

1

57

Int. Cl. 2:

G 21 C 17/06

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



1
7
1

DT 24 24 431 B 2

11

Auslegeschrift 24 24 431

21

Aktenzeichen: P 24 24 431.3-33

22

Anmeldetag: 20. 5. 74

43

Offenlegungstag: 4. 12. 75

44

Bekanntmachungstag: 17. 2. 77

31

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Lokalisieren defekter Brennstäbe eines Reaktor-Brennelements

71

Anmelder: Babcock-Brown Boveri Reaktor GmbH, 6800 Mannheim

72

Erfinder: Jester, Alfred, Dipl.-Ing., 6720 Speyer; Honig, Harry, Lynchburg, Va. (V.St.A.)

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-AS 12 48 822

DT-OS 22 49 721

In Betracht gezogene ältere Anmeldungen:

DT-AS 23 14 650

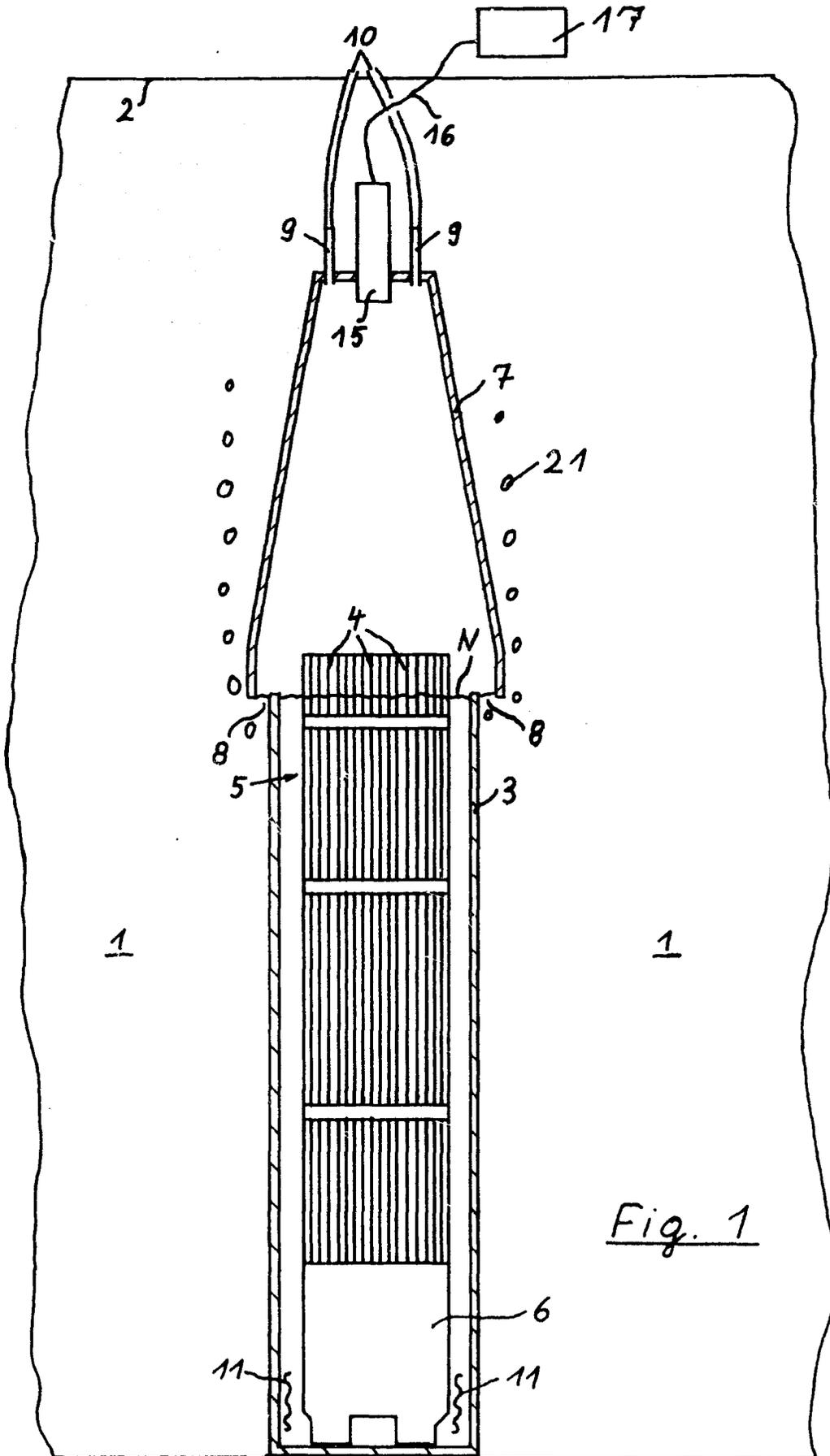


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Lokalisieren defekter Brennstäbe innerhalb kompletter Brennelemente von wassergekühlten Kernreaktoren unter Erhitzung des in die defekten Brennstäbe eingedrungenen Wassers, wobei das Brennelement in einem wassergefüllten Prüfbehälter steht und wobei das obere Ende der Brennstäbe mit Hilfe einer gasdurchströmten Glocke, in die die oberen Brennstabenden hineinragen, wasserfrei gehalten und seine Temperatur gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das in dem Prüfbehälter enthaltene Wasser auf ca. 100°C erhitzt wird, daß das obere Ende der Brennstäbe mittels eines Gasstromes gekühlt wird und daß die Temperatur der Brennstabenden mit Hilfe eines Infrarotmeßgerätes bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhitzung des Prüfbehälterwassers unter Ausnutzung der Nachzerfallswärme des Brennelements erfolgt.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Infrarotstrahlen durch Spiegel (19) von der Richtung der γ -Strahlen abgelenkt werden.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Infrarotmeßgerät (15) von einer γ -Strahlenabschirmung (20) umgeben ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lokalisieren defekter Brennstäbe innerhalb kompletter Brennelemente von wassergekühlten Kernreaktoren unter Erhitzung des in die defekten Brennstäbe eingedrungenen Wassers, wobei das Brennelement in einem wassergefüllten Prüfbehälter steht und wobei das obere Ende der Brennstäbe mit Hilfe einer gasdurchströmten Glocke, in die die oberen Brennstabenden hineinragen, wasserfrei gehalten und seine Temperatur gemessen wird.

Der Kern eines leichtwassergekühlten Reaktors besteht aus ca. 40–50tausend Brennstäben, die jeweils in einzelne Gruppen von ca. 200 Stück zu sog. Brennelementen zusammengefaßt sind. Ein Brennelement ist aufgebaut aus zwei Endstücken, den Führungsrohren für die Aufnahme von Steuer- bzw. Vergiftungsstäben, den Abstandshaltern für die Positionierung der Brennstäbe sowie den Brennstäben. Die Brennstäbe bestehen aus Hüllen, die Kernbrennstoff in oxidischer Form enthalten, und sind an beiden Enden durch angeschweißte Endstopfen verschlossen.

Durch den Betrieb können bei einzelnen Stäben lokale Undichtheiten auftreten. Dadurch wird das Austreten von gasförmigen Spaltprodukten in den Kühlmittelstrom ermöglicht, wodurch seine Radioaktivität erhöht wird.

In gewissem Umfang können Spaltprodukte im Kühlsystem geduldet werden. Es ist jedoch wünschenswert, ihre Menge wegen der Strahlenbelastung in der Nähe des Reaktorkühlsystems niedrig zu halten.

Aus dem obengenannten Grunde werden die Brennelemente üblicherweise bei jedem Brennelementwechsel einem sog. »Sipping«-Test unterworfen. Bei diesem Test wird das Brennelement im Brennelementlaßbecken unter Wasser in einen Behälter gebracht.

Brennstäbe und Wasser in diesem Behälter heizen sich durch die Nachzerfallswärme auf. Enthält dieses Brennelement defekte Stäbe, so treten beim Erwärmen radioaktive Spaltprodukte aus den defekten Stäben aus und gelangen in das Wasser. Durch Entnehmen von Wasserproben und Messung der Radioaktivität kann dann festgestellt werden, ob das Element defekte Stäbe enthält. Ein derartiges Verfahren ist z. B. aus der DT-AS 12 48 822 bekannt und liefert lediglich die Aussage, ob ein Brennelement defekte Stäbe enthält; es liefert jedoch keine Aussage über deren Position.

Auch die DT-OS 22 49 721 offenbart nur eine Vorrichtung zur Erkennung von Brennelementen, die an unbestimmten Positionen defekte Brennstäbe enthalten. Nach der Fig. 1 der DT-OS 22 49 721 wird ein Rohr an ein Brennelement wasserdicht angekoppelt und der Wasserspiegel innerhalb des Rohres mittels Preßluft so weit abgesenkt, daß die Brennstäbe des Brennelements auf jeden Fall noch mit Wasser bedeckt sind. Mit dem Absenken des Wasserspiegels wird erreicht, daß die Temperatur der Stäbe durch die Nachzerfallswärme erhöht und die Abgabe radioaktiver Isotope durch beschädigte Brennstäbe in das umgebende Kühlwasser beschleunigt wird. Mit einem Probeentnahmerohr wird Kühlwasser abgesaugt und untersucht. Bei Auftreten bestimmter Isotope in den Proben kann auf beschädigte Stäbe geschlossen werden.

Bei einem bisher aufgezeigten Stand der Technik ist es erforderlich, alle Stäbe eines Brennelementes nacheinander ganz oder teilweise zu ziehen und mit Hilfe von Wirbelstrom- oder Ultraschallprüfungen auf Fehler zu untersuchen. Die fehlerfreien Stäbe werden wieder in das Brennelement eingesetzt und die defekten durch neue Stäbe ersetzt.

Dieses Verfahren ist sehr zeitraubend und aufwendig. Außerdem verursachen beim Ziehen und Wiedereinsetzen der Stäbe die Abstandshalter an der Hülle Riefen oder Kratzer, die Ausgangspunkt für spätere Brennstabschäden sein können.

Weiterhin werden in der älteren Anmeldung P 23 14 650.1-33 vier Verfahren zur Auffindung defekter Brennstäbe im Verband kompletter Brennelemente wassergekühlter Kernreaktoren beschrieben. Hierzu werden die Hüllrohre in der Nähe einer zugänglichen Endkappe erwärmt, um bei defekten Brennstäben das in diesen befindliche Wasser zu erhitzen. Zum Nachweis des eingedrungenen Wassers wird vorgeschlagen, eine Dampfblasen- oder Kondensatbildung mit Hilfe des Ultraschall-Impuls-Echo-Verfahrens an der Endkappe zu ermitteln oder eine Messung des zeitlichen Temperaturverlaufs vorzunehmen oder die Kühlleistung, die zur Konstanthaltung der Endkappentemperatur notwendig ist, als Indiz für eingedringenes Wasser zu benutzen oder die notwendige Wärmemenge zu messen die erforderlich ist, um den Brennstab auf eine bestimmte Temperatur zu erwärmen.

Diese Verfahren haben den Nachteil, daß, wie aus Seite 8, Abs. 2 hervorgeht, bestenfalls ein Teil der Brennstäbe eines Brennelements gleichzeitig geprüft werden kann.

Auch erscheint es unwahrscheinlich, daß mit dem Verfahren dieser älteren Anmeldung auch die Fälle von Wassereinschlüssen entdeckt werden, bei denen sich das eingedrungene Wasser im Brennstabbereich unterhalb der Heizeinrichtung befindet.

Die Erfindung macht sich daher zur Aufgabe ein Verfahren zu finden, mit dessen Hilfe einfach und zuverlässig alle mit Wassereinschlüssen versehenen

Brennstäbe gleichzeitig erkannt werden.

Gelöst wird die Aufgabe dadurch, daß das in dem Prüfbehälter enthaltene Wasser auf ca. 100°C erhitzt wird, daß das obere Ende der Brennstäbe mittels eines Gasstromes gekühlt wird und daß die Temperatur der Brennstabenden mit Hilfe eines Infrarotmeßgerätes bestimmt wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt die Erhitzung des Prüfbehälterwassers unter Ausnutzung der Nachzerfallwärme des Brennelements.

Damit die von den Brennstäben ausgehende mehr oder weniger starke γ -Strahlung die Temperatur-Messung nicht stört, wird eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens derart ausgebildet, daß die Infrarotstrahlen durch Spiegel von der Richtung der γ -Strahlen abgelenkt werden. Dabei ist es weiterhin zweckmäßig, das Infrarotmeßgerät mit einer γ -Strahlen-Abschirmung zu umgeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren bringt den Vorteil einer erheblichen Zeiteinsparung beim Feststellen defekter Brennstäbe, da alle defekten Stäbe eines Brennelements mit Hilfe des Infrarot-Verfahrens gleichzeitig erkannt werden können.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß aufgrund der gleichmäßigen Erwärmung des in das Prüfbehälterwasser eingetauchten Brennstabbereiches mit Sicherheit alle Wassereinschlüsse zum Verdampfen gebracht werden.

Anhand von Zeichnungen wird die Erfindung nachfolgend erläutert.

Fig. 1 zeigt ein in einem Prüfbehälter angeordnetes Brennelement;

Fig. 2 zeigt im Detail einen defekten und einen unbeschädigten Brennstab;

Fig. 3 und 4 zeigen zwei weitere Ausführungsformen der Vorrichtung zur Lokalisierung defekter Brennstäbe.

In Fig. 1 ist mit 1 der Teilbereich eines Wasserbeckens bezeichnet, das bis zur Höhe 2 gefüllt ist. In diesem Becken, das unter anderem auch zur Lagerung gebrauchter Brennelemente dient, ist ein oben offener Prüfbehälter 3 gelagert, in dem ein auf Beschädigung der Brennstäbe 4 zu untersuchendes Brennelement 5 steht, bei dem am oberen Ende das am unteren Ende noch sichtbare Endstück 6 bereits entfernt ist. Eine Glocke 7 ist mit Hilfe eines nicht dargestellten Hebezeuges so weit über den Prüfbehälter 3 herabgesenkt, daß ein zur Ausdrückung des innerhalb der Glocke 7 befindlichen Wassers mittels Gas erforderlicher Ringspalt 8 frei bleibt. An dem Umfang der Glocke sind mehrere Stützen 9 angebracht, die mit Schläuchen

10 gekuppelt sind, um einen von einer nicht dargestellten Quelle kommenden Gasstrom in die Glocke 7 einzuleiten.

Der unter einem bestimmten Druck stehende Gasstrom drückt das innerhalb der Glocke 7 anwesende Wasser bis zum Niveau »N« heraus und hält es dann auf diesem Niveau, wobei Gasblasen 21 durch den Ringspalt 8 nach oben aufsteigen.

Das im Prüfbehälter 3 befindliche Wasser wird durch die Nachzerfallwärme erwärmt und durch geeignete Heiz- oder Kühleinrichtungen 11 auf einer Temperatur von ca. 100°C gehalten.

Wie aus dem in Fig. 2 gezeigten Detail eines defekten Brennstabes 4a und eines nichtbeschädigten Brennstabes 4b zu ersehen ist, verdampft das in die defekten Brennstäbe eingedrungene Wasser.

Mit 12 werden die Brennstofftablettensäule bezeichnet, die durch nicht dargestellte Abstandshalter in der in Fig. 2 gezeigten Lage fixiert werden.

Das Niveau N soll nicht unter die Oberkante der Brennstofftablettensäule absinken, um eine unerwünschte Temperaturerhöhung der Brennstabhülle im dann nicht wassergekühlten Bereich der Tablettensäule zu vermeiden.

Der im oberen Stabende vorhandene Wasserdampf 13 kondensiert durch die Einwirkung des kühlenden Gasstromes und gibt die Kondensationswärme unter anderem auch an die Stirnseiten 14 der defekten Stäbe ab. Das im oberen Bereich der Glocke 7 gasdicht befestigte Meßgerät 15, ein auf der Basis von Infrarot-Wellen arbeitendes Gerät, übermittelt die Temperaturwerte der Stabenden über eine Kabelverbindung 16 zu einem Monitor 17.

Die Lage aller defekten Stäbe kann damit erkannt und diese Stäbe können gegen unbeschädigte Brennstäbe ausgetauscht werden.

Mit 7a und 7b sind die in Fig. 3 und 4 dargestellten besonderen Ausführungsformen der Glocke 7 bezeichnet. Mit Hilfe eines Gasstromes, der durch die Schläuche 10 und Stützen 9 strömt, wird auch in diesen Glocken das Wasser bis zum Niveau »N« zurückgedrängt. Um die Temperaturmessung mittels der Infrarotstrahlen 18 nicht zu stören, werden diese in besonders geformten Glocken 7a oder 7b mit Hilfe von Spiegeln 19 von der Richtung der im Wasserbecken 1 enthaltenen γ -Strahlen der Spaltprodukte abgelenkt. Die unter Wasser angeordneten Temperatur-Meßgeräte 15 können durch Abschirmelemente 20 gegen die γ -Strahlung geschützt werden.

5

Nummer: 24 24 431
Int. Cl.?: G 21 C 17/06
Bekanntmachungstag: 17. Februar 1977

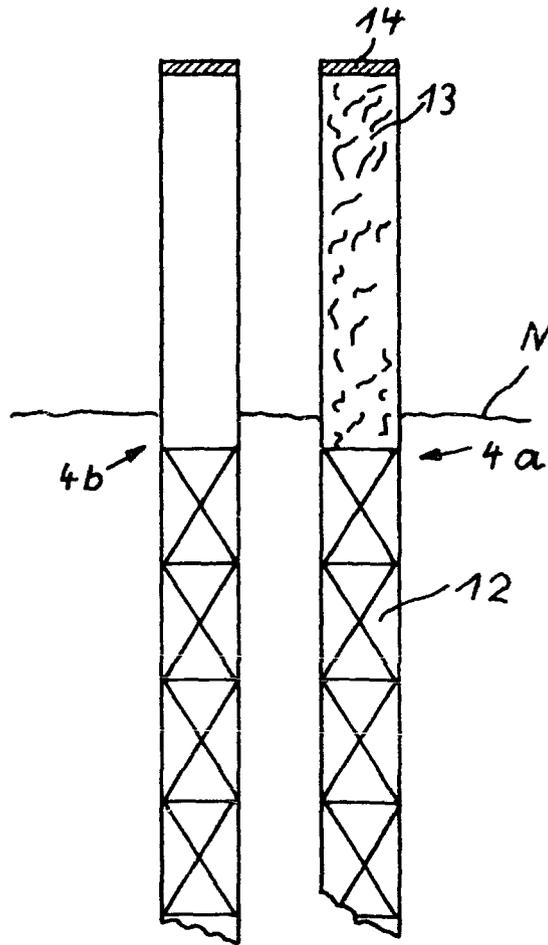


Fig. 2

