

51

Int. Cl. 2:

G 21 C 9/00

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



11

Patentschrift **22 34 782**

21

Aktenzeichen: P 22 34 782.6-33

22

Anmeldetag: 14. 7. 72

43

Offenlegungstag: 31. 1. 74

44

Bekanntmachungstag: 3. 11. 77

45

Ausgabetag: 29. 6. 78

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

30

Unionspriorität:

32 33 31 —

54

Bezeichnung: Kernreaktor

73

Patentiert für: Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

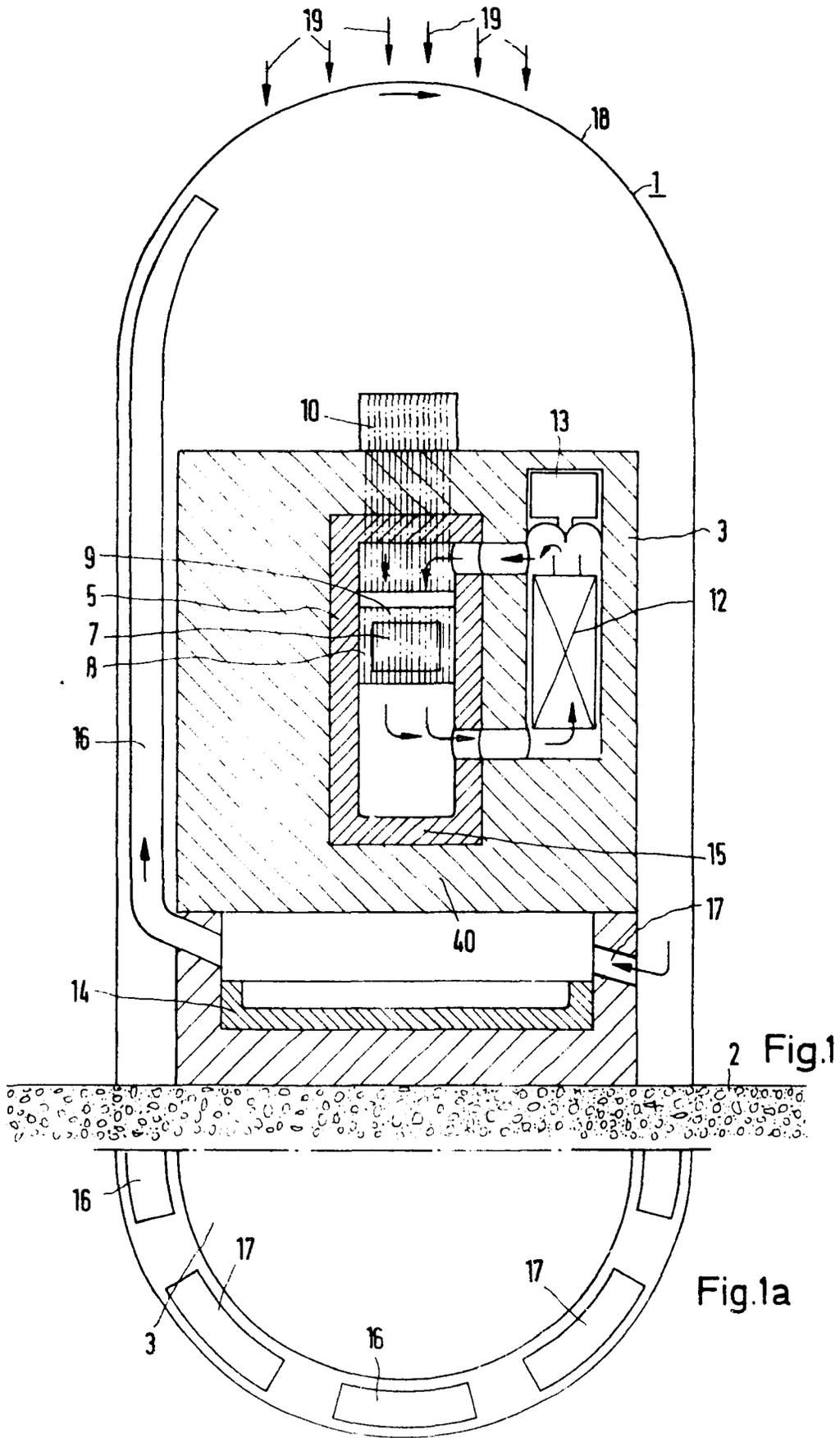
72

Erfinder: Bittermann, Dietmar, Dipl.-Ing.; Goetzmann, Claus, Dipl.-Ing.; Hassmann, Klaus, Dipl.-Ing.; Preuß, Hans-Joachim; 8520 Erlangen; Rau, Peter, 8551 Mittelehrenbach; Schatz, Manfred, Dipl.-Phys., 8500 Nürnberg

55

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-OS 20 35 089

DE 22 34 782 C 3



Patentansprüche:

1. Kernreaktor mit einem in einem Reaktordruckbehälter untergebrachten Kern und einer unter diesem angeordneten, gekühlten Wanne zum Auffangen des Kerns im Falle des Kernschmelzens sowie mit einer den Reaktordruckbehälter einschließenden Sicherheitshülle, dadurch gekennzeichnet, daß von der Wanne (14, 15, 23) eine Kühlmittleitung (16, 26) zur in an sich bekannter Weise aus Metall bestehenden Sicherheitshülle (1) verläuft, die als Wärmetauscher dient.
2. Kernreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sicherheitshülle (1) eine äußere Berieselungseinrichtung (Pfeile 19) zugeordnet ist.
3. Kernreaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sicherheitshülle (1) insbesondere im oberen Bereich (29) doppelwandig ausgebildet und mit dem Zwischenraum an die Kühlmittleitung (26) angeschlossen ist.
4. Kernreaktor nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wanne (15, 23) im Reaktordruckbehälter (3) angeordnet ist.
5. Kernreaktor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb des Reaktordruckbehälters (3) eine zweite Wanne (14) vorgesehen ist.
6. Kernreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittleitung (16) nur der zweiten Wanne (14) zugeordnet ist (Fig. 1).
7. Kernreaktor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Kühlmittel in der Sicherheitshülle (1) vorhandenes Gas dient.
8. Kernreaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Kühlmittel ein bei niedrigen Temperaturen flüssiges Metall wie Quecksilber, Zinn, Blei od. dgl. dient.
9. Kernreaktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlmittel durch Rohrleitungen (36) der aus Graphit bestehenden Wanne (23) geführt wird.
10. Kernreaktor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittleitungen (36) durch eine die Wanne tragende Metallschicht (37) geführt sind.
11. Kernreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Wanne (23) eine Metallauskleidung (34) aufweist.
12. Kernreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Wanne (14) einen durchschmelzbaren Deckel (40) aufweist.

nachfließt. Dadurch ergibt sich eine Kühlung der Wanne mit dem geschmolzenen Kern. Die Dauer und Intensität der Kühlung ist jedoch begrenzt, zumal über die Ableitung der mit dem Dampf transportierten Wärme nichts gesagt wird und man daher annehmen muß, daß die Wärme in dem als Betonkonstruktion dargestellten Reaktorgebäude verbleiben soll. Die bekannte Kühlung ist somit auf Reaktoren geringer Leistung beschränkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kühleinrichtung für den geschmolzenen Kern zu schaffen, die auch bei leistungsstarken Kernreaktoren, insbesondere Brutreaktoren, bei denen die aus dem Reaktorkern im Falle des Kernschmelzens abzuführende Leistung nicht mehr mit beherrschbaren Temperaturen innerhalb einer den Reaktordruckbehälter einschließenden Sicherheitshülle aufgefangen werden kann, eine sichere Wärmeabfuhr gewährleistet. Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe bei einer Kernreaktoranlage der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß von der Wanne eine Kühlmittleitung zur in an sich bekannter Weise aus Metall bestehenden Sicherheitshülle verläuft, die als Wärmetauscher dient. Die Sicherheitshülle, die schon im Hinblick auf die erforderliche mechanische Festigkeit üblicherweise aus Stahl hergestellt wird, ist bei der Erfindung nicht mehr die Grenze des Wärmetransportes, sondern lediglich ein Zwischenglied mit möglichst geringem Wärmewiderstand, damit von ihr relativ große Wärmemengen mit kleinem Temperaturgefälle abgeführt werden können. Zu diesem Zweck kann man des weiteren die Kühlung der als Wärmetauscher dienenden Sicherheitshülle durch verschiedene, später näher beschriebene Maßnahmen verbessern. In jedem Fall gestattet die Erfindung eine Vergrößerung der Leistung des Reaktors, ohne daß im Falle des Kernschmelzens eine Gefährdung der Umgebung zu erwarten ist.

Der Sicherheitshülle kann vorteilhaft eine äußere Berieselungseinrichtung zugeordnet sein. Die Berieselungseinrichtung kann so verwirklicht werden, daß eine die Sicherheitshülle berieselnde Flüssigkeit, vorzugsweise Wasser, unwiederbringlich entweicht oder aber nach einer Rückkühlung erneut verwendet wird.

Die Sicherheitshülle kann ferner insbesondere im oberen Bereich doppelwandig ausgebildet und mit dem Zwischenraum an die Kühlmittleitung angeschlossen sein. Man kann dadurch eine vollständige Führung des Kühlmittels erhalten, die die Kühlmittelströmung verbessert und damit die Wärmeabfuhr intensiviert.

Die Wanne zum Auffangen des schmelzenden Reaktorkerns kann im Reaktordruckbehälter angeordnet sein. Die Kühlmittleitung zur Sicherheitshülle muß dann ebenfalls an den Reaktordruckbehälter angeschlossen werden. Sollten deswegen Dichtigkeitsprobleme für den Normalbetrieb zu befürchten sein, so kann man außerhalb des Reaktordruckbehälters eine zweite Wanne vorsehen, in die der Kern nach dem Schmelzen hineinfließt. Die Kühlmittleitung kann unter Umständen nur der zweiten Wanne zugeordnet sein, in der der Kern bis zur endgültigen Auskühlung verbleibt.

Als Kühlmittel kommen für die Verwirklichung der Erfindung verschiedene Medien in Betracht. Unter Umständen genügt zur Wärmeabfuhr ein für den Normalbetrieb in der Sicherheitshülle als Kühlmittel vorhandenes Gas. Man kann aber auch ein bei niedrigen Temperaturen flüssiges Metall, wie Quecksilber, Zinn, Blei od. dgl. als Kühlmittel einsetzen, wodurch mit geringen Stoffmengen große Wärmemengen transportiert werden können.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Kernreaktor mit einem in einem Reaktordruckbehälter untergebrachten Kern und einer unter diesem angeordneten, gekühlten Wanne zum Auffangen des Kerns im Falle des Kernschmelzens sowie mit einer den Reaktordruckbehälter einschließenden Sicherheitshülle.

Ein solcher Kernreaktor ist aus der DE-OS 20 35 089 bekannt. Dort enthält die Wanne ein Rohrsystem, an das ein oberhalb der Wanne liegender Wasserbehälter einerseits und eine Steigleitung andererseits angeschlossen ist, die den Wasserbehälter noch überragt. Erwärmt der geschmolzene Kern das Wasser im Rohrsystem der Wanne, so tritt aus dem offenen Ende der Steigleitung Dampf aus, während aus dem Behälter Wasser

Die Kühlmittleitungen können durch die vorzugsweise aus Graphit bestehende Wanne geführt werden, um die Stellen besonders zu kühlen, die für die Eingrenzung des Kernvolumens besonders wichtig sind. Die Kühlmittleitungen können aber auch durch eine die Wanne tragende Metallschicht geführt sein, wenn die Metallschicht eine für die Wärmeabfuhr ausreichende Wärmeleitung ergibt. Ferner kann die Wanne eine Metallauskleidung aufweisen, damit die Wärme gleichmäßig verteilt und abgeführt wird. Mit einem durchschmelzbaren Deckel der Wanne kann man ferner erreichen, daß die Wanne und/oder ein darin enthaltenes Kühlmittel so lange nicht durch chemische Umsetzung, Korrosion oder ähnliches beansprucht werden, bis sie zum Aufnehmen und Kühlen des Kerns benötigt werden.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnung einige Ausführungsbeispiele beschrieben, die schematisch vereinfacht dargestellt sind. Für übereinstimmende Teile werden gleiche Bezugszeichen verwendet.

Die erfindungsgemäße Reaktoranlage ist als Ganzes in einer Sicherheitshülle 1 aus Stahl untergebracht, die auf einem geeigneten Betonfundament 2 ruht. Die Sicherheitshülle schließt den Reaktordruckbehälter 3 aus Spannbeton ein, der zugleich als biologischer Schild dient. Im Spannbetonkörper 3 kann eine besondere Auskleidung 5 vorgesehen werden, die den Beton gegen Strahlung und Wärme abschirmt. Sie enthält den eigentlichen Reaktorkern 7, der bei dem als Ausführungsbeispiel dargestellten Brutreaktor mit Gaskühlung von einem radialen Brutmantel 8 und einem axialen Brutmantel 9 umgeben ist. Die Brennelemente des Reaktorkerns 7 sind an einer Haltevorrichtung 10 befestigt, die sich aus dem Spannbetonkörper 3 nach außen erstreckt. Zur Kühlung wird das Gas mit einem Gebläse 13 durch einen Dampferzeuger 12 gefördert.

Wie man sieht, ist unterhalb des Spannbetonbehälters 3 eine Wanne 14 angeordnet, die den Kern im Falle des Kernschmelzens bis zur endgültigen Abkühlung aufnehmen soll. Zunächst aber wird bei ungenügender Kühlung der schmelzende Kern im unteren Teil 15 der Druckbehälterauskleidung 5 aufgefangen. Von dort muß er sich erst durch den Reaktordruckbehälter durchbrennen. Die dann in der Wanne 14 freiwerdende Wärme wird durch eine Kühlmittleitung 16 abgeführt, die von der Wanne 14 in den oberen Bereich der Sicherheitshülle 1 führt. Die Leitung 16 ist, wie in Fig. 1a in einem teilweisen Querschnitt angedeutet ist, um den Umfang der Sicherheitshülle verteilt. Zweckmäßig wechseln Leitungen 16 mit Einlässen 17 ab, durch die das an der Sicherheitshülle 1 abgekühlte Gas erneut der Wanne 14 zugeführt wird.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ist angenommen, daß als Kühlmittel das Gas ausreicht, das normalerweise im Inneren der Sicherheitshülle 1 vorhanden ist. Dieses Gas transportiert die Wärme des schmelzenden Kerns zum Oberteil 18 der Sicherheitshülle 1. Dort ist die durch die Pfeile 19 angedeutete

Berieselung mit Wasser vorgesehen, um die Wärmeabfuhr von der Sicherheitshülle 1 zu verbessern. Es können aber auch andere Kühlmittel eingesetzt werden, z. B. eine Beblasung mit atmosphärischer Luft.

Nach Fig. 2 ist im Inneren des Spannbetonkörpers 3 eine Wanne 23 zum Auffangen des schmelzenden Kerns bis zur vollständigen Abkühlung angeordnet. Unterhalb der Wanne 23 ist ein Kühlsystem 25 vorgesehen, das zwei Leitungen 26 und 27 umfaßt.

Die Leitungen 26 und 27 sind an einen doppelwandig ausgebildeten oberen Bereich 29 der Sicherheitshülle 1 angeschlossen, und zwar derart, daß die Leitung 26 zum höchsten Punkt des Bereiches 29 geführt ist, während die Leitung 27 an seine tiefste Stelle angeschlossen ist. Zwischen dem Bereich 29 und der Wanne 23 kursiert als Kühlmittel eine verdampfbare Flüssigkeit, damit die von dem schmelzenden Kern ausgehende Wärme mit großer Schnelligkeit in den Zwischenraum 29 transportiert wird. Von dort verläßt die Wärme die als Wärmetauscher wirkende Sicherheitshülle 1, wozu von außen die wieder durch die Pfeile 19 angedeutete Berieselung mit Wasser vorgenommen wird.

Die Fig. 3 zeigt in wesentlich vergrößertem Maßstab eine Einzelheit der Wanne 23 im Bereich des Kühlsystems 25. Man erkennt, daß die Wanne 23 mit Rippen 30 in die Flüssigkeit 31 ragt. Durch die Wärmeleitfähigkeit der Rippen ist dafür gesorgt, daß durch die Leitung 27 zuströmende Flüssigkeit durch Wärmeaufnahme verdampft wird und durch die Leitung 26 als Dampf entweichen kann. Nach Kondensation an der als Wärmetauscher wirkenden Sicherheitshülle 1 kehrt die Flüssigkeit dann im geschlossenen Kühlkreis zur Wanne 23 zurück. Die außerhalb des Druckbehälters 3 liegende Wanne 14 wird also nur bei einem Versagen der Kühlmittleitungen 26, 27 benötigt.

In der Fig. 4 ist dargestellt, daß zur Verbesserung des Wärmeüberganges neben den Rippen 30 noch Rippen 33 vorgesehen sind, die nach oben in die Wanne 23 hineinragen. Innerhalb der Rippen sind Kühlmittleitungen 35 vorgesehen, die z. B. mit einem niedrig schmelzenden Metall gefüllt sein können, um den Wärmeübergang von den Rippen 33 auf die Rippen 30 zu verbessern. Zu dem gleichen Zweck kann man den Boden der Wanne 23 mit einem niedrig schmelzenden Metall 34 auskleiden.

Nach der Fig. 5 kann man die Wanne 23 auch dadurch kühlen, daß die Rippen 30 in innigem Kontakt mit Kühlrohren 36 stehen, die in geeigneter Weise mit der nicht dargestellten Dampfleitung 26 verbunden sind. Zur Vergleichmäßigung des Wärmeüberganges kann ferner niedrig schmelzendes Metall 37 dienen, das den Zwischenraum zwischen der Wanne 23 und einer Wandung 38 der Auskleidung 5 des Spannbetonkörpers 3 ausfüllt.

Bei den Ausführungsbeispielen der Fig. 1 und 2 bildet der Boden 40 des Reaktordruckbehälters 3 einen durchschmelzbaren Deckel für die äußere Wanne 14. Einen ähnlichen Deckel kann man auch an der inneren Wanne 23 anbringen.

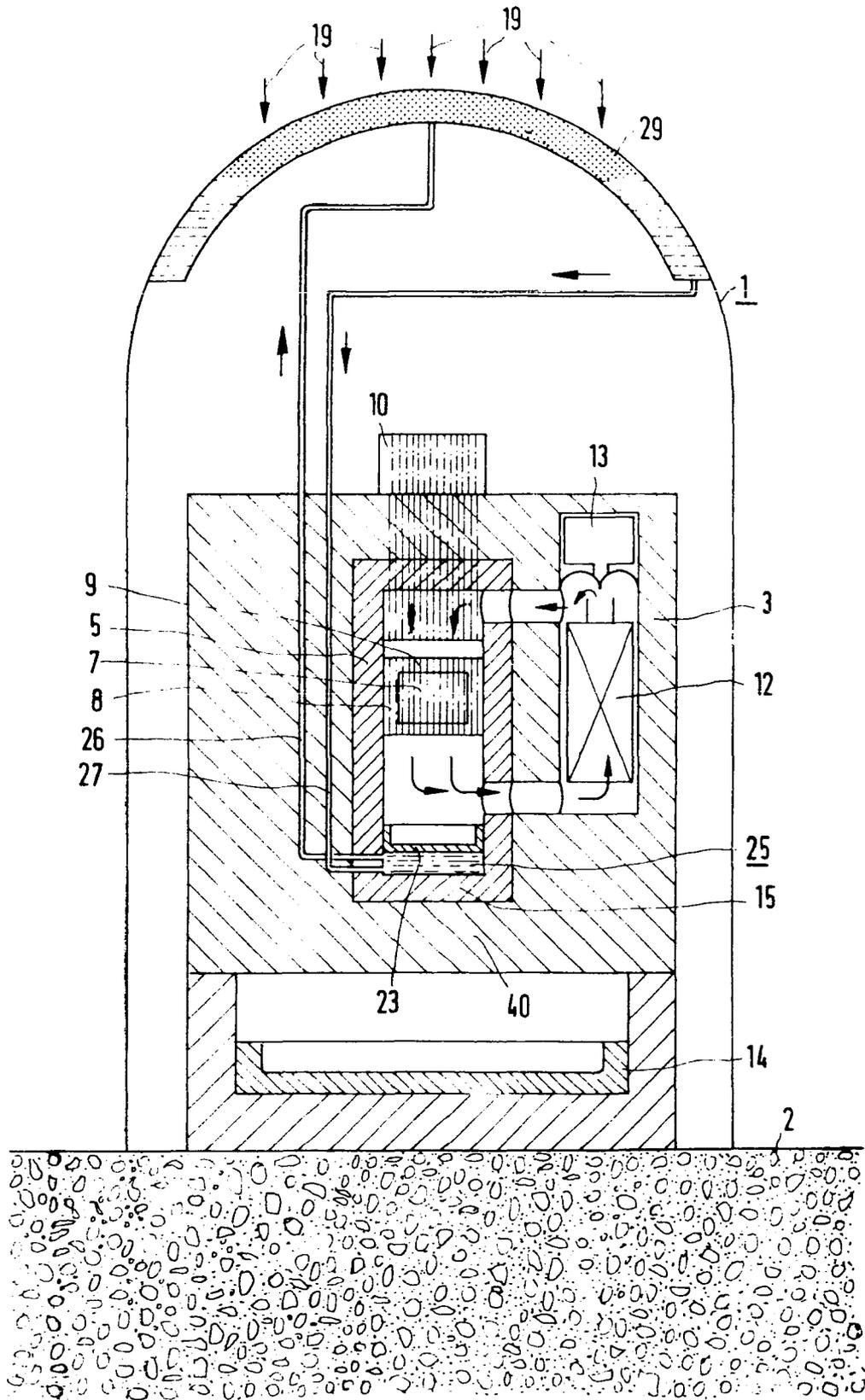


Fig. 2

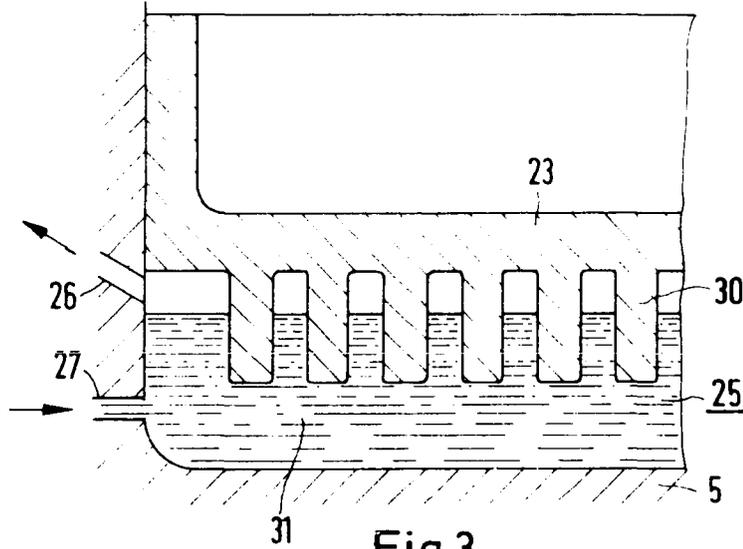


Fig.3

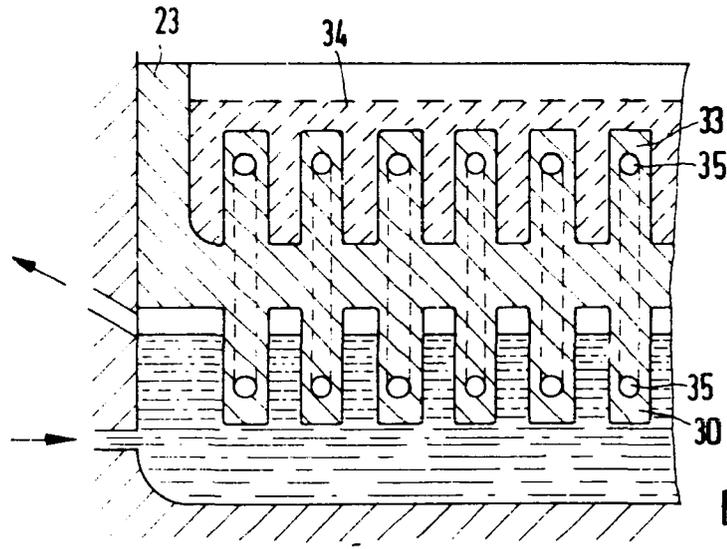


Fig.4

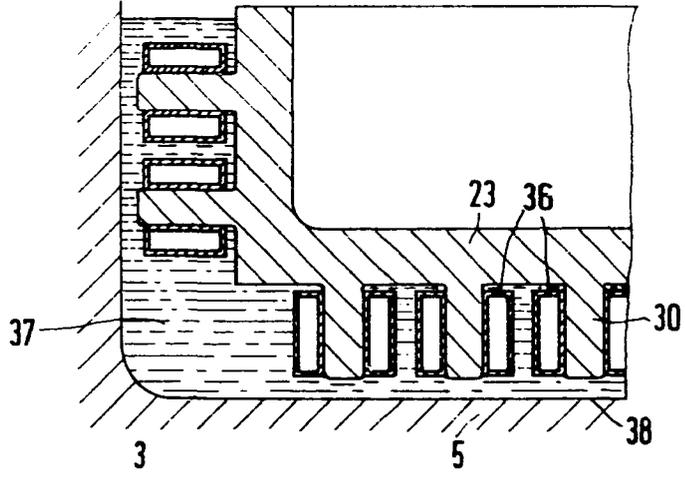


Fig.5