

⑤

Int. Cl. 2:

G 21 D 1/00

⑯ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DE 27 42 009 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 27 42 009

⑫

Aktenzeichen: P 27 42 009.3

⑬

Anmeldetag: 17. 9. 77

⑭

Offenlegungstag: 30. 3. 78

⑰

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

27. 9. 76 V.St.v.Amerika 727081

⑤④

Bezeichnung: Kernreaktoranlage

⑦①

Anmelder: Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh, Pa. (V.St.A.)

⑦④

Vertreter: Holzer, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8900 Augsburg

⑦⑦

Erfinder: Wampole, Nevin C., Latrobe, Pa. (V.St.A.)

DE 27 42 009 A 1

Patentansprüche

1. Kernreaktoranlage mit einem Primärkühlkreislauf, der den Reaktor und weitere Komponenten umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einige der weiteren Komponenten (12, 14, 16, 18) in einer thermisch isolierten Kammer (30, 32, 34) angeordnet sind, welche diese Komponenten mit einem für Inspektionen derselben ausreichenden Abstand umschließt, daß weiter in der Kammer Heizeinrichtungen (52) derart angeordnet sind, daß die Komponenten im wesentlichen gleichmäßig erwärmbar sind, und daß an der Außenseite der Kammer Kühleinrichtungen (42) vorgesehen sind.

2. Kernreaktoranlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammer (30, 32, 34) mit einem gegenüber dem Kühlmittel des Primärkühlkreislaufs und gegenüber der Innenwandung der Wärmeisolation der Kammer inerten Gas gefüllt ist.

3. Kernreaktoranlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Kühleinrichtungen durch ein die Kammerwände umgebendes, von einem gegenüber dem Kühlmittel des Primärkühlkreislaufs inerten Kühlströmungsmittel durchströmtes Kanalsystem gebildet sind.

PATENTANWALT
DIPL. ING. R. HOLZER
PHILIPPINE-WELSER-STRASSE 14
8900 AUGSBURG
TELEFON 516478
TELEX 533202 pdci d

2742009

- 2 -

W. 884

Augsburg, den 13. September 1977

Westinghouse Electric Corporation,
Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh,
Pennsylvania 15222, V.St.A.

Kernreaktoranlage

Die Erfindung betrifft eine Kernreaktoranlage mit einem Primärkühlkreislauf, der den Reaktor und weitere Komponenten umfaßt.

Bei einem Kernreaktor, insbesondere bei einem flüssigmetallgekühlten Kernreaktor, müssen die Komponenten des

809813/0829

Primärkühlkreislaufs einschließlich der Rohrleitungen isoliert werden. Diese Wärmeisolation ist einerseits zur Verringerung der Verluste an im Reaktor erzeugter Wärmeenergie erforderlich, andererseits aber auch zur Begrenzung der Erwärmung benachbarter Bauteile, wie beispielsweise Tragkonstruktionen aus Beton und Stahl, sowie um die Komponenten des Primärkühlkreislaufs während des Abschaltens des Reaktors oberhalb des Erstarrungspunktes des als Kühlmittel dienenden Flüssigmetalls zu halten. Gegenwärtig umgibt man dazu die Komponenten des Primärkühlkreislaufs typischerweise mit einer eng anliegenden, diese Komponenten unmittelbar umschließenden Isolation. Beispielsweise wird zwischen zwei aus rostfreiem Stahl bestehenden Schalen befindliches Isolationsmaterial mit Hilfe von Stahlschellen um die Kühlkreislaufkomponenten herum befestigt. Um die Kühlkreislaufkomponenten oberhalb der Erstarrungstemperatur des Kühlmittels zu halten, sind innerhalb eines typischerweise etwa 2,5 cm dicken Ringbereiches zwischen der Isolation und der Oberfläche der betreffenden Komponente Widerstandsheizungen oder Heizleitungen angeordnet. Zur Begrenzung der Erwärmung tragender Konstruktionsteile wird typischerweise Stickstoff als Kühlgas durch die, die isolierten Komponenten umgebenden Betonzellen hindurchzirkuliert. Ein derartiges Vorwärm- und Kühlsystem ist aus der US-PS 3 155 595 bekannt.

Die bekannten Maßnahmen sind, obwohl sie ihren Zweck an sich in befriedigender Weise erfüllen, nicht ganz frei von Nachteilen. Aufgrund der strengen, seitens der Behörden und der Industrie gestellten Sicherheitsanforderungen bei Kernreaktoranlagen sind im Betrieb periodische Inspektionen vorzunehmen. Dazu gehört auch die routinemäßige Sichtprüfung der Außenfläche der zugänglichen Komponenten der Reaktoranlage. Es ist klar, daß die gegenwärtig verwendeten, die Komponenten eng umschließenden Isolationen derartige Inspektionen äußerst schwierig und zeitraubend machen. Fehlende Überprüfbarkeit gewisser Komponenten wegen einer eng sitzenden Wärmeisolation kann sich aber in der Zukunft als unzulässig erweisen.

Außerdem sind die Investitionskosten bei den gegenwärtig praktizierten Maßnahmen hoch. Um beim Vorwärmen die Wärme zwecks Herabsetzung der Wärmespannungen gleichmäßig auf die isolierten Komponenten verteilen zu können, ist eine große Anzahl von elektrischen Heizleitern erforderlich. Dies erfordert außerdem einen großen elektrischen Schaltungsaufwand, insbesondere einen großen Aufwand an Leitungen, Durchführungen, Anschlußkästen, Schalteinrichtungen usw., um die Heizleiter zu speisen. Außerdem wird eine große Anzahl automatischer Temperaturregler und Thermolemente zur Regelung der Erwärmung der Komponenten

benötigt.

Außerdem sind die Heizleiter nicht ohne weiteres zugänglich, wenn sie durchgebrannt oder wartungsbedürftig sind. Auch die zur Verbindung dienenden Hilfskomponenten sind typischerweise wärmeisoliert und müssen gesondert erwärmt werden, wodurch das System weiter verkompliziert wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für eine Kernreaktoranlage eine bessere, wartungs- und inspektionsfreundlichere Wärmeisolations- und Vorwärmanordnung zu finden.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs angegebene Anordnung gelöst. Zur Erhöhung der Sicherheit enthält die Innenatmosphäre der thermisch isolierten Kammer vorzugsweise ein gegenüber dem Reaktorkühlmittel inertes Gas, wie beispielsweise Stickstoff, Argon oder Helium.

Während des Reaktorbetriebs braucht die Temperatur innerhalb der Kammer nicht aktiv gesteuert zu werden. Die gesamte Innenatmosphäre der Kammer befindet sich dann auf einer Temperatur, die von der, von den umschlossenen Komponenten des Kühlkreislaufs abgegebenen Wärme

bestimmt wird. Die Temperaturverteilung ist deshalb verhältnismäßig gleichmäßig. Aufgrund der isolierten Kammerwände und eines zwischen diesen und den Wänden der äußeren Konstruktion, beispielsweise Beton- und Stahlzellenwänden, zirkulierenden Kühlströmungsmittels werden die außerhalb der Kammer liegenden Konstruktionsteile auf einer zulässigen niedrigen Temperatur gehalten.

Beim Abschalten des Reaktors können die Heizeinrichtungen in Betrieb gesetzt werden, um die Atmosphäre innerhalb der Kammer auf einer oberhalb des Erstarrungspunktes des Reaktorkühlmittels gelegenen Temperatur zu halten. Ebenso können die Heizeinrichtungen beim anfänglichen Füllen der Komponenten des Reaktorkühlkreislaufs mit Kühlmittel zwecks Vorwärmung der von der Kammer umschlossenen Komponenten über die Erstarrungstemperatur des Reaktorkühlmittels betrieben werden. Diese Vorwärmung verteilt sich ziemlich gleichmäßig auf alle innerhalb der isolierten Kammer befindlichen Komponenten.

Es ist klar, daß, wenn mindestens ein Teil der Kammerwände ausreichend weit von den in der Kammer befindlichen Komponenten entfernt ist, eine Fern- oder manuelle Inspektion, Wartung oder Reparatur dieser Komponenten einfach durchführbar ist, ohne daß der zusätzliche Aufwand der Entfernung einer die betreffenden Komponenten

eng umschließenden Isolation notwendig wäre.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend mit Bezug auf die anliegende Zeichnung näher beschrieben, die eine wärmeisolierte Kammer zur Aufnahme von Komponenten des Primärkühlkreislaufs im Grundriß zeigt.

In der Zeichnung sind verschiedene Komponenten einer Primärkühlschleife eines flüssigmetallgekühlten schnellen Reaktors dargestellt, wozu ein im heißen Zweig liegendes Trennventil 10, eine Umwälzpumpe 12, ein Wärmetauscher 14, ein Durchflußmesser 16, ein Rückschlagventil 18, ein im kalten Zweig liegendes Trennventil 20 sowie Verbindungsleitungen 22 und Leitungshalterungen 24 gehören. Im Betrieb des Reaktors strömt das Reaktorkühlmittel, beispielsweise flüssiges Natrium, von einem nicht dargestellten, den Reaktorkern enthaltenden Reaktorbehälter durch das Leitungssystem 22 zur Umwälzpumpe 12, sodann zum Wärmetauscher 14, wo die Wärmeenergie direkt oder indirekt auf eine Einrichtung zur Erzeugung mechanischer Energie, beispielsweise einen Dampfkreislauf, übertragen wird, und schließlich in den Reaktorbehälter zurück, womit der Kreislauf geschlossen ist. Typischerweise ist eine Mehrzahl von Primärkühlschleifen vorgesehen, die jeweils einen Wärmetauscher und eine Umwälzpumpe enthal-

ten und die alle gemeinsam an einen Reaktorbehälter angeschlossen sind.

Die oben aufgezählten dargestellten Komponenten des Primärkühlkreislaufs sind von den strömungsmitteldichten Wänden einer Wärmeisolation 30 umschlossen. Diese Wärmeisolation 30 kann aus an sich bekannten Isolierwerkstoffen hergestellt sein. Die Wände 30 können selbsttragend ausgebildet sein oder von diese außen umgebenden Zellenwänden 40 abgestützt werden. Vorzugsweise ist die Wärmeisolation chemisch mit dem Reaktorkühlmittel verträglich, um in dem unwahrscheinlichen Fall einer Undichtigkeit oder eines Bruches einer Komponente des Kühlkreislaufs einen chemischen Angriff zu vermeiden. Dazu kann beispielsweise die eine wärmeisolierende Kammer bildende Wand 30 eine aus Metall bestehende Innenschale 32 und eine ebenfalls aus Metall bestehende Außenschale 34, beispielsweise aus rostfreiem Stahl, aufweisen. Bei diesem zu bevorzugenden Wandaufbau braucht nur die Außenschale 34 strömungsmitteldicht zu sein.

Die Wände der wärmeisolierten Kammer haben einen ausreichend großen Abstand von den von der Kammer umschlossenen Komponenten, daß eine Ferninspektion oder eine direkte Sichtinspektion aller Komponenten oder bestimmter kritischer Bereiche möglich ist. Die Wände 30 können des-

halb mit einer nicht gezeigten, dicht verschlossenen Einstiegöffnung und/oder mit dicht verschlossenen Durchführungen 36 für Sichtgeräte und Inspektionsgeräte, beispielsweise eine Fernseheinrichtung 38, sowie für Periskope und chemische Überwachungseinrichtungen versehen sein. Wärmeisolierte und abgedichtete Durchführungen können außerdem zum Durchführen elektrischer Leitungen und für Halterungen Anwendung finden.

Die wärmeisolierte Kammer 30 ist von einer Beton- zelle 40 umschlossen, in welcher die von der Kammer umschlossenen Komponenten sowie die Kammerwände 30 gehalten bzw. abgestützt werden können. Um Festigkeit und Zusammenhalt des Betons 40 zu erhalten, muß dieser auf einer Temperatur von unter etwa 60 °C gehalten werden. Aus diesem Grunde sind auch Mittel zur Kühlung aller oder bestimmter Bereiche der Wände 30 vorgesehen. In der Zeichnung ist ein ringförmiger Kühlkanal 42 zwischen der Betonwand 40 und den Wänden 30 dargestellt, der auch eine gasdichte Metallwand 44 und die Wände 30 mit Abstand vom Beton 40 haltende Abstandshalter 46 enthalten kann. Durch den Kühlkanal 42 wird ein Kühlströmungsmittel hindurchzirkuliert. Zur Erhöhung der Sicherheit ist dieses Kühlströmungsmittel vorzugsweise gegenüber dem Kühlkanal und dem Reaktorkühlmittel inert. Als Kühlströmungsmittel eignet sich beispielsweise Stickstoff, Argon oder Helium.

Stickstoff ist wegen seiner verhältnismäßig niedrigen Kosten und seiner leichten Beschaffbarkeit zu bevorzugen. Der Kühlkanal 42 steht über einen Einlaß 48 und einen Auslaß 50 mit einem nicht dargestellten Wärmetauscher in Verbindung. Als durch den Kühlkanal 42 hindurchgeleitetes Kühlströmungsmittel kann auch eine Kühlflüssigkeit Anwendung finden, die identisch oder chemisch verträglich mit dem Reaktorkühlmittel ist.

Die Innenatmosphäre der Kammer besteht vorzugsweise aus einem gegenüber dem Kühlmittel und den von der Kammer umschlossenen Komponenten inerten Gas wie beispielsweise Stickstoff. Im normalen Betrieb braucht es nicht zirkuliert zu werden. Es kann jedoch zum Nachweis eines möglichen Ausleckens von Reaktorkühlmittel überwacht werden. Innerhalb der Kammer 30 befinden sich auch Einrichtungen zum Erwärmen der Innenatmosphäre, beispielsweise elektrische Widerstandsheizgeräte 52, die in an sich bekannter Weise mit externen Schalteinrichtungen verbunden sind. Es können auch außerhalb der Kammer gelegene Verbrennungsheizeinrichtungen als Wärmequelle dienen, indem die Innenatmosphäre der Kammer durch einen geschlossenen Kreislauf durch die externe Wärmequelle zirkuliert wird.

Die Heizeinrichtungen, beispielsweise die Widerstandsheizgeräte 52, dienen zum Vorwärmen der von der Kammer umschlossenen Komponenten vor dem Füllen mit Reaktorkühlmittel. Da die, die Komponenten umgebende Atmosphäre erwärmt wird, wird die Vorwärmung im wesentlichen gleichförmig auf die Komponenten verteilt und Wärmespannungen, die sonst bei mehr örtlich wirkenden Vorwärmmethoden auftreten, werden auf ein Minimum verringert. Die Möglichkeit der gleichförmigen Vorwärmung oder Aufrechterhaltung einer erhöhten Temperatur bei bestimmten Komponenten ist gerade bei flüssigmetallgekühlten Reaktoren sehr vorteilhaft. Bei einem natriumgekühlten Reaktor beispielsweise kann das als Kühlmittel dienende Natrium oberhalb seines Erstarrungspunktes (etwa 98°) gehalten werden, während Wartungs- Reparatur- oder Brennstofferneuerungsarbeiten ausgeführt werden.

Die beschriebene Wärmeisoliations- und Vorwärmanordnung für Komponenten des Reaktorkühlkreislaufs hält Wärmeverluste klein, begrenzt die Erwärmung von Tragkonstruktionen aus Beton und Stahl, ermöglicht die Temperaturhaltung des Reaktorkühlmittels während der Reaktorabschaltung oberhalb seines Erstarrungspunktes und eine gleichmäßige Vorwärmung der Kühlkreislaufkomponenten und gestattet außerdem eine leichte Zugänglichkeit der

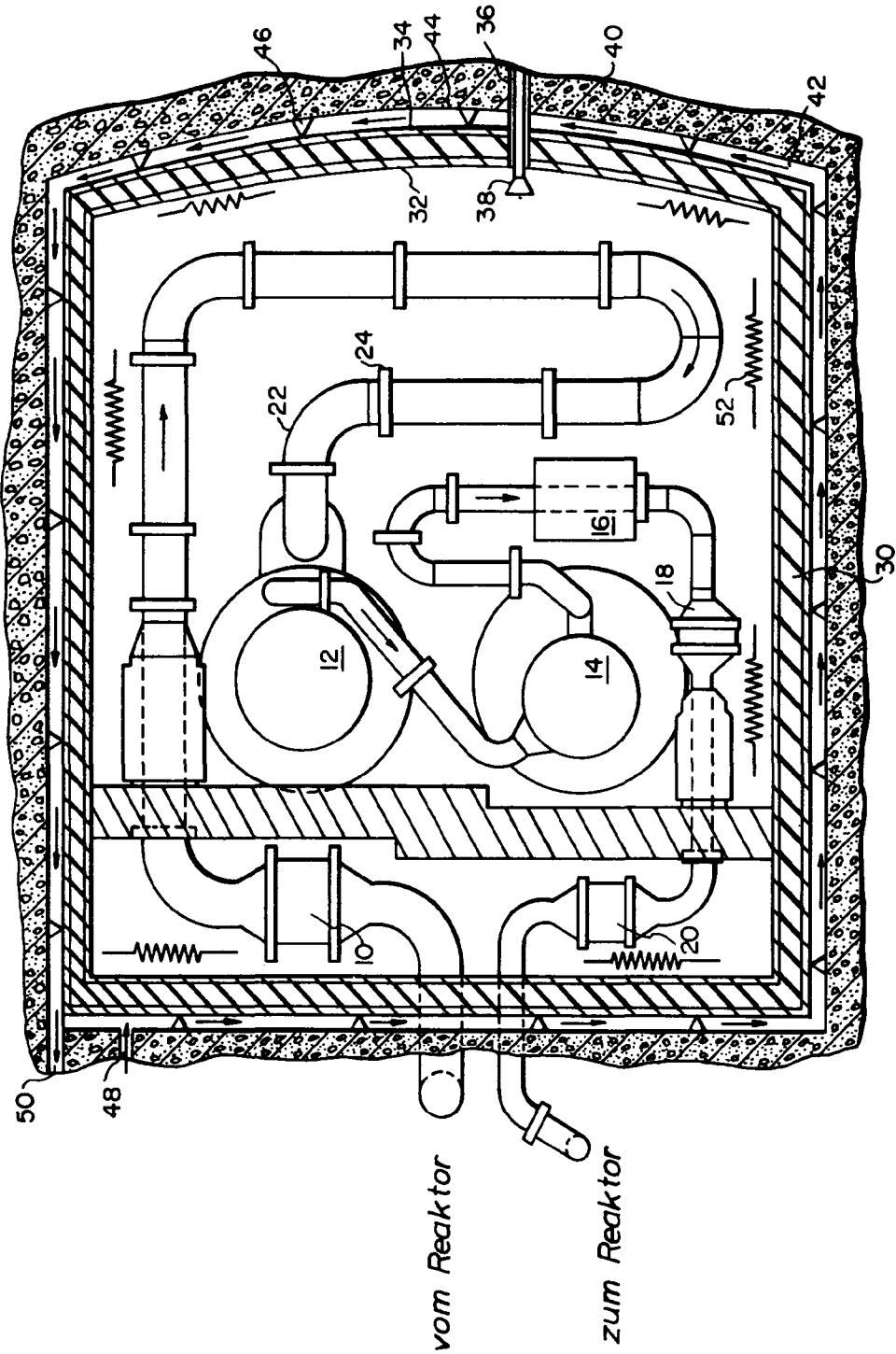
Komponenten für Ferninspektionen oder direkte Inspektionen und Wartungsarbeiten. Größere Inspektionen und Wartungsarbeiten erfordern das Entleeren der Kühlkreislaufkomponenten, deren Abkühlung auf Umgebungstemperatur und der Austausch der Inertgasatmosphäre der Kammer durch Luft. Sodann sind die Komponenten für Personal zugänglich, ohne daß Isolationen entfernt werden müssen. In dem unwahrscheinlichen Falle eines zu vermutenden Ausleckens von Kühlmittel in der Kammer ist es nicht wünschenswert, Luft in die Kammer zu bringen. In diesem Falle kann die eine Inertgasatmosphäre enthaltende Kammer mit Atemgeräten betreten werden.

Im Rahmen der obigen Erläuterungen bieten sich zahlreiche Abwandlungen der erfindungsgemäßen Anordnung an. Beispielsweise kann die Auswahl der von der Kammer umschlossenen Komponenten anders getroffen werden oder die Kammer kann auch den Reaktorbehälter aufnehmen. Auch die Form der Kammer ist variabel, sofern für Wartung und Inspektion an vorgegebenen Stellen ein ausreichender Abstand zwischen den Kammerwänden und den Komponenten vorhanden ist. Ferner kann die Anordnung auch bei Hilfskomponenten der Reaktoranlage Anwendung finden. Schließlich kann die Anordnung durch Zirkulation der Kammeratmosphäre durch eine kühlende Wärmetauscheinrichtung auch zur Abführung der Zerfallswärme aus den Komponenten der Reaktoranlage dienen.

Nummer: 27 42 009
 Int. Cl. 2: G 21 D 1/00
 Anmeldetag: 17. September 1977
 Offenlegungstag: 30. März 1978

- 13 -

2742009



W. 004

809813/0829