stabführungsrohre führt, wie es anhand der Fig. 6 - 8 unschwer zu erkennen ist.

Aufbauend auf dieser Beobachtung geht nun die Erfindung von
5 der Überlegung aus, dass durch gezielte konstruktive Maßnahmen, insbesondere durch eine gezielt schwächere Auslegung der außerhalb des Innenbereiches liegenden Randzonen des Abstandhalters, erreicht werden kann, den Beginn der Verformung systematisch auf diese zu verschieben. Auf diese Weise bleibt die
10 Integrität des Innenbereiches auch bei einsetzender Verformung erhalten.

Die Maschen des Abstandhalters sind vorzugsweise durch am Rand angeordnete Gitterrandstege und innenliegende Gitterinnenstege
15 gebildet, wobei im Folgenden der Begriff Gittersteg sowohl Gitterrandstege als auch Gitterinnenstege bezeichnen kann. Die Randzone, in der eine solche mechanische Schwächung vorgenommen wird, ist dann aus den außerhalb des Innenbereiches liegenden Gitterinnenstegen, den über den Innenbereich hinausragenden Enden der den Innenbereich durchsetzenden Gitterin-
20 nenstege und den Gitterrandstegen gebildet.

In einer vorteilhaften Ausführungsform weist zumindest ein den Innenbereich durchsetzender Gitterinnensteg eine höhere Festigkeit auf als zumindest ein außerhalb dieses Innenbereiches
25 angeordneter Gitterinnensteg.

Vorzugsweise sind Gitterstege durch Schweißverbindungen miteinander verbunden, wobei zumindest ein Teil der Schweißverbindungen der Gitterinnenstege außerhalb des Innenbereiches
30 mit einer geringeren Festigkeit als die Schweißverbindungen

der Gitterinnenstege innerhalb des Innenbereiches ausgeführt ist.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weist zumindest
5 ein Teil der Gitterinnenstege in einem außerhalb des Innenbereich liegenden Stegbereich gegenüber den innerhalb des Innenbereiches angeordneten Stegbereichen eine Materialschwächung auf, wobei diese Materialschwächung insbesondere durch eine kleinere Wanddicke (Stegbreite) dieser Gitterinnenstege oder
10 durch gezielt zur Schwächung in die Stege eingebrachte Ausnehmungen herbeigeführt ist.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen. Es zeigen:

15

Fig. 1, 2 jeweils einen Abstandhalter gemäß der Erfindung in einer schematischen Draufsicht nach der Durchführung eines Verformungsversuches,

20

Fig. 3 einen Ausschnitt aus einem Abstandhalter in einem Randbereich in einer perspektivischen Darstellung, bei dem unterschiedliche erfindungsgemäße Maßnahmen zur gezielten Schwächung in diesem Randbereich schematisch veranschaulicht sind,

25

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines Abstandhalters gemäß der Erfindung in einer schematischen Draufsicht ebenfalls nach Durchführung eines Verformungsversuches,

Fig. 5 ein Brennelement für einen Druckwasserkernreaktor, wie es im Stand der Technik bekannt ist,

30

Fig. 6 - 8 jeweils einen bekannten Abstandhalter in einer schematischen Draufsicht nach der Durchführung eines Verformungsversuches.

Fig. 1 zeigt einen 16 x 16 Abstandhalter 4, mit einer Anordnung der Stützrohre in Positionen P_a , wie sie auch bei dem bekannten und in Fig. 8 dargestellten Abstandhalter vorliegen.

- 5 Im Ausführungsbeispiel sind alle Stützrohre Steuerstabführungsrohre 12. Weitere Strukturrohre sind in diesem Ausführungsbeispiel nicht vorhanden.

Der Abstandhalter 4 ist aus Gitterstegen 14_1 , - 14_{17} , und 16_1 - 16_{17} aufgebaut, die an den Kreuzungsstellen miteinander verschweißt sind. Die Gitterstege 14_1 , 14_{17} , 16_1 und 16_{17} bilden den Rand des Gitters und werden im folgenden als Gitterrandstege bezeichnet. Die Gitterstege 14_2 - 14_{16} und 16_2 - 16_{16} verlaufen im Inneren des Gitters und werden im folgenden als Gitterinnenstege bezeichnet.

Die Steuerstabführungsrohre 12 legen einen durch Schraffur hervorgehobenen Innenbereich 18 fest, der im Ausführungsbeispiel durch die von den Gitterinnenstegen 14_3 , 14_{15} , 16_3 und 16_{15} begrenzte quadratische Zone gebildet wird, die diese Gitterinnenstege $14_3, 14_{15}$, 16_3 und 16_{15} umfasst. In der Figur ist nun mit Hilfe der durch einen schwarzen Punkt gekennzeichneten Stellen veranschaulicht, dass die außerhalb dieses Innenbereiches 18 befindlichen Schweißverbindungen 20 der Gitterinnenstege 14_2 , 14_{16} , 16_2 , 16_{16} mit den sie kreuzenden Gitterinnenstegen 16_{2-16} bzw. 14_{2-16} gegenüber den anderen Schweißstellen geschwächt ist. Dies kann durch eine Verringerung der Schweißlänge, des Durchmessers der Schweißknoten oder der Anzahl der Schweißstellen erfolgen.

30

Diese gezielte Schwächung des Abstandhalters 4 im Randbereich führt nun bei Ausübung einer Grenzskraft (Beul- oder

Knickgrenze F_{krit}) überschreitende Querkraft dazu, dass ein Ausknicken nicht mehr wie in Fig. 8 in den Reihen 10₈ und 10₉, sondern in den außerhalb des Innenbereiches 18 liegenden Reihen 10₁, 10₂, 10₁₅ und 10₁₆ erfolgt. Ein unmittelbarer Vergleich der in
5 Fig. 1 und 8 jeweils dargestellten Situationen lässt erkennen, dass die Konfiguration der Steuerstabführungsrohre 12 (im Beispiel sind alle Stützrohre Steuerstabführungsrohre) auch nach dem Ausknicken im Ausführungsbeispiel gem. Fig. 1 nahezu unverändert bleibt, so dass die Beweglichkeit der Steuerstäbe
10 nicht oder in einem weitaus geringeren Ausmaß als in der in Fig. 8 dargestellten Situation behindert ist.

Grundsätzlich können auch zusätzlich oder alternativ die Schweißverbindungen der Gitterrandstege untereinander und mit
15 den Gitterinnenstegen eine gezielte Schwächung erfahren. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die im Ausführungsbeispiel nur an den Gitterinnenstegen vorgenommenen Schwächungen besonders vorteilhaft sind.

20 In Fig. 2 ist der Abstandhalter 4 gem. Fig. 1 nach der Durchführung eines Verformungsversuches dargestellt, bei dem im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten Situation ein Gleiten an einer der Seitenflächen, zwischen denen die Kraft $F > F_{krit}$ ausgeübt wird, verhindert worden ist. Der Fig. ist zu entnehmen,
25 dass in diesem Fall eine Verformung eintritt, die anders als die punktsymmetrische Verformung gemäß Fig. 1 spiegelsymmetrisch ist. Auch in diesem Fall bleibt die Integrität des Innenbereiches 18 erhalten.

30 In Fig. 3 ist ein außerhalb des Innenbereiches angeordneter Gitterinnensteg, beispielsweise der Gitterinnensteg 14₂ mit sich mit ihm kreuzenden Gitterinnenstegen 16_{i, i+1, i+3} in einem

perspektivischen Ausschnitt dargestellt. Anhand der Figur sind beispielhaft und nicht abschließend verschiedene Möglichkeiten erläutert, wie in der Praxis eine gezielte Schwächung des Abstandhalters im Randbereich realisiert werden kann. Im Beispiel ist ein Abstandhalter dargestellt, bei dem die Gitterinnenstege 14_2 , $16_{i,i+1,i+3}$ mit Schweißknoten 22a,b miteinander verbunden sind.

Eine Möglichkeit, eine gezielte Schwächung herbei zu führen, besteht nun darin, Schweißknoten 22a zu verwenden, deren Durchmesser gegenüber dem Durchmesser der im Innenbereich verwendeten Schweißknoten 22b, die in der Figur gestrichelt dargestellt sind, verringert ist, ohne deren Anzahl pro Kreuzungsstelle zu verringern (Kreuzungsstelle A).

Eine alternative Ausführungsform besteht darin, die Anzahl der Schweißknoten 22b je Kreuzungsstelle zu verringern, diese aber identisch zu den Schweißknoten im Innenbereich auszuführen (Kreuzungsstelle B).

Eine gezielte Schwächung kann auch durch das Einbringen von Ausnehmungen 24 in die Gitterinnenstege 14_2 , $16_{i,i+1,i+3}$ in ihren außerhalb des Innenbereiches 18 liegenden Stegbereichen erfolgen (Kreuzungsstelle C).

Grundsätzlich ist es auch alternativ oder ergänzend hierzu möglich, die außerhalb des Innenbereiches 18 angeordneten Gitterinnenstege $14_{2,16}$, $16_{2,16}$ mit einer gegenüber den übrigen Gitterstegen (Gitterinnenstege und Gitteraußenstege) reduzierten Wanddicke auszuführen.

Die genannten Maßnahmen - Verringerung des Durchmessers der Schweißknoten, Verringerung der Anzahl der Schweißknoten, Schwächung der Stegbleche - können auch miteinander kombiniert werden. Darüber hinaus können auch die Gitterrandstege in die
5 genannten Maßnahmen mit einbezogen werden.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 ist anstelle der in Fig. 1 bis 3 dargestellten, gezielten oder aktiven Schwächungen der Randzonen $8_{1,2}$, $8_{15,16}$, $10_{1,2}$, $10_{15,16}$ eine relative Schwächung
10 dieser Randzonen dadurch herbeigeführt, dass die in der Mitte angeordneten Gitterinnenstege 14₉ und 16₉ eine größere Wandstärke aufweisen. In diesem Ausführungsbeispiel wird also keine aktive, direkte Schwächung der Randzone vorgenommen, sondern es wird diese indirekt relativ zum Innenbereich 18 ge-
15 schwächt, in dem zumindest einer der diesen Innenbereich 18 durchsetzenden Gitterinnenstege, im Beispiel aus Symmetriegründen die mittleren Gitterinnenstege 14₉, 16₉, stärker ausgelegt ist, als die Gitterinnenstege 14₁, 14₁₆, 16₁, 16₁₆ außerhalb des Innenbereiches 18.

Bezugszeichenliste

5	2	Brennelement
	4;4a,b	Abstandhalter
	6	Masche
	8 _i	Spalte
	10 _i	Reihe
10	12	Steuerstabführungsrohr
	14 _i , 16 _i	Gittersteg
	18	Innenbereich
	20	Schweißverbindung
	22a,b	Schweißknoten
15	24	Ausnehmung
	F	Presskraft
	P _a	Position SSFR
	A,B,C	Kreuzungsstellen

Ansprüche

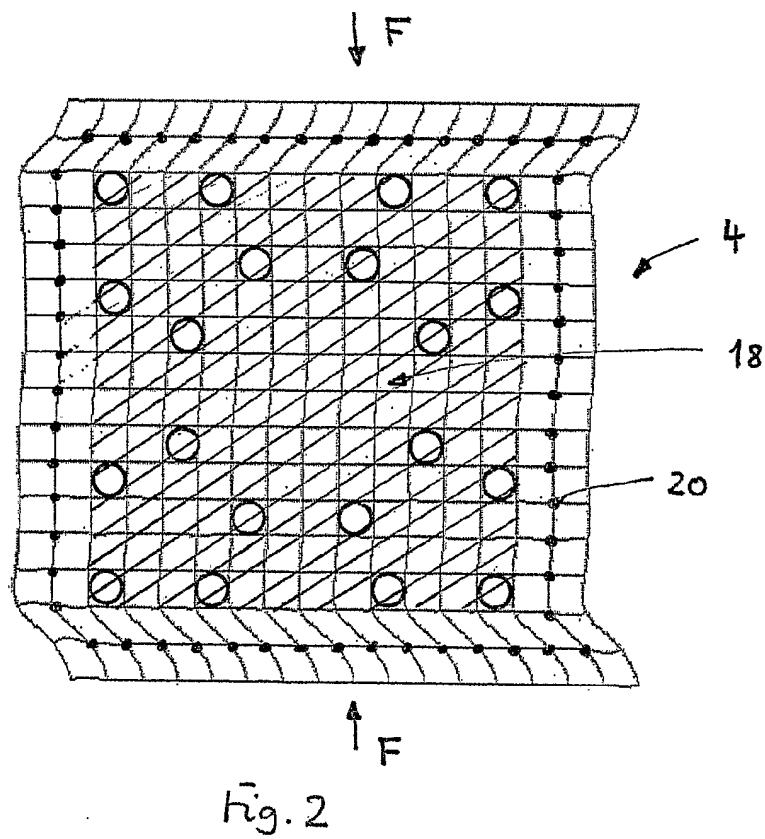
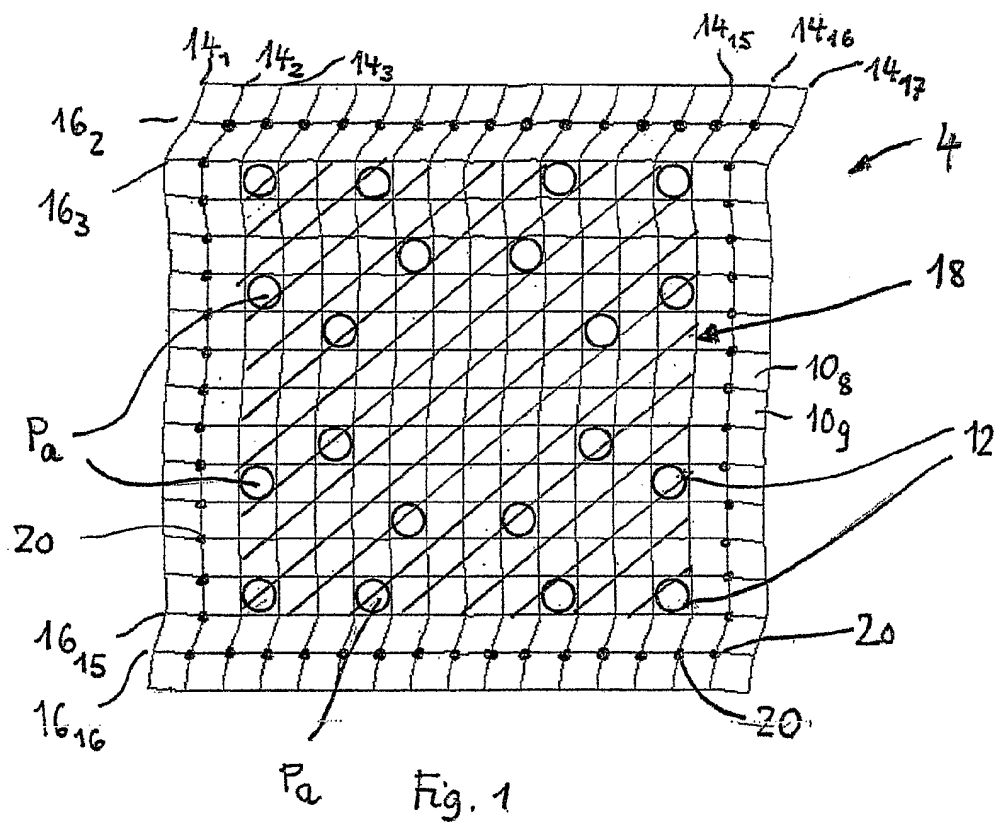
- 5 1. Brennelement für einen Druckwasserkernreaktor, mit einer Vielzahl von Brennstäben, die in einer Mehrzahl von axial beabstandeten Abstandhaltern (4) geführt sind, die jeweils ein aus Gitterstegen (14₁₋₁₇, 16₁₋₁₇) aufgebautes quadratisches Gitter mit einer Vielzahl von Maschen (6) bilden, die in Reihen
10 (10) und Spalten (8) angeordnet sind, und bei dem durch eine Anzahl dieser Maschen (6) jeweils ein Steuerstabführungsrohr (12) hindurchgeführt ist, wobei der Abstandhalter (4) konstruktiv derart ausgelegt ist, dass bei Überschreiten einer seitlich auf den Abstandhalter (4) wirkenden Grenzkraft eine
15 Verformung ausschließlich in einem Bereich des Abstandhalters (4) beginnt, der sich außerhalb eines die Steuerstabführungsrohre (12) enthaltenden Innenbereiches (18) befindet.
2. Brennelement nach Anspruch 1, bei dem der Abstandhalter (4)
20 außerhalb des Innenbereiches (18) mechanisch schwächer ausgelegt ist als innerhalb des Innenbereiches (18).
3. Brennelement nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Maschen (6) des Abstandhalters (4) durch am Rand angeordnete Gitterrandstege (14_{1,17}, 16_{1,17}) und innenliegende Gitterinnenstege (14₂₋₁₆, 16₂₋₁₆) gebildet sind.
25
4. Brennelement nach Anspruch 3, bei dem zumindest ein den Innenbereich (18) durchsetzender Gitterinnensteg (14₉, 16₉) eine
30 höhere Festigkeit aufweist als zumindest ein Gitterinnensteg (14₂, 14₁₆, 16₂, 16₁₆) außerhalb dieses Innenbereiches (18).

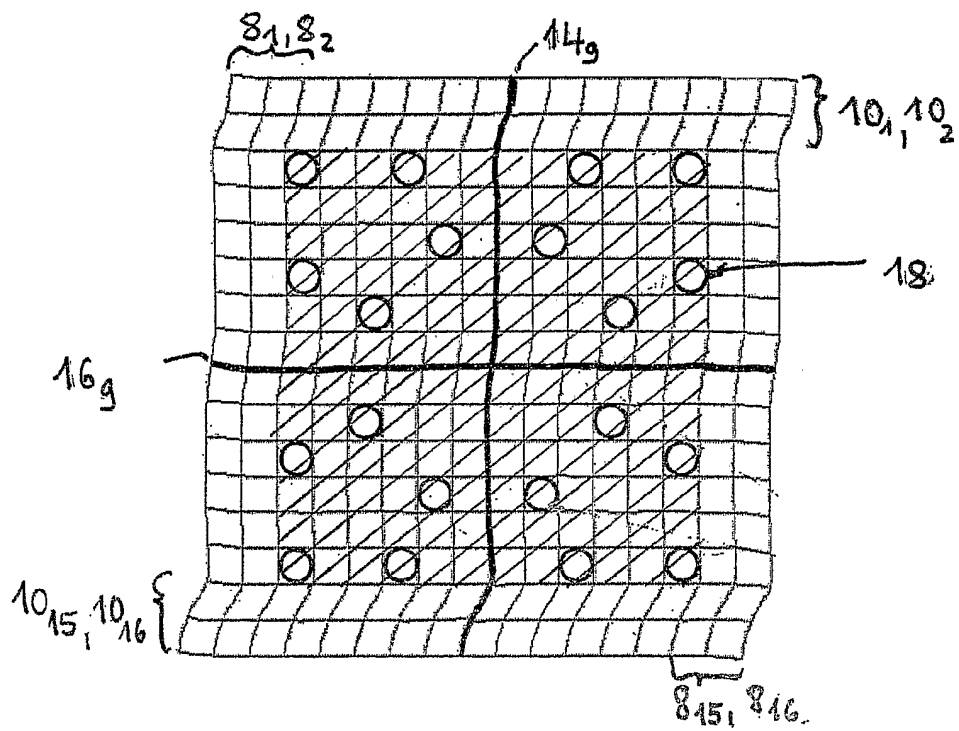
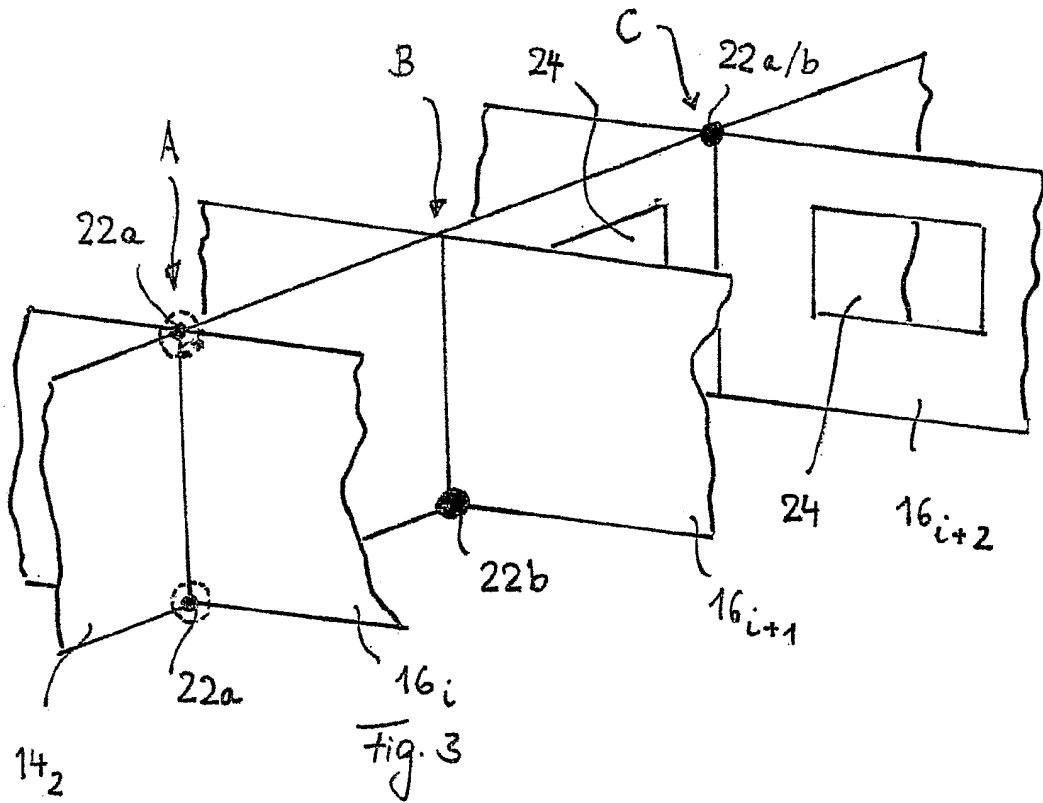
5. Brennelement nach Anspruch 3 oder 4, bei dem die Gitterstege (14₁₋₁₇, 16₁₋₁₇) durch Schweißverbindungen (20) miteinander verbunden sind, wobei zumindest ein Teil der Schweißverbindungen (20) der Gitterinnenstege (14₂₋₁₆, 16₂₋₁₆) außerhalb des Innenbereiches (18) gegenüber den innerhalb des Innenbereiches (18) befindlichen Schweißverbindungen (20) eine geringere Festigkeit aufweist.

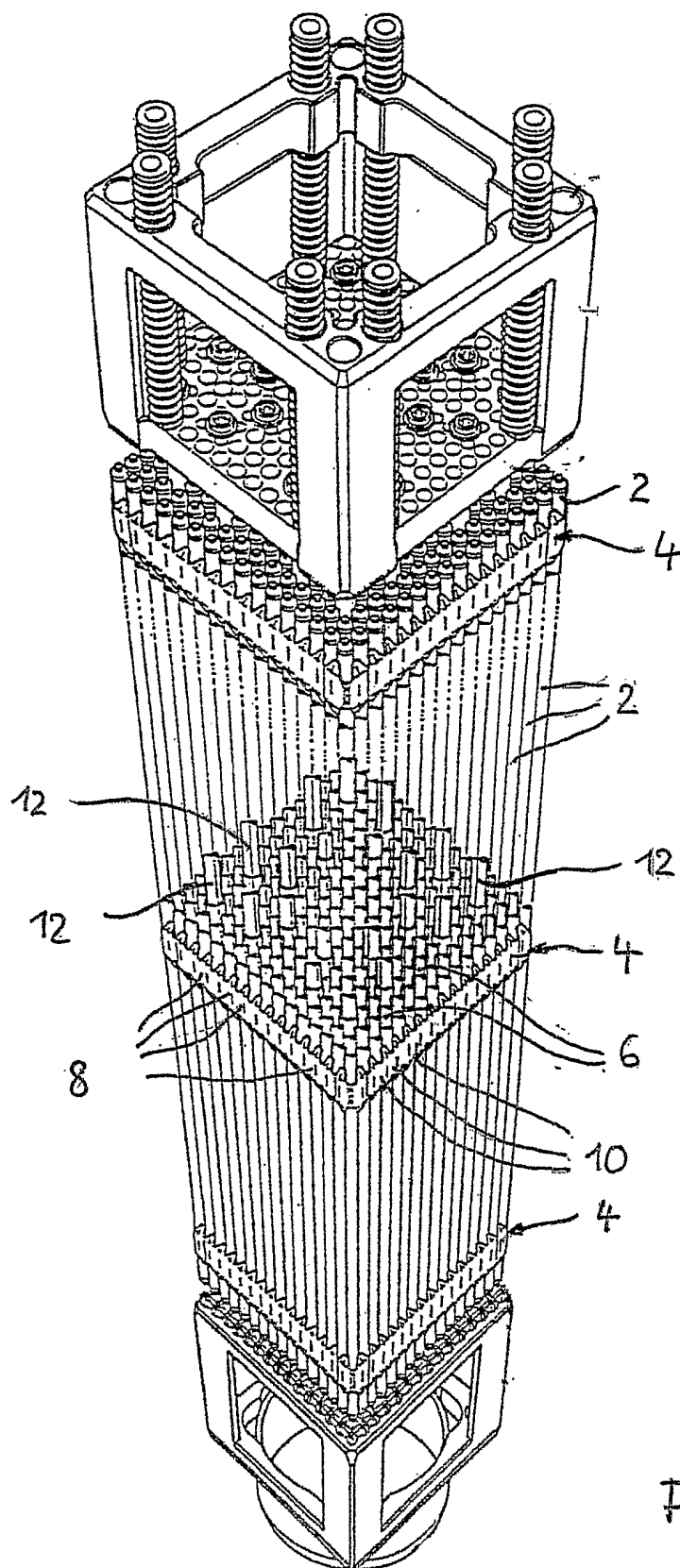
6. Brennelement nach einem der Ansprüche 3, 4 oder 5, bei dem zumindest ein Teil der Gitterinnenstege (14₂₋₁₆, 16₂₋₁₆) in einem außerhalb des Innenbereiches (18) liegenden Stegbereich eine Materialschwächung aufweisen.

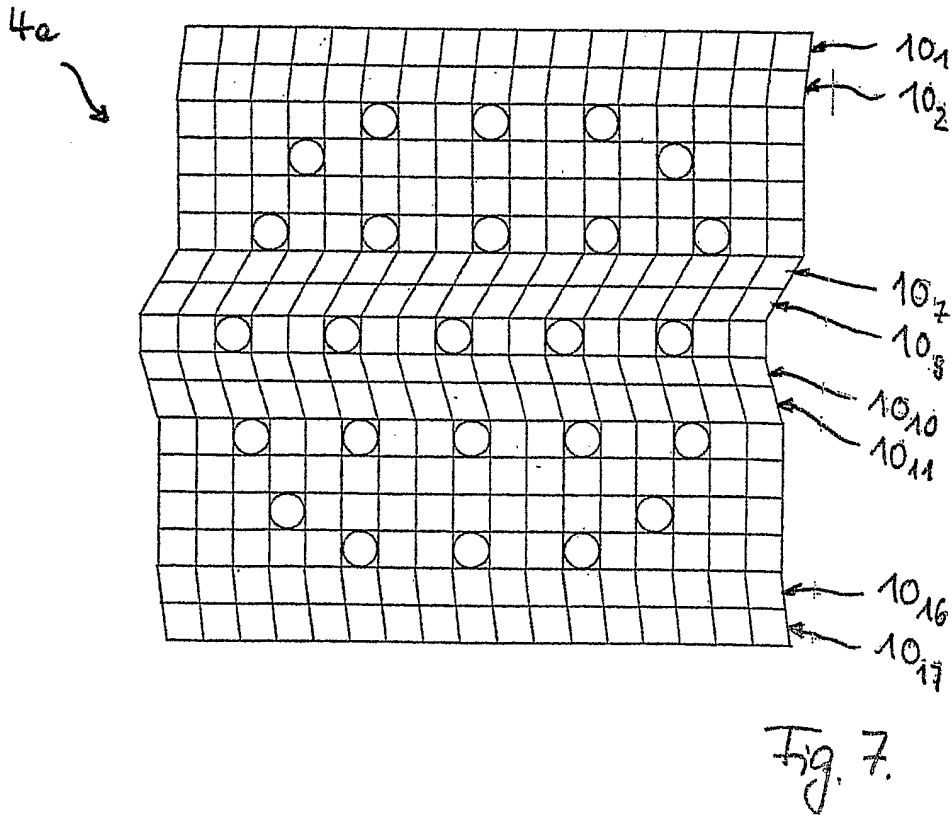
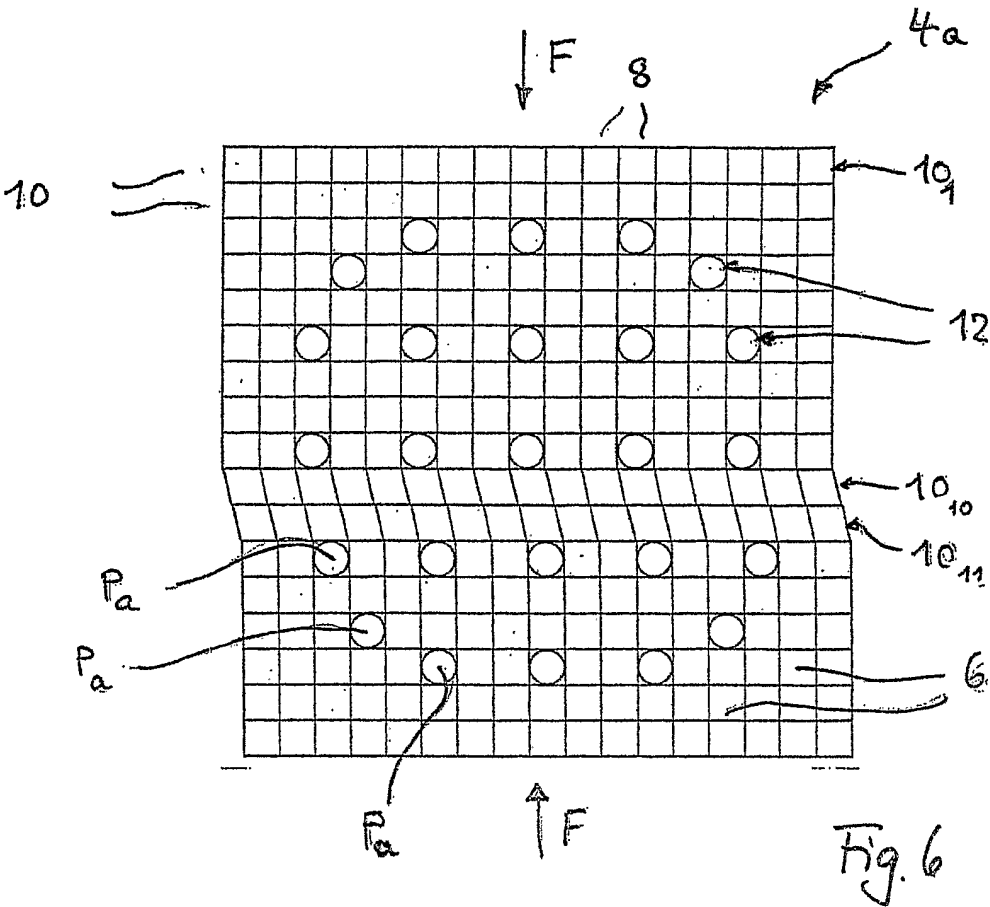
7. Brennelement nach Anspruch 6, bei dem die außerhalb des Innenbereiches (18) angeordneten Gitterinnenstege (14₂, 14₁₆, 16₂, 16₁₆) eine kleinere Wanddicke aufweisen als die den Innenbereich (18) durchsetzenden Gitterinnenstege (14₃₋₁₅, 16₃₋₁₅).

8. Brennelement nach Anspruch 6 oder 7, bei dem zumindest ein Gitterinnensteg (14₂, 16_{i+2}) außerhalb des Innenbereiches (18) zur Materialschwächung mit einer Ausnehmung (24) versehen ist.









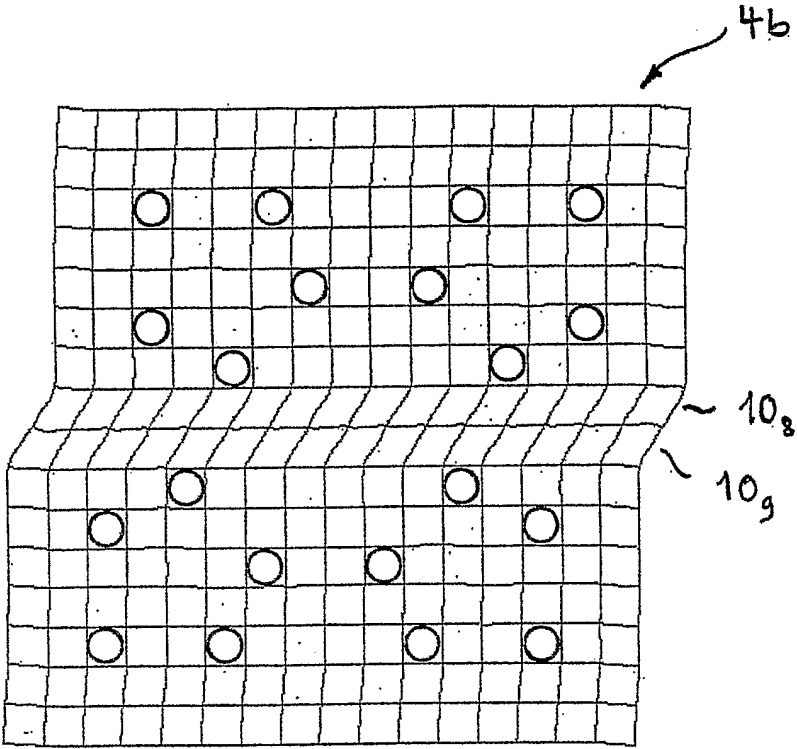


Fig. 8