

51

Int. Cl. 2:

G 21 C 3-20

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



1
6
1

DT 20 43 248 B2

11

Auslegeschrift 20 43 248

21

Aktenzeichen: P 20 43 248.8-33

22

Anmeldetag: 1. 9. 70

43

Offenlegungstag: 9. 3. 72

44

Bekanntmachungstag: 25. 9. 75

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Kernreaktorbrennstoffstäben

71

Anmelder: Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt

72

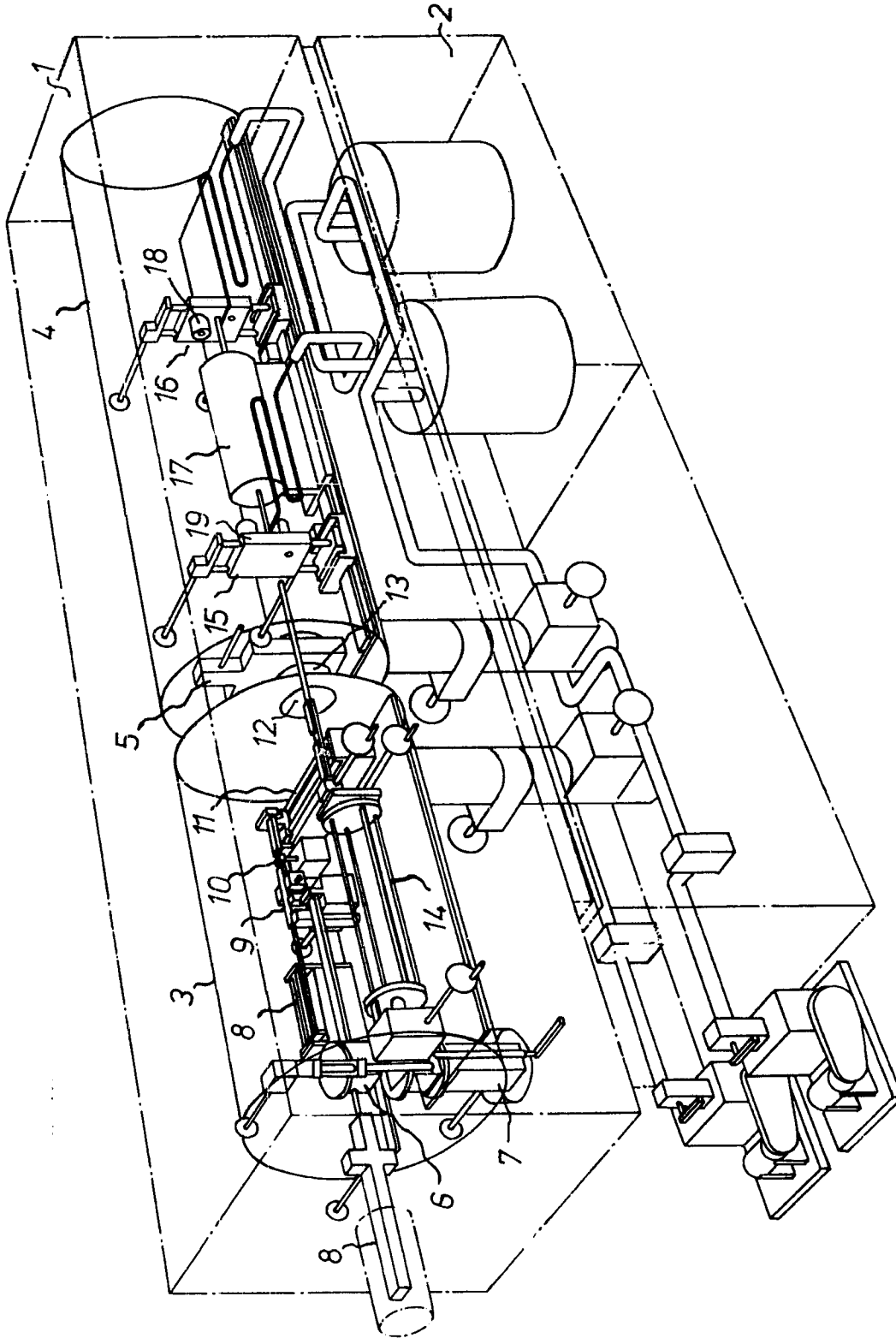
Erfinder: Meinhardt, Volker, 8752 Hörstein; Schultz, Rüdiger, 6000 Frankfurt; Gall, Alois, 8752 Kleinostheim

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-AS 12 17 515

DT-AS 12 98 207



Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung von Kernreaktorbrennstoffstäben, die in einem Hüllrohr den Brennstoff enthalten und bei denen zur besseren Wärmeübertragung vom Brennstoff zum Hüllrohr ein Alkalimetall in den Zwischenraum zwischen Brennstoff und Hüllrohr gegeben wird, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl das Einfüllen des Brennstoffes als auch des Alkalimetalls in horizontaler Lage des Hüllrohres erfolgt, daß zur Entfernung von Oxyden das Hüllrohr von dem gleichen Alkalimetall durchgespült wird und daß nach dem Einfüllen des Brennstoffes in das Hüllrohr der für das Spaltgasvolumen gewünschte Füllstand an Alkalimetall in horizontaler Lage eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Durchspülen des Hüllrohres nach dem Einfüllen des Brennstoffes erfolgt und der Spaltgasraum durch Herausdrücken der Alkalimetallsäule aus dem Hüllrohr um den für das Spaltgasvolumen erforderlichen Teil mittels unterschiedlicher Vakua oder Schutzgas gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Durchspülen des Hüllrohres vor dem Einfüllen des Brennstoffes erfolgt und der Brennstoff eingegeben wird nach Entfernen der Alkalimetallsäule aus dem Hüllrohr mittels unterschiedlicher Vakua oder Schutzgas und anschließend die noch erforderliche Menge Alkalimetall eingefüllt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß das Hüllrohr nach dem Füllen mit Brennstoff, Alkalimetall und Abstandshaltern zur Begrenzung eines Raumes für das Spaltgasvolumen unter Vakuum oder Schutzgasatmosphäre mit seinen Endstopfen mittels jeweils einer Schweißvorrichtung mit rotierendem Lichtbogen verschweißt wird.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß in einer als Handschuhkasten ausgebildeten Box (1) zwei hintereinander angeordnete Vakuumkammern (3, 4) angeordnet sind und in der ersten Vakuumkammer (3) eine Hubvorrichtung (6) zur Aufnahme des Brennstofftransportbehälters, eine Vorrichtung zum Öffnen des Brennstofftransportbehälters (7), eine Längen- und Durchmesserstation (9), eine Wiegestation (10) sowie ein Trommelmagazin (14) für die Abstandshalter zur Begrenzung eines Raumes für das Spaltgasvolumen untergebracht sind, während die zweite Vakuumkammer (4), die über Öffnungen (12, 13) und einem Schieber (5) mit der ersten Vakuumkammer (3) verbunden werden kann, im wesentlichen zwei Kreuzschlitten (15, 16) zur Aufnahme der Schweißvorrichtungen (18, 19), ein beheizbarer Zylinderkörper (17) zur Aufnahme der Hüllrohre und die Anlagen zur Handhabung des Alkalimetalls enthält.

zwischen Brennstoff und Hüllrohr gegeben wird.

Ein derartiges Verfahren ist der DT-AS 12 17 515 sowie der DT-AS 12 98 207 zu entnehmen.

Die Problematik bei der Herstellung von Brennstoffstäben liegt in der Erfüllung folgender Anforderungen:

- a) Werden bei den meist üblichen zylindrischen Hüllrohren zylindrische Brennstofftabletten verwendet, so muß sichergestellt sein, daß die enge Ringspalte zwischen Hüllrohr und der aus den Brennstofftabletten gebildeten Brennstoffsäule vollständig mit dem Alkalimetall gefüllt ist.
- b) Zur Erzielung einer ausreichenden Benetzbarkeit muß die Oxydschicht an der Hüllrohrwandung abgespült werden.
- c) Die Alkalimetallschicht soll möglichst blasenfrei sein, um den Wärmetransport nicht zu erschweren.
- d) Der O₂-Gehalt des Alkalimetalls muß sehr gering sein, da durch den Sauerstoff Kohlenstoff vom Karbid abgelöst wird, der dann zum Hüllrohr diffundiert und zu einer Versprödung des Hüllrohrwerkstoffes führt. Man rechnet damit, daß bei einem Verunreinigungsgrad von über 100 ppm soviel Kohlenstoff gelöst und zur Hüllrohrwand gelangt, daß eine wirtschaftliche Einsatzzeit im Reaktor durch vorzeitiges Auftreten von Kaltsprödigkeit des Hüllrohres unterschritten wird.
- e) Im oberen Teil des Brennstoffstabes muß ein Raum für Spaltgase frei bleiben.

Diese Bedingungen sowie die Sicherheitsanforderungen machen eine Handhabung des Brennstoffes und des Alkalimetalls unter Schutzgas oder Vakuum notwendig.

Die bekannten Verfahren vermögen diese Anforderungen nur unvollkommen zu erfüllen. Es besteht vor allem die Gefahr, daß trotz des Evakuierens noch Gasblasen im Inneren der Brennstoffplatte zurückbleiben und als Einschlüsse in der Natriumbindung später den Wärmetransport behindern. Ferner ist bei diesen Verfahren ein höherer O₂-Gehalt im Natrium zu erwarten, da der Sauerstoff an der Brennstoffoberfläche von dem Natrium abgelöst wird, jedoch dann im Natrium verbleibt.

Für Kernreaktoren ist auch bereits ein Verfahren zum Füllen von Brennstoffstäben, die aus einer Anzahl von in einer Hülle eingeschlossenen Brennstofftabletten bestehen und zur Wärmeübertragung von den Brennstofftabletten auf die Hülle ein Alkalimetall enthalten, bekanntgeworden, bei dem die an ihrem unteren Ende verschlossene Hülle mit der erforderlichen Menge Alkalimetall in einem mit Schutzgas ausgefüllten Raum gefüllt wird, dessen Dampfdruck gleich dem Dampfdruck des Alkalimetalls bei der Temperatur ist, bei der eine ausreichende Benetzung von Spaltstofftabletten und Hülle gewährleistet ist, das Alkalimetall nach dem Einfüllen auf diese Temperatur erhitzt wird und danach die Sauerstofftabletten eingebracht werden.

Mit diesem Verfahren wird zwar eine gute Benetzbarkeit der Hüllrohrwandung erzielt, jedoch besteht wie bei den vorgenannten Verfahren die Gefahr des Einschlusses von Glasblasen. Ein Einfüllen der Brennstofftabletten unter Vakuum ist nicht möglich, da die Fallenergie der Brennstofftabletten bis zum Auftreten auf das Natriumbad zu groß wäre. Ein weiterer Nachteil besteht wie bei den vorgenannten Verfahren darin, daß die von der Hüllrohrwandung abgespülten Oxyde den Sauerstoffgehalt des Natriums erhöhen, wodurch die unter d) genannte Versprödung des Hüllrohrwerkstoffes eintreten kann.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Kernreaktorbrennstoffstäben, die in einem Hüllrohr den Brennstoff enthalten und bei denen zur besseren Wärmeübertragung von Brennstoff zum Hüllrohr ein Alkalimetall in den Zwischenraum

bekanntem Verfahren dahingehend zu verbessern, daß Brennstoffstäbe mit in einem Alkalimetall gebundenem Brennstoff derart hergestellt werden können, daß eine Alkalimetalleinbindung hoher Qualität erzielt wird, und insbesondere Gaseinschlüsse im Alkalimetall vermieden werden. Weiterhin sollen die übrigen zuvor genannten Anforderungen erfüllt sein.

Diese Aufgabe wird bei dem eingangsgenannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß sowohl das Einfüllen des Brennstoffes als auch des Alkalimetalls in horizontaler Lage des Hüllrohres erfolgt, daß zur Entfernung von Oxyden das Hüllrohr von dem gleichen Alkalimetall durchgespült wird und daß nach dem Einfüllen des Brennstoffes in das Hüllrohr der für das Spaltgasvolumen gewünschte Füllstand an Alkalimetall in horizontaler Lage eingestellt wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Die Vorrichtung besteht aus einer durch strichpunktierte Linien angedeuteten oberen Box 1 und unteren Box 2. Diese Boxen bilden ein Handschuhkastensystem. Die obere Box 1 enthält zwei hintereinander angeordnete Vakuumkammern 3 und 4, die durch einen Schieber 5 voneinander getrennt werden können und dadurch unabhängig voneinander evakuiert oder mit Schutzgas zu beaufschlagen sind. Im folgenden wird die Vakuumkammer 3 als erste Vakuumkammer, die Vakuumkammer 4 als zweite Vakuumkammer bezeichnet. Beide Vakuumkammern haben vorzugsweise zylindrische Formen und sind horizontal angeordnet. In der ersten Vakuumkammer 3 befindet sich eine Hubvorrichtung 6, die einen nicht bezeichneten Brennstofftransportbehälter aufnimmt. Mit der Position 7 ist eine Vorrichtung zum Öffnen des Brennstofftransportbehälters bezeichnet. Ein Transportsystem 8 dient dem Transport des Brennstoffes zu einer Längen- und Durchmessermeßstation 9. Es schließt sich eine Wiegestation 10 an. Nach Verlassen der Wiegestation gelangen die Brennstofftabletten über weitere Transporteinrichtungen durch eine Öffnung 12 der ersten Vakuumkammer 3 über den bereits erwähnten Schieber 5 und einer Öffnung 13 der zweiten Vakuumkammer 4 in diese Kammer hinein. Auf gleichem Wege gelangen auch die Abstandshalter zur Begrenzung eines Raumes für das Kaltgasvolumen aus einem Trommelmagazin 14 der ersten Vakuumkammer 3 in die zweite Vakuumkammer 4.

Die zweite Vakuumkammer besitzt als Transportorgan zwei Kreuzschlitten 15 und 16, die vertikal und horizontal verfahren werden können. Ein beheizbarer Zylinderkörper 17 zwischen den beiden Kreuzschlitten dient der Aufnahme jeweils eines Hüllrohres. Mit den Positionen 18 und 19 sind jeweils eine Schweißvorrichtung bezeichnet, die zum Verschweißen der gefüllten Hüllrohre dienen. Die Einbauten der unteren Box 2 dienen der Handhabung des Natriums und sind nicht mehr positioniert, da dies zum Verständnis der Erfindung nicht notwendig erscheint.

Das Verfahren gemäß der Erfindung läuft wie folgt ab: In der noch nicht evakuierten ersten Vakuumkammer 3 wird ein verschlossener Brennstofftransportbehälter mit dem Brennstoff in einer Halterung der Hubvorrichtung 6 eingesetzt. Ebenso werden die erforderlichen Abstandshalter zur Begrenzung eines Raumes für das Spaltgasvolumen in das Trommelmagazin 14 der ersten Vakuumkammer 3 eingeführt. Danach werden alle Öffnungen der ersten Vakuumkammer 3 verschlossen.

In der zweiten Vakuumkammer werden die zu verwendeten Hüllrohre eingeschleust und beispielsweise mittels Spannzangen in den beheizbaren Zylinderkörper 17 eingespannt. Ebenfalls werden die metallischen Endstopfen der Hüllrohre eingebracht und jeweils einer in die Schweißvorrichtung 18 und 19 eingesetzt. Nach Beendigung dieser Arbeiten wird auch die zweite Vakuumkammer 4 verschlossen. Sämtliche Vorbereitungsarbeiten werden mit Handschuhen des aus den Boxen 1 und 2 bestehenden Handschuhkastensystems durchgeführt, um eine Kontamination zu vermeiden und einen Unterdruck innerhalb des Handschuhkastensystems aufrechtzuerhalten. Nach dem Verschließen der Vakuumkammern 3 und 4 werden diese bis zu einem Druck von 1×10^{-1} Torr evakuiert. Dabei werden sämtliche Gasversorgungsleitungen und auch die Leitungen für das Natriumsystem mit evakuiert. Wenn dieser Unterdruck erreicht ist, werden sogenannte Diffusionshochvakuumumpfen zugeschaltet. Bei Erreichen des Enddruckes von etwa 10^{-4} Torr wird das Rohrleitungssystem vom Vakuumsystem abgetrennt.

Der Brennstofftransportbehälter, welcher in einer Halterung der Hubvorrichtung 6 eingesetzt wurde, wird anschließend im Vakuum mit der Vorrichtung 7 geöffnet. Durch das Transportsystem 8 werden dann mittels eines Stößels die Brennstofftabletten über Transportschienen zu der Längen- und Durchmessermeßstation 9 geführt. Dabei werden die Brennstofftabletten einzeln durch diese Meßeinrichtung geschoben, wobei die entsprechenden Abweichungen registriert werden. Anschließend werden die Brennstofftabletten zu der Wiegestation 10 geschoben.

In der zweiten Vakuumkammer 4 wurde in dieser Zeit ein in dem beheizbaren Zylinderkörper 17 eingespanntes Hüllrohr bereits mit Natrium durchspült und anschließend die Flüssigkeitssäule mittels eines Schutzgases oder durch unterschiedliche Vakua aus dem Hüllrohr geschoben. Es bleibt als Folge der Benetzung eine dünne Natriumschicht an der gereinigten Hüllrohrwandung zurück. Es ist vorteilhaft hierzu die Beheizung des Hüllrohres zum Natriumaustritt hin zu steigern, damit auch dort trotz des bereits angestiegenen Oz-Gehaltes im Natrium noch in kurzer Zeit Oxyde gelöst werden.

Als nächster Arbeitsvorgang wird die Verbindung zwischen den Vakuumkammern 3 und 4 durch Betätigung des Schiebers 4 hergestellt, so daß die gemessenen und gewogenen Brennstofftabletten über eine Transporteinrichtung in das Hüllrohr eingeschoben werden können. Das kann sowohl bei Temperaturen über 98° C, bei denen die Natriumschicht flüssig ist, als auch bei geringeren Temperaturen geschehen.

Anschließend wird noch eine solche Menge Natrium zugegeben, daß nur noch das Volumen für den Spaltgasraum frei bleibt. Dies ist sehr leicht möglich, da das Natrium, wie eingangs erläutert, trotz der horizontalen Lage des Hüllrohres seinen gesamten Querschnitt ausfüllt und als Pfropfen beispielsweise mittels Schutzgas oder unterschiedlicher Vakua verschoben werden kann.

Als letzte Arbeitsgänge erfolgen das Einschleusen der Abstandshalter zur Begrenzung eines Raumes für das Spaltgasvolumen aus dem Trommelmagazin 14 und das Einschweißen der Endstopfen mittels der Schweißvorrichtungen 18 und 19, die beide mit rotierendem Lichtbogen arbeiten.

Um auch die Brennstofftabletten selbst von Oxyden zu befreien, kann auch das Durchspülen der Hüllrohre in

der zweiten Vakuumkammer 4 nach dem Einfüllen der Brennstofftabletten erfolgen. In diesem Fall strömt das Natrium durch den Ringspalt zwischen Hüllrohrwandung und den Brennstofftabletten. Durch ein Herausdrücken der Flüssigkeitssäule um einen bestimmten Betrag mit Schutzgas oder unterschiedlicher Vakua wird dann das Spaltgasraumvolumen eingestellt. Es schließen sich wiederum das Einschieben der Abstandshalter für Begrenzung eines Raumes für das Spaltgasvolumen und das Verschweißen der Endstopfen als letzte Arbeitsgänge an.

Die wesentlichen Vorteile des Verfahrens und der Vorrichtung gemäß der Erfindung liegen darin, daß durch das Einführen des Brennstoffes in das horizontal gelagerte Hüllrohr ein Einschluß von Gas in die

Alkalimetallbindung wirkungsvoll verhindert werden kann. Wird statt einer Schutzgasatmosphäre, wie in dem beschriebenen Beispiel das Verfahren unter Vakuum ausgeführt, so ist ein Einschluß von Gasblasen in die Alkalimetallbindung sogar ausgeschlossen. Das Verfahren gemäß der Erfindung ermöglicht es weiterhin, Oxydschichten an der Hüllrohrwandung und dem Brennstoff mittels Alkalimetall abzuspielen, ohne daß diese in das zur Alkalimetallbindung verwendete Alkalimetall gelangen.

Weiterhin ist hervorzuheben, daß durch die horizontale Anordnung der oft bis zu mehreren Metern langen Hüllrohre eine einfache Handhabung der Vorrichtung möglich wird, da alle Handhabungen in einer bequem zu erreichenden Höhe stattfinden können.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen
