

51

Int. Cl. 2:

G 21 C 1/00

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Behördeneigentum

DT 24 56 405 A1

11

Offenlegungsschrift 24 56 405

21

Aktenzeichen: P 24 56 405.4

22

Anmeldetag: 29. 11. 74

43

Offenlegungstag: 12. 8. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31 -

54

Bezeichnung: Vergleichmäßigung des Fließens von Kugeln im Kugelhaufenreaktor

61

Zusatz zu: P 24 08 926.7

71

Anmelder: Interatom Internationale Atomreaktorbau GmbH, 5060 Bensberg

72

Erfinder: Heil, Jürgen, Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Lohnert, Günter, Dipl.-Phys. Dr.phil.; Müller-Frank, Ulrich, Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; 5060 Bensberg

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DT-PS	10 83 941
DT-OS	15 48 180
GB	11 22 991
US	29 75 116
US	30 34 689

DT 24 56 405 A1

ORIGINAL INSPECTED

27.11.1974

Go/Di

24.283.5

2456405

INTERATOM

Internationale Atomreaktorbau GmbH

506 Bensberg

Vergleichmäßigung des Fließens von Kugeln im Kugel-
haufenreaktor

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Vergleichmäßigung des Fließens von Kugeln in einem sogen. Kugelhaufenreaktor, insbesondere in einem Reaktor großer Leistung und mit nur einem Kugelabzug nach der Hauptanmeldung P 24 08 926.7.

Ein kleiner Versuchsreaktor dieser Art, der sogen. AVR-Reaktor in Jülich wird in der Zeitschrift Atomwirtschaft, 1966 im Heft 5 auf den Seiten 218 bis 271 beschrieben. Ein weiterer Kugelhaufenreaktor dieser Art, der sogen. THTR-Reaktor in Uentrop, wird in der Atomwirtschaft vom Mai 1971 auf den Seiten 235 bis 246 beschrieben. Auf Seite 237 wird als zweckmäßige Weiterentwicklung dieser beiden Reaktoren auf das sogen. Otto-Programm (once through then out) hingewiesen, "bei dem die Brennelemente nur einmal von oben nach unten durch das Core wandern. Bei diesem Programm müßten zwar die Brennelemente des Erst-Cores entsprechend ihrer Lage im Core für einen sofortigen Vollastbetrieb verschieden hoch angereichertes Uran besitzen, jedoch könnten die entsprechend dem Abbrand nachzufüllenden Brennelemente gleiche Anreicherung aufweisen. Die aus dem Core abgezogenen Brennelemente wären

2456405

dann abgebrannt und könnten dem Kreislauf entnommen werden. Die betriebliche Beschickung und die Entnahmeanlage könnten dann sehr einfach gehalten werden, da die Umwälzung des Cores und die Abbrandmessung fortfallen könnten. Entsprechende Untersuchungen werden in der Kernforschungsanlage Jülich angestellt." Die weiteren Vorteile dieses Otto-Programms werden in der deutschen Offenlegungsschrift 21 23 894 näher beschrieben.

Sowohl der AVR- als auch der THTR-Reaktor haben ein zylindrisches Core, das im unteren Bereich in einen Trichter übergeht, an dessen unterer Spitze sich eine Abzugsvorrichtung für die Brennstoffkugeln befindet. Die bisherigen Versuche mit einer solchen einzigen und zentralen Abzugsvorrichtung haben aber gezeigt, daß sich das gewünschte Otto-Programm mit dieser Abzugsvorrichtung allein nicht in kerntechnisch sinnvoller Weise verwirklichen läßt. Bei kontinuierlichem Abzug der Brennstoffkugeln mit einer in bezug auf den Corequerschnitt mittleren Geschwindigkeit von ca. 0,5 cm/Tag ist die Geschwindigkeit der Kugeln im zentralen Bereich des Cores ca. 6-fach größer als in den Randbereichen. Daher müßte man bei den Brennstoffkugeln im zentralen Bereich des Reaktors entweder mit einem geringeren Abbrand zufrieden sein, oder diese Kugeln erneut dem Reaktor von oben zuführen und damit auf die wesentlichen Vorteile des sogen. Otto-Programms verzichten, nämlich auf den über den Querschnitt gleichmäßigen Abbrand. Um den gleichmäßigen Abzug der Kugeln über dem Corequerschnitt zu verbessern, ist bereits versucht worden, im unteren Core-Bereich drei oder mehrere Abzugsvorrichtungen anzuordnen, die jeweils zu mehreren auf einem Radius

609823/0509

angeordnet sind. Ganz abgesehen von der Tatsache, daß die Anzahl dieser Kugelabzugsvorrichtungen nicht beliebig vermehrt werden kann, weil diese Abzugsvorrichtungen einen erheblichen konstruktiven Aufwand und damit wesentliche Kosten verursachen, haben entsprechende Versuche gezeigt, daß eine Vergrößerung der Anzahl der Abzugsvorrichtungen noch nicht das erwünschte gleichmäßige Fließen der Kugeln gewährleistet.

Um die mit dem ungleichmäßigen Fließen der Kugeln verbundenen Nachteile zu vermeiden, und mit geringem konstruktiven Aufwand eine annähernd konstante Vertikalgeschwindigkeit der Kugeln über den Querschnitt zu erreichen, wird in der Hauptanmeldung eine Vorrichtung zur Vergleichmäßigung des Fließens von Kugeln in einem Kugelhaufenreaktor großer Leistung vorgeschlagen, bei der in einem trichterförmigen Auslauf am Coreboden ein innerer kegelähnlicher Körper mit der Spitze nach oben derart angeordnet ist, daß die Kugeln unterhalb dieses Körpers zu einem zentralen Abfluß fließen können. Dieser Körper sollte in bezug auf seine senkrechte Achse eine annähernd rotations-symmetrische Form aufweisen. Mit Rücksicht auf seine Herstellung aus einem sehr hitzebeständigem Material, beispielsweise Graphit, kann er auch im Querschnitt die Form eines regelmäßigen Vielecks aufweisen. Modellversuche haben gezeigt, daß bei dieser Anordnung eine weitgehend konstante Vertikalgeschwindigkeit der Kugeln im Core erreicht wird, zumindestens solange, bis die Kugeln bei ihrer Abwärtsbewegung eine Position erreichen, die einer Höhe von ca. 0,2 des Core-Durchmessers oder weniger entspricht. Das bedeutet, daß ein möglichst großes Höhen/Durchmesser-Verhältnis der Kugelschütthöhe

2456405

im Core angestrebt werden sollte, um diese Position möglichst spät zu erreichen. Da die Druckverluste des Kühlmediums innerhalb der Brennstoffschüttung bei gleicher Reaktorleistung kubisch von der Core-Höhe abhängen, kann bei Vergrößerung der thermischen Leistung eines Kugelhaufenreaktors die Höhe nicht beliebig vergrößert werden. Daher muß ein Kugelhaufenreaktor größerer Leistung zwangsläufig ein kleineres Höhen/Durchmesser-Verhältnis aufweisen. Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit eines möglichst gleichmäßigen Kugelfließens bei Reaktoren größerer Leistung.

Weiterhin wird in der Hauptanmeldung u.a. vorgeschlagen, daß sich der innere kegelähnliche Körper mit mehreren radialen Stegen auf den unteren Core-Boden abstützt. Diese Abstützung des kegelähnlichen Körpers ist von wesentlicher Bedeutung. Einerseits muß sie das Gewicht des Körpers einschließlich der darauf liegenden Kugelschüttung aufnehmen, andererseits darf der Abfluß der Kugeln nicht behindert werden. Insbesondere sollen weder einzelne Kugeln noch Bruchstücke von einzelnen Kugeln für längere Zeit festgehalten werden.

Der in der Hauptanmeldung vorgeschlagene kegelähnliche Körper muß aus einem hochhitzebeständigen Material, beispielsweise Graphit, hergestellt werden. Diese hochhitzebeständigen Stoffe haben bei hohen Temperaturen gute Festigkeitseigenschaften, sie vertragen aber nur geringe Zugspannungen. Daher dürfen die waagerechten Abstände zwischen zwei Abstützungen nicht zu groß werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist also eine materialgerechte Konstruktion für den beschriebenen kegelähnlichen Körper und dessen Abstützung, bei dem die maximalen Abmessungen der nicht unterstützten Flächen möglichst gering sind.

2456405

Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, daß von den zwischen den radialen Stegen vorhandenen Kanälen jeweils zwei zur Mitte hin zu einem gemeinsamen Kanal zusammengeführt sind. Bei dieser Anordnung können die radialen Stege zwischen den einzelnen Kanälen, die ja den kegelähnlichen Körper sowie die darauf liegenden Brennstoffkugeln tragen müssen, weiter zur Mitte geführt werden. Auf diese Weise wird das dort nicht unterstützte Gewölbe über dem mittleren Kugelabzugsschacht wesentlich kleiner, als wenn alle Kanäle sternförmig zur Mitte geführt würden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung, insbesondere bei Kugelhaufenreaktoren größeren Durchmessers wird vorgeschlagen, daß von den zusammengeführten Kanälen wiederum jeweils zwei zur Mitte hin zu einem gemeinsamen Kanal zusammengeführt sind. Durch diese Anordnung werden die radialen Stege noch näher zur Mitte des kegelähnlichen Körpers geführt, so daß der Durchmesser des dort nicht unterstützten Gewölbes weiter verkleinert wird. Diese Anordnung behält den aus der Hauptanmeldung bekannten Vorteil, daß die Brennstoffkugeln von allen Punkten des Umfangs des kegelähnlichen Körpers nahezu gleichmäßig zur Mitte fließen. Es hat sich als sehr wesentlich herausgestellt, daß der Fließwiderstand für alle Brennstoffkugeln vom Umfang des kegelähnlichen Körpers zur Mitte hin gleich bleibt. Dies kann erreicht werden, indem alle Kanäle nicht nur den gleichen Querschnitt sondern auch die gleiche Länge, die gleiche Anzahl von Umlenkungen und jeweils den gleichen Umlenkungswinkel aufweisen.

Die Figuren 1 bis 3 zeigen Ausführungsbeispiele der Erfindung.

Figur 1 zeigt eine Ansicht von unten auf den kegelähnlichen Körper, wobei zwölf Kanäle, die vom Umfang des Körpers zur Mitte führen, etwa auf halben Wege zu sechs Kanälen zusammengeführt sind und diese sechs Kanäle in

609823/0509

2456405

einem senkrechten Schacht von zunächst sechseckigem Querschnitt münden.

Figur 2 zeigt zum Teil eine Seitenansicht und zum Teil einen Schnitt durch Figur 1.

Figur 3 zeigt eine Ansicht von unten auf einen kegelähnlichen Körper von wesentlich größeren Abmessungen.

In den Figuren 1 und 2 liegt der doppelkegelähnliche Körper 21 in dem trichterförmigen Unterteil 22 des zylindrischen Core-Behälters 23. An seiner Unterseite sind über den Umfang verteilt, 12 annähernd radiale Kanäle 24 angeordnet, die sich auf einem kleineren Radius zu 6 Kanälen 25 vereinigen, die wiederum in dem zunächst sechseckigen senkrechten Schacht 26 münden. Die dachförmigen Körper 27, die jeweils zwischen dem kegelähnlichen Körper 21 und dem trichterförmigen Core-Boden 22 angeordnet sind und zwar jeweils zwischen zwei Kanälen 24, dienen dazu, Ablagerungen von Brennstoffkugeln oder eventuellen Bruchstücken dieser zwischen dem trichterförmigen Core-Boden 22 und dem doppelkegelähnlichen Körper 21 zu vermeiden. Diese dachförmigen Körper 27 sind scharfkantig gezeichnet. Selbstverständlich wird es zweckmäßig sein, sie in geeigneter Weise etwas abzurunden. Sowohl der doppelkegelähnliche Körper 21 mit den dachförmigen Körpern 27 als auch der zylinderförmige Core-Boden 22 sind zur vereinfachten Darstellung als jeweils einteilige Körper gezeichnet. Tatsächlich können beide Körper aus langen, senkrechten durchgehenden Säulen 28 von beispielsweise sechseckigem Querschnitt aufgebaut werden, die wiederum von zahlreichen senkrechten Bohrungen durchzogen sein müssen, um das aus dem Kugelhafenreaktor austretende Kühlmedium ungestört nach unten leiten zu können. In der linken oberen Hälfte der Figur 1 ist eine dieser sechseckigen Säulen 28 dargestellt.

609823/0509

2456405

In Figur 3 sind 24 Kanäle 31 über den Umfang verteilt. Sie werden weiter innen zu 12 Kanälen 32 zusammengeführt, die wiederum weiter innen zu 6 Kanälen 33 zusammengeführt sind, die wie in Figur 1 in einem senkrechten Schacht münden. Die dachförmigen Körper 27 aus Figur 1 sind in Figur 3 weggelassen.

609823/0509

SCHUTZANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Vergleichmäßigung des Fließens von Kugeln im Kugelhaufenreaktor großer Leistung, wobei in einem trichterförmigen Auslauf am Core-Boden ein innerer kegelähnlicher Körper mit der Spitze nach oben derart angeordnet ist, daß die Kugeln unterhalb dieses Körpers zu einem zentralen Abfluß fließen können und wobei sich dieser Körper mit mehreren radialen Stegen auf den unteren Core-Boden abstützt, dadurch gekennzeichnet, daß von den zwischen den radialen Stegen vorhandenen Kanälen jeweils zwei zur Mitte hin zu einem gemeinsamen Kanal zusammengeführt sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, insbesondere für Kernreaktoren größeren Durchmessers, dadurch gekennzeichnet, daß von den zusammengeführten Kanälen wiederum jeweils zwei zu einem gemeinsamen Kanal zusammengeführt sind.

ORIGINAL INSPECTED

609823/0509 506

9
Leerseite

2456405

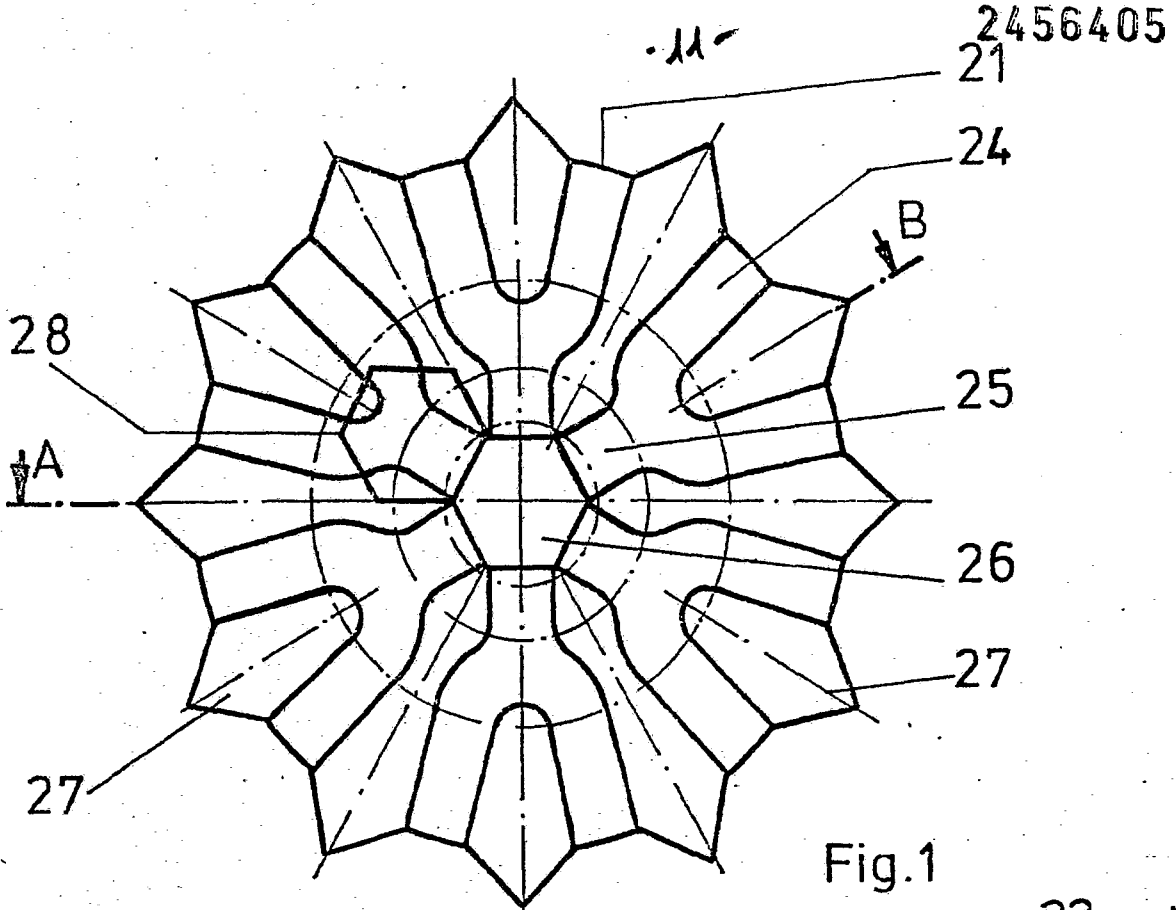


Fig.1

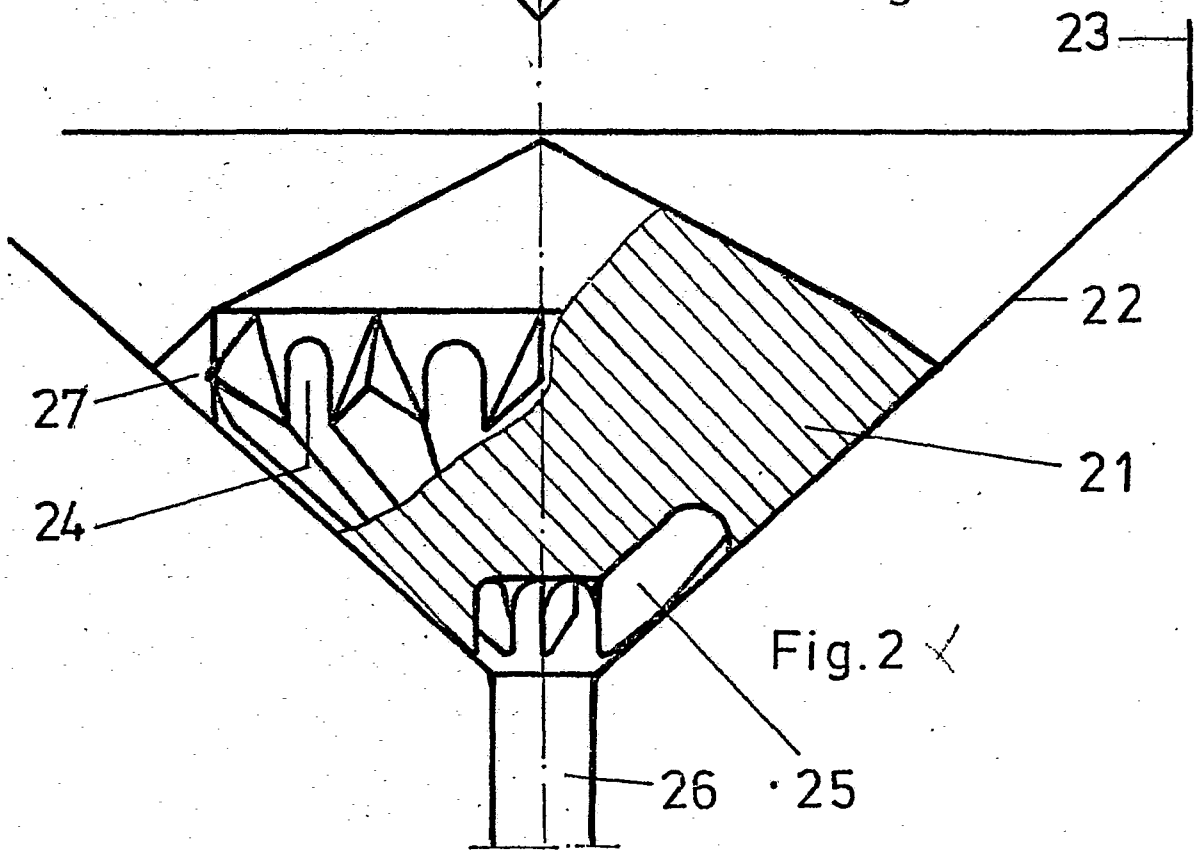


Fig.2

G21C

1-00

AT:29.11.1974

OT:03.06.1976

12.08

609823/0509

INTERATOM
24.283.5

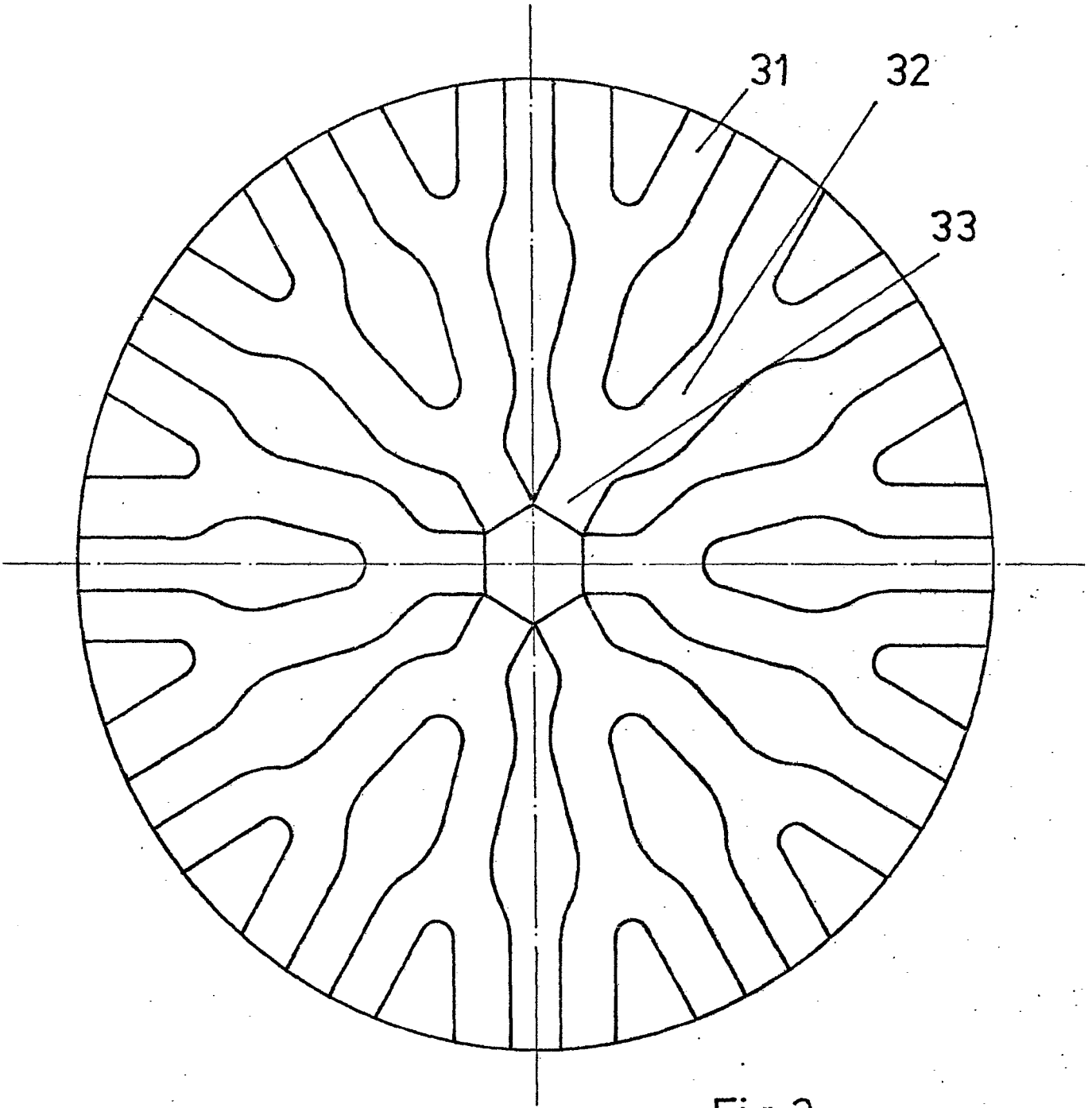


Fig. 3

.609823/0509

INTERATOM
24.283.5