

1

51

Int. Cl. 2:

G 21 C 3/10

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DT 18 06 599 C 3

Handwritten marks: an arrow pointing up and the number '57'.

11

Patentschrift 18 06 599

21

Aktenzeichen: P 18 06 599.1-33

22

Anmeldetag: 2. 11. 68

43

Offenlegungstag: 26. 6. 69

44

Bekanntmachungstag: 17. 2. 77

45

Ausgabetag: 13. 10. 77

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

30

Unionspriorität:

32 33 31

6. 11. 67 USA 680863

54

Bezeichnung: Verfahren zum Inertgasfüllen und Verschließen eines Kernreaktor-Brennstabs

73

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

74

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

72

Erfinder: Bokyo, Eugene, Monroeville; Campbell, Joseph, Pittsburgh; Pa. (V.St.A.)

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-AS 12 09 673

FR 13 70 146

FR 13 67 328

Z: Welding and Metal Fabrication, Aug. 1960, S. 304

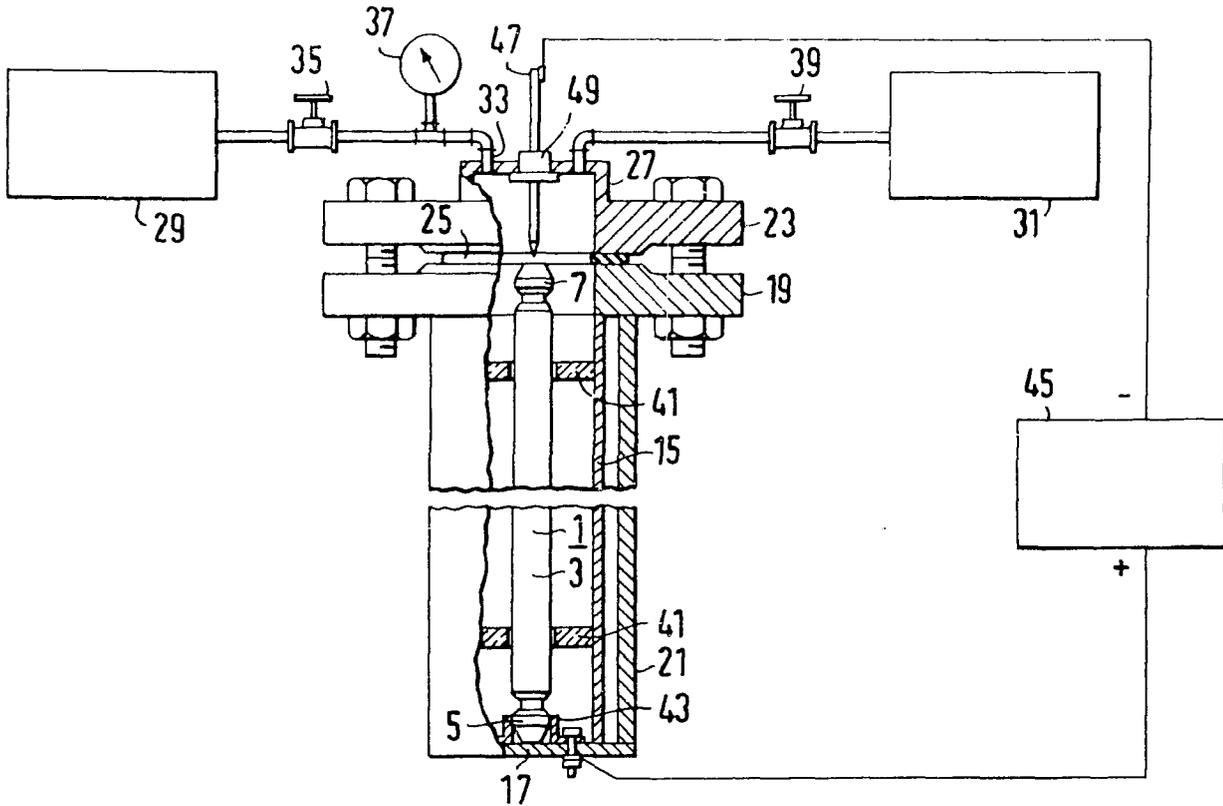


Fig.1

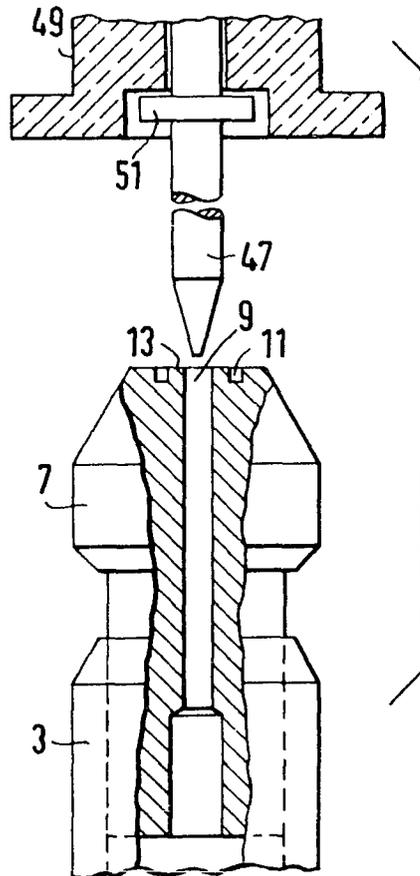


Fig.2

Patentanspruch:

Verfahren zum Füllen mit unter Druck stehendem Inertgas und gasdichten Verschließen eines Kernreaktor-Brennstabs, dessen dünnwandiges Hüllrohr mit dem Kernbrennstoff gefüllt und beidseitig mit Endkappen verschlossen ist, von denen die eine mit einer axialen Bohrung versehen ist, durch die der Brennstab evakuiert und mit dem Inertgas gefüllt wird und die anschließend zugeschweißt wird, dadurch gekennzeichnet, daß unter Verwendung einer Endkappe (7), die an ihrer äußeren Stirnfläche einen durch eine bohrungskonzentrische Ringnut (11) gebildeten, die Bohrung (19) umschließenden Kragen (13) aufweist, das Evakuieren, Füllen und Zuschweißen bei vertikal stehendem Brennstab (1) mit nach oben weisender Bohrung (9) in einem Druckbehälter erfolgt, wobei der Fülldruck mindestens 30 at beträgt und wobei das Zuschweißen durch Lichtbogenschweißung mittels einer in der Bohrungsrichtung justierbaren Elektrode (47) unter Abschmelzung der das Verschlußmaterial liefernden Kragens (13) erfolgt.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Füllen mit unter Druck stehendem Inertgas und gasdichten Verschließen eines Kernreaktor-Brennstabes, dessen dünnwandiges Hüllrohr mit dem Kernbrennstoff gefüllt und beidseitig mit Endkappen verschlossen ist, von denen die eine mit einer axialen Bohrung versehen ist, durch die der Brennstab evakuiert wird und die anschließend zugeschweißt wird.

Die Füllung eines einem hohen Kühlmitteldruck ausgesetzten Brennstabs mit einem inerten Gas hohen Druckes hat den Zweck, das Brennstabhüllrohr trotz des hohen Kühlmitteldruckes zwecks Erzielung einer möglichst guten Neutronenökonomie des Reaktors dünnwandig ausbilden zu können, ohne daß sich eine Faltenbildung infolge der Belastung durch den Kühlmitteldruck einstellt.

Das wesentliche Problem eines solchen Verfahrens ist das endgültige, gasdichte Verschließen des unter erhöhtem Innendruck stehenden Brennstabhüllrohrs.

Bei einem aus der DT-AS 12 09 673 bekannten Verfahren der eingangs dargelegten Art findet deshalb eine Verschlußkappe Anwendung, die im Verlaufe ihrer zum Einfüllen des Inertgases dienenden Axialbohrung ein Rückschlagventil enthält und zum Einfüllen des Inertgases ein Mundstück in Form eines axialen Rohransatzes aufweist. Nach dem Einfüllen des Inertgases wird das Mundstück an seinem Ende zusammengedrückt und zugeschweißt, während das Rückschlagventil einen Wiederaustritt des unter hohem Druck stehenden Inertgases aus dem Brennstabhüllrohr verhindert.

Das bekannte Verfahren ist insofern nicht ganz befriedigend, als einerseits das in die Verschlußkappe eingebaute, nur zum Füllen und Verschließen wirksame, danach jedoch unnütze Rückschlagventil einen verhältnismäßig großen konstruktiven Aufwand darstellt, der sich bei der großen Anzahl der für einen Kernreaktor jeweils benötigten Brennstäbe merklich auswirkt, und als andererseits aufgrund des Rückschlagventils in der Verschlußkappe vor dem Einfüllen des Inertgases eine Evakuierung nicht ohne weiteres möglich ist, obwohl,

wie in der genannten DT-AS 12 09 673 angesprochen ist, das im fertigen Brennstab befindliche Inertgas einen hohen Reinheitsgrad aufweisen muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art im Sinne einer besseren Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs angegebenen Maßnahmen gelöst.

Das Evakuieren und anschließende Füllen des Brennstabs mit Inertgas in einer Druckkammer vor dem endgültigen Zuschweißen des Brennstabs ist aus »Welding and Metal Fabrication«, August 1960, S. 304, an sich bekannt.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Verfahrens liegen darin, daß die Ringnut leicht herstellbar ist und beim Schweißen eine Wärmesperre darstellt, die verhindert, daß ein größerer Teil der Schweißwärme in die benachbarten Bereiche der Endkappe abströmt und diese unnötig erwärmt, und dadurch ein schnelles Abschmelzen des Kragens und damit eine kurze Schweißzeit sicherstellt. Die äußeren Nutwände begünstigen das schnelle Abschmelzen des Kragens, indem sie die Wärmestrahlung des Lichtbogens auffangen, und halten das abgeschmolzene Kragenmaterial im unmittelbaren Bereich der Endkappenbohrung zusammen, so daß ein sicherer Verschluß der Bohrung durch das geschmolzene Material sichergestellt ist. Diese Vorteile hinsichtlich der Zuschweißbarkeit der Endkappenbohrung ermöglichen das Verschließen dieser Bohrung nach dem Einfüllen des Inertgases durch eine automatische Schweißung innerhalb eines geschlossenen Druckbehälters, wobei diese sehr klein sein kann und nur einen geringfügig größeren Durchmesser als der Brennstab aufweisen muß, so daß auch der Inertgasverbrauch gering ist. Das erfindungsgemäße Verfahren schafft die Voraussetzungen, die zur Sicherstellung einer Verschlußverschweißung mit ausreichender Qualität, d. h. mit absoluter Dichtigkeit und ohne Schädigung benachbarter Teile der Brennstabhülle und des Brennstoffs durch die Schweißwärme, im Rahmen eines automatischen Vorgangs erforderlich wird. Eine fehlerhafte Schweißung würde erhebliche Kosten verursachen, da dadurch meist die Endkappe und das gesamte, damit bereits verschweißte Hüllrohr unbrauchbar wird, was ein mühsames Herausschneiden des Brennstoffs aus der beschädigten Hülle und Einsetzen in eine neue Hülle zur Folge hat. Schließlich hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil der Verwendung einer wesentlichen einfacheren Endkappe als beim Verfahren nach der DT-AS 12 09 673.

Die Erfindung wird nachstehend mit Bezug auf die Zeichnungen beispielsweise näher beschrieben, von welchen Fig. 1 eine Apparatur zur Ausführung des Verfahrens und Fig. 2 die Endkappengestaltung im einzelnen und eine Schweißelektrode zeigt.

Der in der Apparatur vertikal stehende Brennstab 1 weist ein Hüllrohr 3 auf, das den Kernbrennstoff enthält und an seinen Enden jeweils durch eine Endkappe 5 bzw. 7 verschlossen ist. Diese Endkappen 5 und 7 sind jeweils durch eine Ringschweißnaht mit dem Hüllrohr 3 verbunden.

Die obere Endkappe 7 ist als Verschlußkappe auf das obere Hüllrohrende aufgeschweißt. Gemäß Fig. 2 ist die obere Endkappe 7 mit einer Bohrung 9 versehen. Konzentrisch zu dieser Bohrung 9 ist in der äußeren Stirnfläche der Endkappe 7 eine Ringnut 11 hergestellt,

wodurch ein um das äußere Ende der Bohrung 9 herum verlaufender Kragen 13 gebildet ist. Dies ermöglicht das Zuschweißen der Bohrung 9 unter Anwendung einer sehr kurzen Schweißzeit bei nur geringer Aufwärmung der übrigen Endkappe 7, wobei das Material des Kragens 13 als Schweißmaterial dient.

Das Füllen des Brennstabs 1 mit einem Inertgas hohen Druckes und das Zuschweißen der Endkappenbohrung 9 erfolgt in der in Fig. 1 dargestellten Apparatur. Diese Apparatur weist einen stählernen Druckbehälter auf, der aus zwei konzentrischen Röhren 15 und 21, einen daran angeschweißten Bodenteil 17 und einem Flanschring 19 besteht und durch einen auf den Flanschring 19 aufgeschraubten Deckel 23 verschlossen ist. Zwischen dem Deckel 23 und dem Flanschring 19 ist eine Dichtung 25 eingelegt. Der Deckel 23 weist eine mittige Ausbuchtung 27 auf, an welcher eine Inertgaszuleitung 33 und eine über ein Trennventil 39 mit einer Vakuumpumpe 31 verbundene Vakuumleitung angeschlossen sind und außerdem eine mittige Isolierdurchführung 49 für eine Schweißelektrode 47 angeordnet ist. In der Mitte des Bodenteils 17 ist eine Halterung 43 für die untere Endkappe 5 des jeweils in die Apparatur eingesetzten Brennstabs 1 vorgesehen, die außerdem als elektrischer Anschluß für das Schweißen dient. Außerdem sind innerhalb des Druckbehälters Isolierstücke 41 zur senkrechten Halterung des eingesetzten Brennstabs 1 angeordnet.

Die Spitze der Elektrode 47 weist gemäß Fig. 2 nur einen geringen Abstand vom Kragen 13 auf, damit mit Sicherheit ein Lichtbogen erzeugt werden kann. Das Elektrodende ist vorteilhafterweise zugespitzt. Ein an

der Elektrode angeordneter Ringbund 51 verhindert, daß die Elektrode durch den im Behälter herrschenden Druck durch die Isolierdurchführung 49 hindurch nach außen gedrückt werden kann.

Nach dem Einsetzen des Brennstabs 1 in den Druckbehälter und nach dem Schließen desselben sind das Trennventil 39 geöffnet und die Vakuumpumpe 31 in Betrieb gesetzt. Nach Erreichen eines Vakuums von etwa 01 Torr wird das Trennventil 39 geschlossen und der Druckbehälter durch Öffnen eines Absperrventils 35 in der Inertgaszuleitung 33 mit einer Inertgasquelle 29 verbunden. Nach Erreichen des gewünschten Druckes von beispielsweise 70 at, der an einem Manometer 37 abgelesen werden kann, wird das Absperrventil 35 wieder geschlossen. Sodann wird zwischen der Elektrode 47 und dem Kragen 13 der Endkappe 7 des Brennstabs 1 mittels eines Schweißgeräts 45 ein Lichtbogen erzeugt. Die Schweißzeit ist sehr kurz und kann bei einer Stromstärke von etwa 16 A etwa 1 s betragen. Diese Zeit reicht aus, um den Kragen 13 abzuschmelzen und mit dem geschmolzenen Material die Bohrung 9 zuzuschweißen. Nach Abschluß der Schweißung wird der Druckbehälter wieder druckentlastet und geöffnet. Der fertig gefüllte und verschlossene Brennstab kann herausgenommen und der nächste Brennstab eingesetzt werden.

Es sind bereits Brennstabinnendrucke von 70 at bis 133 at erfolgreich angewendet worden. Die Anfangsdrücke müssen dabei in Abhängigkeit vom Füllgrad der Brennstäbe mit Brennstoff so gewählt werden, daß der Enddruck am Ende jeder Betriebszeit bei Druckwasserreaktoren 140 at bis 154 at nicht übersteigt.