

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 27 13463 C 2

⑮ Int. Cl. 3:
G21D 1/00

⑳ Aktenzeichen: P 27 13 463.0-33
㉑ Anmeldetag: 26. 3. 77
㉒ Offenlegungstag: 5. 10. 78
㉓ Veröffentlichungstag: 4. 2. 82
Einspruchsfrist 3 Monate nach Veröffentlichung der Erteilung

㉔ Patentinhaber:
Kernforschungsanlage Jülich GmbH, 5170 Jülich, DE

㉕ Erfinder:
Barnert, Heiko, Dr.; Schäfer, Manfred, 5170 Jülich, DE

㉖ Entgegenhaltungen:
DE-OS 15 39 904
US 34 02 102
Jül.-Bericht, Jül.-941RR, April 1973;

㉗ Kernenergieanlage mit gasgekühltem Reaktorcore

DE 27 13463 C 2

DE 27 13463 C 2

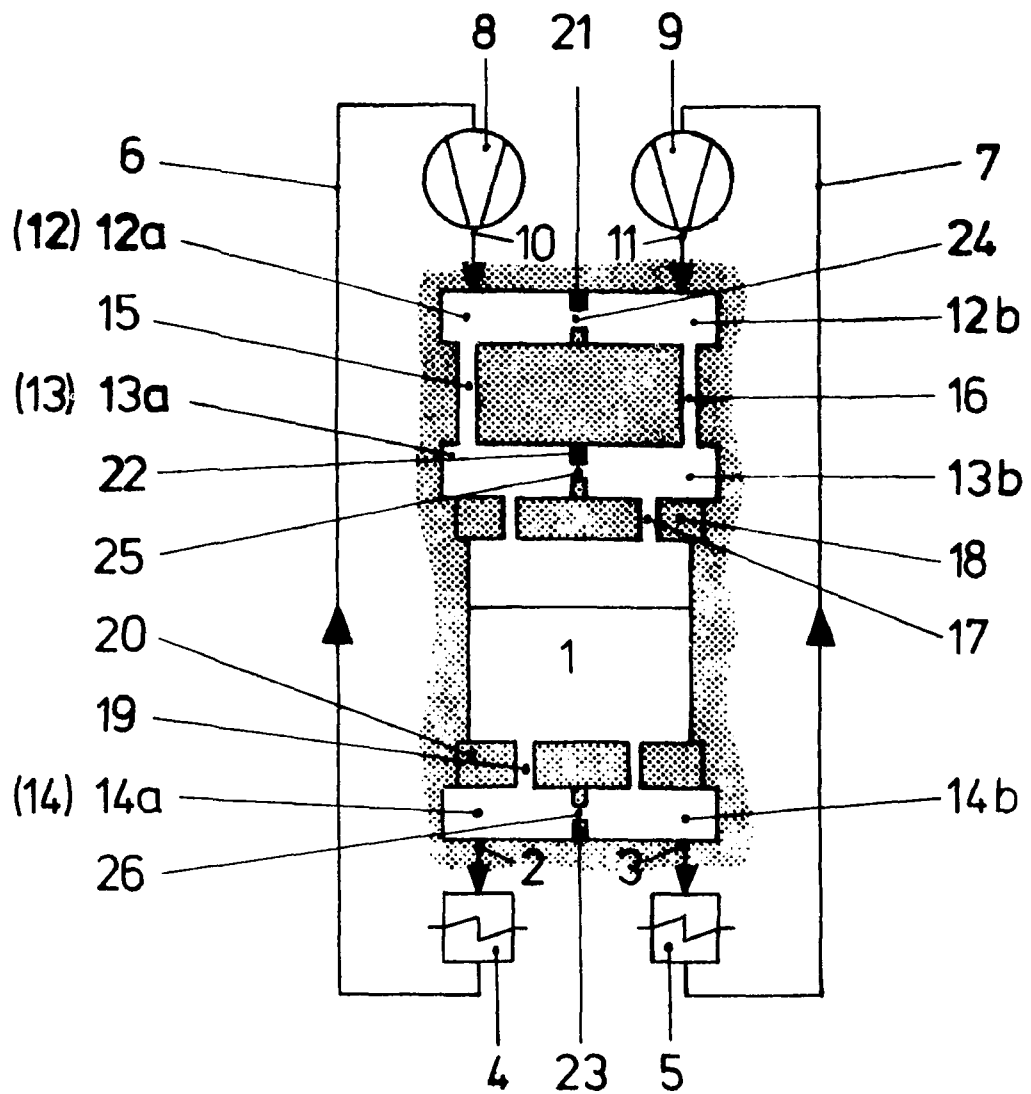


Fig.1

Patentansprüche:

1. Kernenergieanlage mit gasgekühlten Reaktorcore und mit wenigstens zwei am Reaktorcore angeschlossenen parallel geführten Kühlgaskreisläufen mit Komponenten zur Abgabe der Energie des Kühlgases, wobei vor Eintritt des im Kühlgaskreislauf abgekühlten Kühlgases, dem sogenannten Kaltgas, in das Reaktorcore und/oder nach Austritt des im Reaktorcore erhitzten Kühlgases, dem sogenannten Heißgas, aus dem Reaktorcore zumindest jeweils ein Gassammelraum vorgesehen ist, in den die Zu- und Abführungen der Kühlgaskreisläufe münden, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einer der Gassammelräume (12, 13, 14) mit Zwischenwänden (21, 21a, 21b, 22, 23) so unterteilt ist, daß die Gaszu- und Abführungen (10, 15; 2, 11; 16, 2) jedes Kühlgaskreislaufes in einer gesonderten Gaskammer (12a, 13a, 14a; 12b, 13b, 14b) münden, die über eine oder mehrere Druckausgleichsöffnungen (24, 24a, 24b, 25, 26) mit insgesamt hohem Strömungswiderstand gegenüber dem Strömungswiderstand der übrigen Gasführungen (10, 15; 2, 11; 16, 3) mit zumindest einer weiteren Gaskammer (12b, 13b, 14b; 12a, 13a, 14a) desselben Gassammelraumes (12, 13, 14) verbunden ist, wobei die Zwischenwände (21, 21a, 21b, 22, 23) eine den Druckdifferenzen, die zwischen den Gaskammern (12a, 12b; 13a, 13b; 14a, 14b) beim Bruch einer drucktragenden Wandung oder Gasleitung entstehen, standhaltende Festigkeit aufweisen.

2. Kernenergieanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasführungen (15) eines Kühlgaskreislaufes zur Führung von Kaltgas zwischen zwei hintereinander geschalteten Gassammelräumen (12, 13) in zumindest zwei Gruppen unterteilt sind, von denen jede Gruppe im nachgeschalteten Gassammelraum (13) in einer anderen Gaskammer (13a, 13b) mündet.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kernenergieanlage mit gasgekühltem Reaktorcore und mit wenigstens zwei am Reaktorcore angeschlossenen, parallel geführten Kühlgaskreisläufen mit Komponenten zum Wärmezug aus dem Kühlgas, wobei vor Eintritt des im Kühlgaskreislauf abgekühlten Kühlgases, dem sogenannten Kaltgas, in das Reaktorcore und/oder nach Austritt des im Reaktorcore erhitzten Kühlgases, dem sogenannten Heißgas, aus dem Reaktorcore zumindest jeweils ein Gassammelraum vorgesehen ist, in den die Gaszu- und Abführungen der Kühlgaskreisläufe münden.

Bei gasgekühlten Kernenergieanlagen ist es erforderlich, Sicherheitsvorkehrungen, insbesondere für den Fall eines Gasleitungsbruches, zu treffen. Die Auswirkungen eines solchen Bruches und die Folgeschäden sind auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Die Kernenergieanlagen umgeben Reaktordruckbehälter aus Stahl oder aus Spannbeton, die unter Berücksichtigung der maximal zu erwartenden Drücke innerhalb des von ihnen umschlossenen Raumes ausgelegt werden. Zusätzlich ist es erforderlich, eine Zerstörung von Gasleitungen und Komponenten, die der berstenden Gasleitung benach-

bart sind, durch Splitterwirkung zu vermeiden (DE-PS 24 35 358).

Es muß jedoch vor allem auch dafür Sorge getragen werden, daß infolge der plötzlichen Druckverminderung im Kühlgaskreislauf die Funktionstüchtigkeit von Kühleinrichtungen, die der Nachwärmeabfuhr dienen, erhalten bleibt, damit als Folgewirkung eine mögliche Zerstörung des Reaktorcores verhindert wird.

Aus US-PS 34 02 102 ist eine Kernreaktoranlage bekannt, bei der im Kühlgaskreislauf mehrere, parallel geschaltete Gebläse eingesetzt sind. Für den Fall, daß eines dieser Gebläse ausfallen sollte, sind die Saugseiten der Gebläse über eine Massen-Ausgleichsleitung miteinander verbunden. Bei Eintritt eines Störfalles mit plötzlicher Druckverminderung ist jedoch mit einer Beeinträchtigung aller Gebläse zu rechnen.

Um die Geschwindigkeit des Druckabfalles in den Kühlgaskreisläufen beim Bersten einer der Gasleitungen zu verlangsamen, ist es bekannt, in den Gasleitungen Durchflußbegrenzer einzusetzen. Bei Siedewasserreaktoren werden zum Beispiel Venturidüsen verwendet. Nachteilig ist der durch den Einsatz dieser Düsen im Normalbetrieb verursachte Druckverlust. Um diesen Nachteil zu vermeiden, ist es aus der DE-OS 22 49 690 bekannt, eine Sollbruchstelle in der drucktragenden Wandung der Gasleitung vorzugeben und an dieser Stelle innerhalb der Gasleitung einen Körper geringeren Querschnitts einzusetzen, der beim Bruch der Gasleitung den Austrittsquerschnitt für das Kühlgas vermindert. Die vorgenannten Maßnahmen sind jedoch verhältnismäßig aufwendig. Bei Reaktoranlagen mit mehreren, am Reaktorcore angeschlossenen parallel geführten Kühlgaskreisläufen, die unter der Bezeichnung Kernreaktoranlage in Mehr-Loop-Bauweise bekannt sind, vergleiche DE-OS 15 39 904 sowie JÜL-Bericht, JÜL-941 RG, April 1973, geht man davon aus, daß wegen der Aufteilung des Kühlgasstromes in mehrere Kühlgaskreisläufe eine Begrenzung der Folgewirkung beim Bruch einer Gasleitung schon deshalb erreicht wird, weil die einzelnen Gasleitungen geringere Massenströme führen und geringer bemessen sind und infolgedessen mit geringeren Geschwindigkeiten für den Druckabfall im Gesamtsystem zu rechnen ist. Nachteilig ist jedoch, daß beim Bruch einer Gasleitung die dabei entstehende Expansionswelle in den Bereichen der Kernenergieanlage, in denen die Gasleitungen der einzelnen Kühlgaskreisläufe zusammengeführt oder verzweigt sind, in noch intakte Bereiche der Kernenergieanlage eindringt und durch Zerstörung weiterer Anlagenteile deren Funktionstüchtigkeit, insbesondere die Funktionstüchtigkeit des Nachwärmeabfuhrsystems, gefährdet. Aber auch dann, wenn das Nachwärmeabfuhrsystem unversehrt bleibt, lassen sich nach Inbetriebnahme des Nachwärmeabfuhrsystems Kurzschlußströme des Kühlgases nicht vermeiden, so daß die sich im Reaktorcore entwickelnde Nachwärme nicht in gewünschter Weise abführbar ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, bei gasgekühlter Kernenergieanlagen mit mehreren parallel geführten Kühlgaskreisläufen im Störfall des Versagens von drucktragenden Wandungen oder Gasleitungen in einem der Kühlgaskreisläufe Folgeschäden in noch nicht betroffenen Kühlgasloops zu vermeiden und das Nachwärmeabfuhrsystem funktionstüchtig zu erhalten. Darüber hinaus soll der durch die Öffnung eines Kühlgaskreislaufes infolge des Bruchs entstehende Kurzschlußstrom des Kühlgases, der das Abführen der Nachwärme behindert, weitgehend vermieden werden.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung bei einer Kernenergieanlage der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß zumindest einer der Gassammelräume mit Zwischenwänden so unterteilt ist, daß die Gaszu- und Abführungen jedes Kühlgaskreislaufes in einer gesonderten Gaskammer münden, die über einen oder mehrere Druckausgleichsöffnungen mit insgesamt hohem Strömungswiderstand gegenüber dem Strömungswiderstand der übrigen Gasführungen mit zumindest einer weiteren Gaskammer desselben Gassammelraumes verbunden ist, wobei die Zwischenwände eine den Druckdifferenzen, die zwischen den Gaskammern beim Bruch einer drucktragenden Wandung oder Gasleitung entstehen, standhaltende Festigkeit aufweisen.

In vorteilhafter Weise wird hierdurch erreicht, daß bei einer Kernenergieanlage in Mehr-Loop-Bauweise der Verzweigungspunkt der parallel geführten Kühlgaskreisläufe und/oder deren Zusammenführungspunkt näher an den vom gesamten Kühlgas gemeinsam durchströmten Reaktorcorebereich herangeführt wird. Die Kühlgaskreisläufe sind im Hinblick auf Strömungsvorgänge beim Auftreten eines Störfalles weitgehend entkoppelt, wobei die nach Bruch einer Gasführung auftretende Expansionswelle von den Zwischenwänden am Übergreifen auf noch intakte Kühlgasloops gehindert wird. Ein Druckausgleich zwischen zerstörten und intaktgebliebenen Kühlgaskreisläufen über die Druckausgleichsöffnungen in den Zwischenwänden ist infolge des hohen Strömungswiderstandes der Druckausgleichsöffnungen vernachlässigbar gering.

Um auch den Austausch von Kühlgas zwischen den verschiedenen Kühlgaskreisläufen während des normalen Betriebes der Kernenergieanlage zu unterstützen, besteht eine weitere Ausgestaltung der Erfindung darin, daß die Gasführungen eines Kühlgaskreislaufes zur Führung von Kaltgas zwischen zwei hintereinander geschalteten Gassammelräumen in mindestens zwei Gruppen unterteilt sind, von denen jede Gruppe im nachgeschalteten Gassammelraum in einer anderen Gaskammer mündet.

Die Erfindung wird anhand eines in der Zeichnung schematisch wiedergegebenen Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen im einzelnen:

Fig. 1 Prinzipskizze einer Reaktoranlage mit zwei Arbeitsgaskreisläufen,

Fig. 2 Reaktoranlage mit zwei Arbeitsgaskreisläufen im Längsschnitt gemäß Schnittlinie II/II nach Fig. 3,

Fig. 3 Querschnitt durch eine Reaktoranlage nach Fig. 2 gemäß Schnittlinie III/III.

Wie aus der Zeichnung hervorgeht, sind im Ausführungsbeispiel an einem gasgekühlten Reaktorcore 1 zwei parallel geführte Kühlgaskreisläufe (Kühlgasloops) angeschlossen (vergleiche Fig. 1). Die Erfindung ist nicht auf Reaktoranlagen in Zwei-Loop-Bauweise beschränkt, sie ist auch von Bedeutung für Reaktoranlagen mit einer größeren Anzahl von Kühlgasloops. Im Ausführungsbeispiel wird das im Reaktorcore 1 erhitzte Kühlgas, das Heißgas, über Gasabführungen 2, 3 der beiden Kühlgaskreisläufe zunächst Komponenten 4, 5 zur Abgabe der Energie des Kühlgases zugeleitet. Für diese Komponenten können in einfacher Weise Wärmetauscher zur Erhitzung von Sekundärenergieträgern aber auch Gasturbinen eingesetzt sein. Das in den Komponenten 4, 5 abgekühlte Kühlgas, das Kaltgas, wird über Gasleitungen 6, 7 Förderaggregaten 8, 9 zugeführt und strömt über Kaltgaszuführungen 10, 11 erneut dem Reaktorcore zur Aufheizung zu. Die Strömungsrichtung des Kühlgases ist in Fig. 1 durch

eingezeichnete Pfeile kenntlich gemacht.

Sowohl vor Eintritt des Kaltgases in das Reaktorcore 1 als auch nach Austritt des Heißgases aus dem Reaktorcore sind Gassammelräume 12, 13, 14 vorgesehen. Aus dem Gassammelraum 12 strömt das Kaltgas über Gaszuführungen 15, 16 in den Gassammelraum 13 und von dort über Ausnehmungen 17 im Deckenreflektor 18 in das Reaktorcore 1 ein. Durch Ausnehmungen 19 im Bodenreflektor 20 gelangt das Heißgas in den Gassammelraum 14 unterhalb des Bodenreflektors 20.

Jeder Gassammelraum 12, 13, 14 ist durch Zwischenwände 21, 22, 23 jeweils so unterteilt, daß sowohl die Heißgas führenden Gasabführungen 2, 3 als auch die Kaltgaszuführungen 10, 11 sowie die Gaszuführungen 15, 16 jeweils in einer gesonderten Gaskammer 14a, 14b; 12a, 12b; 13a, 13b münden. Die Zwischenwände 21, 22, 23 weisen Druckausgleichsöffnungen 24, 25, 26 auf. In den Zwischenwänden können mehrere Druckausgleichsöffnungen vorgesehen sein, wobei die Druckausgleichsöffnungen so ausgelegt sind, daß ihr Strömungswiderstand insgesamt hoch ist gegenüber dem Strömungswiderstand der übrigen Gaszu- und Gasabführungen. Die Zwischenwände 21, 22, 23 weisen eine den Druckdifferenzen, die zwischen den Gaskammern beim Bruch einer drucktragenden Wandung oder Gasführung entstehen, standhaltende Festigkeit auf.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 und 3 bilden die Gasabführungen 2 und die Kaltgaszuführung 10 sowie die Gasabführung 3 und die Kaltgaszuführung 11 Koaxialleitungen, wobei jeweils die das Heißgas führenden Gasabführungen 2, 3 im Inneren der Kaltgaszuführungen 10, 11 verlegt sind. Der Gassammelraum 12 umgibt als Ringraum den Gassammelraum 14 für das Heißgas (Fig. 3). Die Zwischenwand 21 des Gassammelraums 12 besteht daher aus zwei Teilstücken 21a, 21b mit je einer Druckausgleichsöffnung 24a, 24b.

Eignet sich bei dieser Ausbildung der Reaktoranlage ein Störfall durch Bruch einer der Gasführungen, zum Beispiel ein Bruch der Koaxialleitung, die Gasabführung 2 und Kaltgaszuführung 10 bilden, so wird sich in der ersten Phase des Störfalles die Expansionswelle auf der Heißgasseite in die Gaskammer 14a, auf der Kaltgasseite in die Gaskammern 12a und 13a ausbreiten. Die Expansionswelle wird an den Zwischenwänden 23 sowie 21a, 21b und 22 abgefangen, so daß eine unmittelbare Beeinträchtigung des noch intakten zweiten Kühlgaskreislaufes verhindert wird. Die Zwischenwände 21a, 21b, 22 und 23 entkoppeln den intaktgebliebenen Kühlgaskreislauf vom gestörten Kühlgaskreislauf weitgehend und vermindern so die Ausströmrates des Kühlgases aus dem intakten Kühlgaskreislauf. Nach Einsetzen des Nachwärmeabfuhrbetriebes wird infolge der Zwischenwände in den Gassammelräumen sowohl der Anteil der aus dem Containment vom Förderaggregat 9 des intakten Kühlgaskreislaufes über die Bruchstelle der Gasabführung 2 für das Heißgas angesaugten Atmosphäre als auch der Anteil des aus dem intakten Kühlgaskreislaufes in das Containment über die Bruchstelle in der Kaltgaszuführung 10 entweichenden Kühlgases vermindert.

Während des Betriebes der Kernenergieanlage findet zwischen einzelnen Gaskammern der Gassammelräume 12, 13, 14 über die Druckausgleichsöffnungen 24a, 24b, 25, 26 ein Austausch von Kühlgas zwischen den Kühlgasloops statt. Zur Unterstützung dieses Austausches sind die Gaszuführungen 15, 16 zwischen den Gassammelräumen 12 und 13 in mehrere Gaszuführungen kleineren Querschnitts aufgeteilt, die jedoch in

Fig. 2 nicht gesondert dargestellt sind. Ein Teil dieser Gaszuführungen ist so geführt, daß einerseits ein Teil des Kaltgases aus der Gaskammer 12a in die Gaskammer 13b und andererseits ein Teil des Kaltgases von der Gaskammer 12b in die Gaskammer 13a überführt wird.

Im Ausführungsbeispiel ist die Unterteilung des ringförmigen Gassammelraums 12 für den Fall eines Bruches einer der Koaxialleitungen am wirkungsvollsten. Die Zwischenwände 22, 23 in den Gassammelräumen 13, 14 sind demgegenüber von geringerer Bedeutung.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

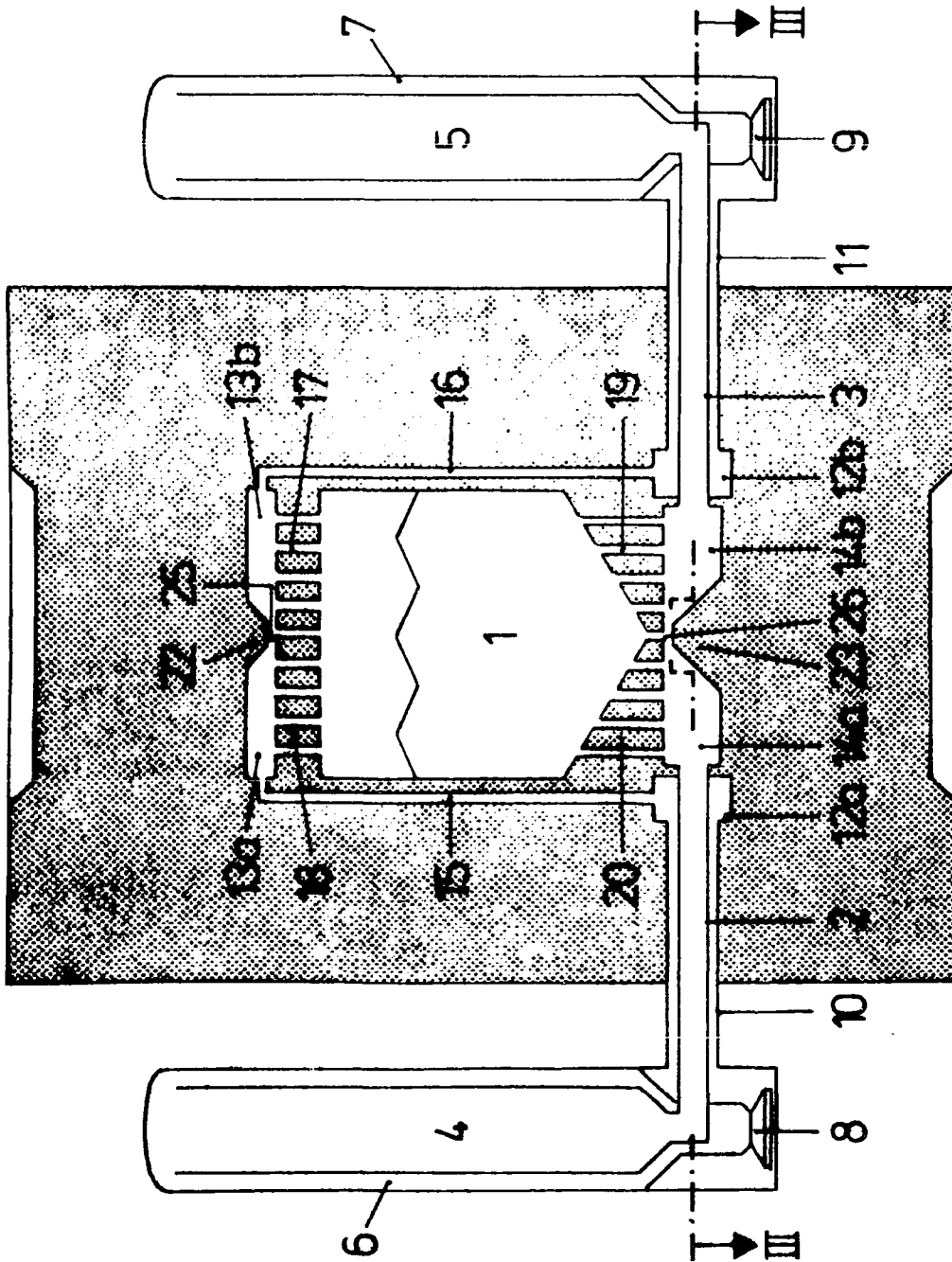


Fig. 2

