

51

Int. Cl. 2:

G 21 C 7-06

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DT 24 31 352 A1

11

Offenlegungsschrift 24 31 352

21

Aktenzeichen: P 24 31 352.8

22

Anmeldetag: 29. 6. 74

43

Offenlegungstag: 8. 1. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31

—

54

Bezeichnung: Kugelhaufenreaktor mit Kettenabsorber

71

Anmelder: Interatom Internationale Atomreaktorbau GmbH, 5060 Bensberg

72

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

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DT-AS 11 00 831

DT-AS 11 35 583

DT-OS 21 12 471

GB 9 98 933

DT 24 31 352 A1

2431352

24.265.1

Go/Di

12.6.1974

INTERATOM

Internationale Atomreaktorbau GmbH

506 Bensberg

Kugelhaufenreaktor mit Kettenabsorber

Die vorliegende Erfindung betrifft einen gasgekühlten Kugelhaufenreaktor nach dem sogen. Otto-Prinzip, bei dem der höchste Abbrand bereits im oberen Bereich der Kugelschüttung auftritt. Dieses sogen. Otto-Prinzip (once Through then out) besteht darin, daß die von oben in den Reaktorkern eintretenden Brennstoffkugeln den Kern nur einmal durchlaufen und zwar so langsam, daß sie beim Verlassen des Kerns ihren Endabbrand erreicht haben. Die Regelung solcher Kugelhaufenreaktoren erfolgt üblicherweise, wenn man von der automatischen Regelung über den negativen Temperaturkoeffizienten einmal absieht, mittels Absorberstäben, die von oben auf die Oberfläche der Kugelschüttung hinbewegt werden und auch ohne besondere Führungskanäle zumindestens teilweise in die Kugelschüttung eindringen. Aus Gründen der Zuverlässigkeit und Sicherheit sollen jedoch zwei Abschalt- oder Regelmöglichkeiten vorhanden sein, die sich in ihrer Funktionsweise wesentlich voneinander unterscheiden und voneinander unabhängig sind.

Es ist bereits vorgeschlagen worden, Kugelhaufenreaktoren beim Ausfall des ersten Abschaltsystems abzuschalten, indem man eine große Anzahl von Absorberkugeln von oben auf die

2431352

Oberfläche der Brennstoffkugeln schüttet. Diese Abschaltung arbeitet mittels Schwerkraft zuverlässig und sicher, die anschließende Inbetriebnahme des Reaktors erfordert aber einen erheblichen Aufwand, weil all diese Absorberkugeln durch Umwälzen des Kerns aus dem Reaktor entfernt werden müssen. Außerdem besteht die Gefahr, daß einzelne Absorberkugeln in den Kühlkreislauf geraten und dort infolge der hohen Gasgeschwindigkeit erhebliche Schäden anrichten.

In den deutschen Auslegeschriften 10 92 572, 12 37 234 und 12 54 778 sind bereits neutronenabsorbierende, flexible Steuerglieder vorgeschlagen worden, die durch Zuführungsöffnungen in den Moderatorkern hinein- bzw. aus ihm herausbewegt werden können. In allen drei Fällen sind offensichtlich graphit-moderierte gasgekühlte Kernreaktoren beschrieben, deren Brenn- oder Moderatorelemente block- oder säulenförmig angeordnet sind. Gegenüber den damals bereits bekannten stabförmigen Absorbern hatten diese kettenförmigen Absorber zwei erhebliche Vorteile, einerseits erschienen sie mechanisch leichter beherrschbar, andererseits benötigten sie eine wesentlich geringere Bauhöhe gegenüber den entweder nach oben oder nach unten aus dem Reaktorkern herausfahrbaren Absorberstäben. Im übrigen war es für die Reaktorprojekte der damaligen Zeit eine selbstverständliche Tatsache, daß die Brennelemente nach einer gewissen Betriebszeit von ein oder zwei Jahren im ganzen erneuert oder während einer Betriebspause in geeigneter Weise umgesetzt wurden. Da die Reaktivität mit zunehmendem Abbrand kleiner wird, muß für das Ende der Betriebszeit eines solchen Reaktors ein gewisser Reaktivitätsüberschuß vorhanden sein, der am Beginn der Betriebszeit durch besondere Trimmstäbe ausgeglichen wird. Aus diesen Gründen war es für die damaligen Reaktorprojekte selbstverständlich, daß der Reaktorkern über seine ganze Höhe mit Kanälen versehen war, in denen für die

509882/0282

gesamte Betriebszeit des Kerns ausreichende Absorbererelemente in den Kern hineinbewegt werden konnten.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist jedoch eine Absorberregelung für einen gasgekühlten Kugelhaufenreaktor nach dem sogen. Otto-Prinzip, bei dem der höchste Abbrand ständig und während der gesamten Lebensdauer des Reaktors nur im oberen Bereich der Kugelschüttung auftritt. Eine spezielle Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine Absorberregelung, die nicht nur mechanisch einfach und zuverlässig den Reaktor abschalten kann, sondern auch mit geringem Aufwand aus dem Reaktorbehälter entfernt werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, daß beweglich miteinander verbundene Absorbererelemente vorhanden sind, die zur Verringerung der Reaktivität von oben auf die Oberfläche der Kugelschüttung bewegbar sind. Diese Absorbererelemente können in an sich bekannter Weise auf Trommeln oberhalb des Reaktorkerns aufgewickelt sein, oder auch mit entsprechenden Kettenrädern bewegt werden. Bei Abschaltung des Reaktors fallen sie infolge der Schwerkraft auf die Oberfläche der Kugelschüttung, verteilen sich in waagerechter Richtung und bilden einen Schüttkegel mit einem definierten Böschungswinkel. Danach können sie mit Trommel oder Kettenrad wieder nach oben aus dem Reaktor entfernt werden. Wenn eine einzelne Kette reißen und in den Reaktorkern hineinfallen sollte, kann sie, sofern das abgerissene Ende aus mehreren Gliedern besteht, mit geeigneten Vorrichtungen wieder aus dem Reaktorbehälter entfernt werden; falls nur ein einzelnes Kettenglied abreißen sollte, so ist dieses Kettenglied so klein, daß es keinen großen Schaden anrichten und über den Kugelabzug entfernt werden kann.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die beweglich miteinander verbundenen Absorberelemente in zahlreichen voneinander unabhängigen parallelen Strängen vorhanden sind. In spezieller Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die Absorberelemente durch die Beschickungsrohre für die Brennstoffkugeln geführt sind. Bei den hier vorgesehenen Kugelhaufenreaktoren großer Leistung sind zahlreiche über den gesamten Reaktorquerschnitt gleichmäßig verteilte Beschickungsrohre für die Brennstoffkugeln vorhanden. Wenn man nun für alle diese Beschickungsrohre je eine Absorberkette vorsieht, so wird einerseits eine über den gesamten Querschnitt gleichmäßig verteilte Absorberwirkung erzielt und andererseits eine hohe Zuverlässigkeit des Zweitabschaltsystems auch bei Ausfall eines einzelnen Absorberelementes erreicht.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die beweglich miteinander verbundenen Absorberelemente auf einem Drahtseil aufgereiht sind. Bei dieser Anordnung kann das Material des Drahtseils mit Rücksicht auf Festigkeit und Zuverlässigkeit ausgewählt werden, während das Material für die Absorberelemente nach kern-physikalischen Gründen ausgewählt werden kann. Gegenüber den bekannten Absorberketten, die aus Rundgliederketten bestehen, hat diese Anordnung den Vorteil, daß bei einem gegebenen Führungskanaldurchmesser und bei einer gegebenen Länge der Absorberkette wesentlich mehr an Absorbermaterial eingebracht werden kann.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die einzelnen Absorberelemente annähernd kugelförmige Gestalt haben. Gegenüber den bekannten Rundgliederketten haben diese, auf einem Seil aufgereihten kugelförmigen Elemente, wie durch Versuche festgestellt wurde, einen geringeren

Böschungswinkel. Da die hier vorgeschlagenen beweglich miteinander verbundenen Absorbererelemente im wesentlichen aufgrund ihrer Querschnittsfläche zwischen der Oberfläche der Kugelschüttung und dem Deckenreflektor wirksam werden, ist es wesentlich, daß der Böschungswinkel eines solchen Haufwerks aus beweglich miteinander verbundenen Absorbererelementen möglichst gering wird, um eine möglichst große Fläche zu belegen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß abwechselnd Absorbererelemente von großem und von kleinem Durchmesser auf dem Seil aufgereiht sind. Durch diese Anordnung wird die Beweglichkeit der Absorbererelemente gegeneinander verbessert und ebenfalls der Böschungswinkel verkleinert.

In spezieller Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß mindestens jedes zweite Absorbererelement auf dem Seil festgeklemmt ist. Auch durch diese Anordnung wird die Beweglichkeit der Absorbererelemente verbessert. Wenn die einzelnen Elemente nicht auf dem Seil festgeklemmt wären, würde insbesondere am Anfang das Gewicht aller Absorbererelemente auf dem unteren Element ruhen und dadurch die Beweglichkeit insbesondere der unteren Elemente gegeneinander behindert.

Die bisherigen Berechnungen eines Kugelhaufenreaktors großer Leistung nach dem Otto-Prinzip haben gezeigt, daß mit den vorgeschlagenen kettenartigen Absorbererelementen oberhalb der Kugelschüttung der Reaktor sicher abgeschaltet werden kann, da infolge der hohen Leistungsdichte unmittelbar unter der Oberfläche der Kugelschüttung die Absorbererelemente oberhalb der Kugelschüttung stark auf die Neutronenökonomie des Reaktors einwirken und die Wirkung des Deckenreflektors aufheben.

Die Figuren 1 und 2 zeigen, schematisch angedeutet, ein mögliches Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 1 zeigt einen senkrechten Längsschnitt durch einen gasgekühlten Kugelhaufenreaktor.

Figur 2 zeigt beweglich miteinander verbundene Absorber-elemente, die auf einem Drahtseil aufgereiht sind.

In Figur 1 enthält der zylindrische Reaktorbehälter 1 zahlreiche kugelförmige Brennstoffelemente 2, die durch zahlreiche, über den Querschnitt des Reaktorbehälters 1 verteilte Beschickungsrohre 3 in den Reaktorbehälter 1 eingebracht werden. Da diese Brennstoffkugeln 2 aus einer gewissen Höhe in den Reaktorbehälter fallen und beim Auftreffen auf andere Brennstoffkugeln zurückgeworfen werden, bilden sie zwar eine unregelmäßige aber dennoch annähernd waagerechte Oberfläche. Im Abschaltfalle werden durch die gleichen Beschickungsrohre 3 jeweils kettenartig beweglich miteinander verbundene Absorber-elemente 4 auf die Oberfläche der Kugelschüttung geleitet. Diese beweglich miteinander verbundenen Absorber-elemente 4 sind im Normalbetrieb oberhalb des Deckenreflektors auf an sich bekannten Seiltrommeln aufgewickelt oder in an sich bekannten Kettenkästen gespeichert und über Kettenräder geführt.

Figur 2 zeigt in vergrößertem Maßstab die beweglich miteinander verbundenen Absorber-elemente 4 aus Figur 1. Dabei sind auf dem Drahtseil 6 abwechselnd kleine kugelartige Absorber-elemente 7 festgeklemmt und größere kugelartige Absorber-elemente 8 lose auf dem Seil aufgereiht. Zwischen den einzelnen Elementen 7 und 8 soll jeweils ein gewisser Abstand vorhanden sein, damit die ganze Kette beweglich bleibt. Es liegt im Rahmen dieser Erfindung, wenn an den Berührungsstellen zweier Kugeln jeweils die eine konkav kugelförmig ausgearbeitet ist, um die Beweglichkeit des ganzen Elementes zu verbessern.

SCHUTZANSPRÜCHE

1. Gasgekühlter Kugelhaufenreaktor, bei dem der höchste Neutronenfluß im oberen Bereich der Kugelschüttung entsteht, dadurch gekennzeichnet, daß beweglich miteinander verbundene Absorberelemente vorhanden sind, die zur Verringerung der Reaktivität von oben auf die Oberfläche der Kugelschüttung bewegbar sind.
2. Kugelhaufenreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglich miteinander verbundenen Absorberelemente in zahlreichen voneinander unabhängigen Strängen vorhanden sind.
3. Kugelhaufenreaktor nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Absorberelemente durch die Beschickungsrohre für die Brennstoffkugeln geführt sind.
4. Kugelhaufenreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglich miteinander verbundenen Absorberelemente auf einem Drahtseil aufgereiht sind.
5. Kugelhaufenreaktor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Absorberelemente annähernd kugelförmige Gestalt haben.

6. Kugelhaufenreaktor nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß abwechselnd Absorberelemente von großem und kleinem
Durchmesser aufgereiht sind.

7. Kugelhaufenreaktor nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß mindestens jedes zweite Element auf dem Seil fest-
geklemmt ist.

.9.
Leerseite

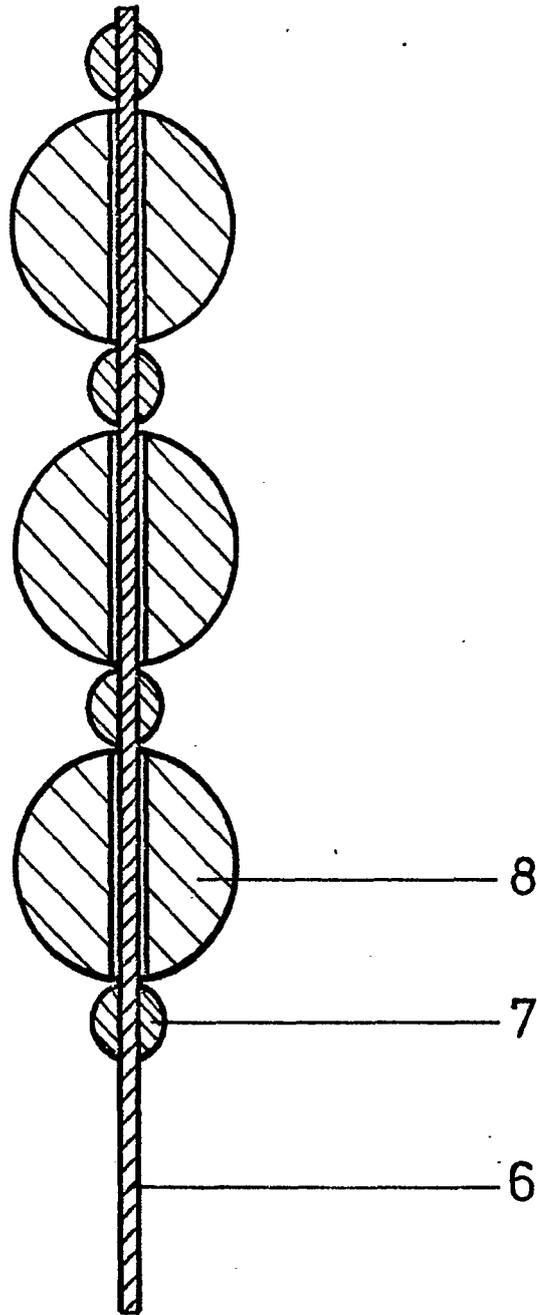


Fig.2

• 10 •

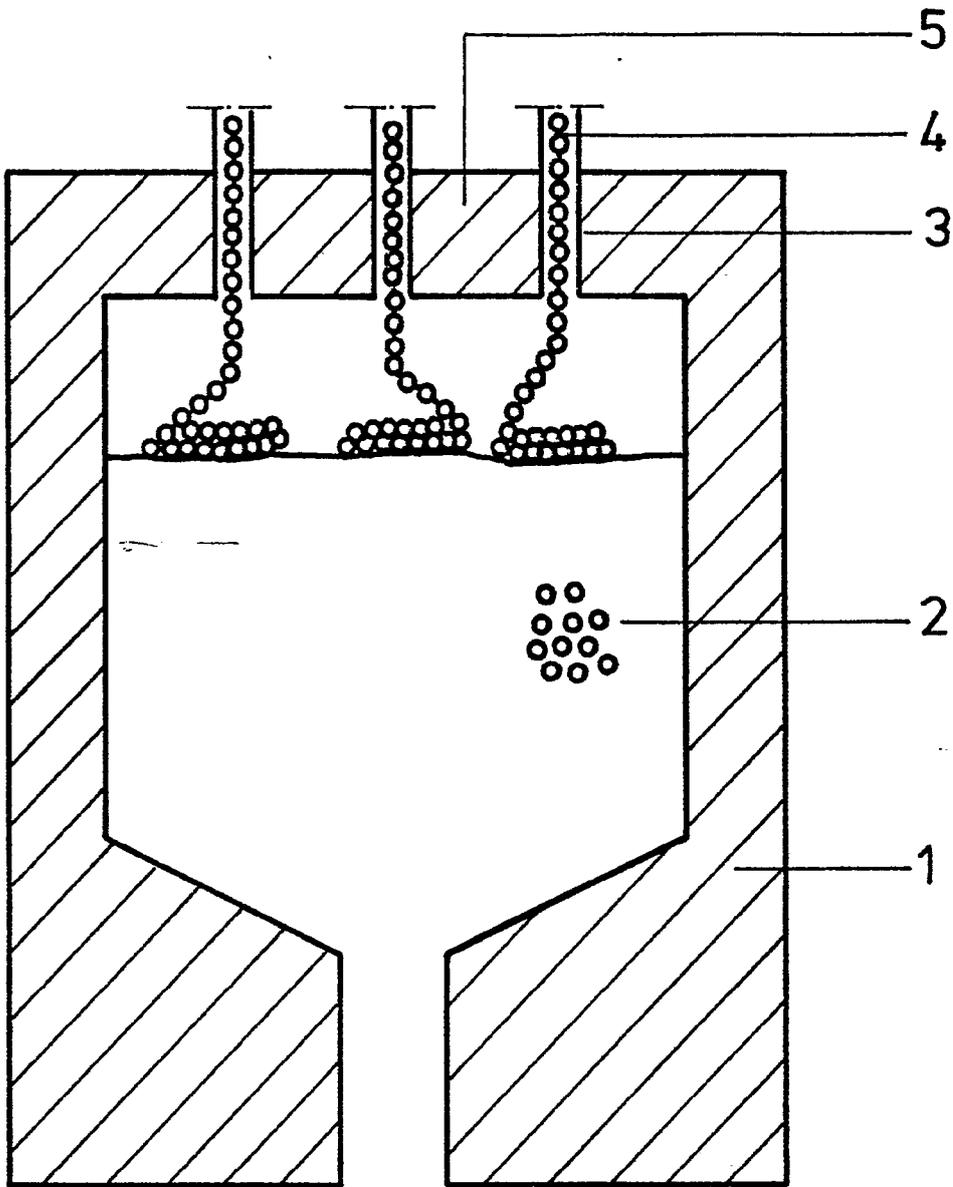


Fig.1