

⑤1

Int. Cl. 2:

**G 21 C 3/06**

C 22 C 16/00

①9 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



15  
1

**DT 19 03 009 C 3**

①1

# Patentschrift **19 03 009**

②1

Aktenzeichen: P 19 03 009.2-33

②2

Anmeldetag: 22. 1. 69

④3

Offenlegungstag: 3. 9. 70

④4

Bekanntmachungstag: 16. 12. 76

④5

Ausgabetag: 11. 8. 77

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1 —

⑤4

Bezeichnung: Bauelement für Kernreaktoren aus Zirkon oder einer Zirkonlegierung

⑦3

Patentiert für: Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH, 2000 Hamburg

⑦2

Erfinder: Spalthoff, W., Dr.; Wilhelm, Heinrich, Dipl.-Ing.; 2054 Geesthacht

⑤6

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
Nichts ermittelt

**DT 19 03 009 C 3**

Fig. 1

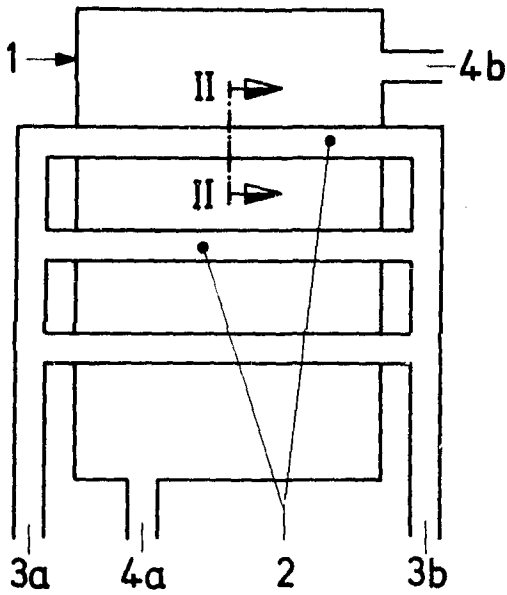


Fig. 2

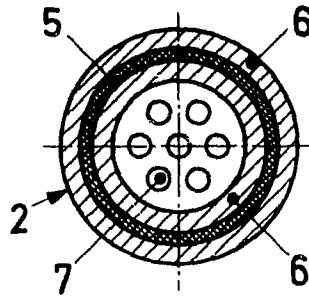


Fig. 3

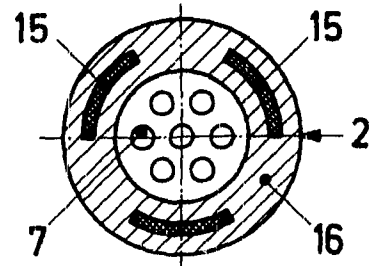


Fig. 4

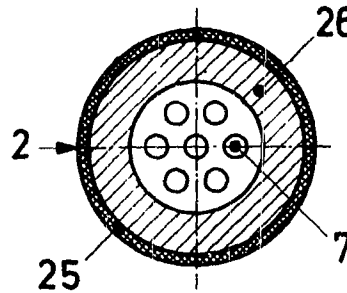


Fig. 5

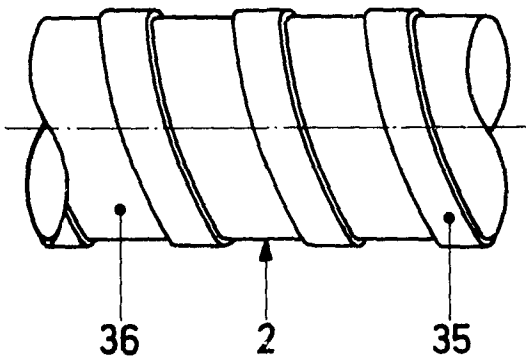


Fig. 6

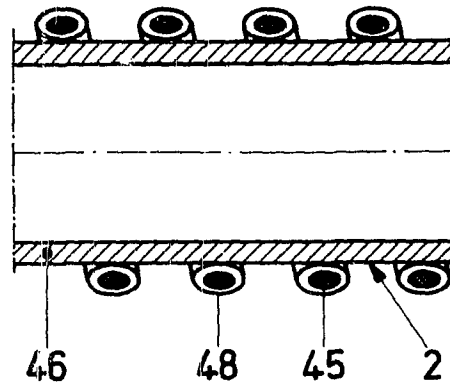


Fig. 7

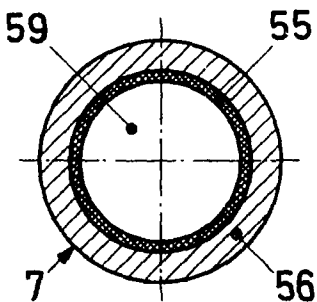


Fig. 8

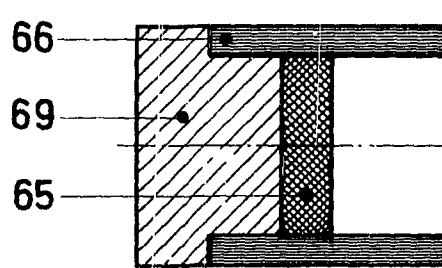


Fig. 9

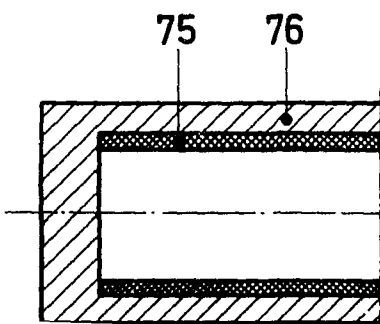
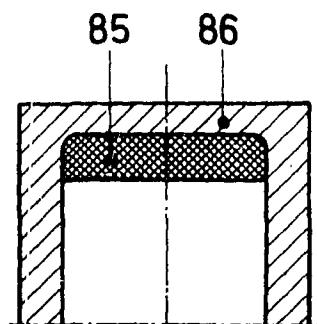


Fig. 10



## Patentansprüche:

1. Bauelement für Kernreaktoren aus Zirkon oder einer Zirkonlegierung, das einem wasserstoffhaltigen oder wasserstoffabgebenden Medium ausgesetzt ist, dadurch gekennzeichnet, daß es metallisch verbunden ist mit einem Metall oder einer Metall-Legierung, das bzw. die eine höhere Wasserstoffaffinität als das Zirkon oder die Zirkonlegierung aufweist und als Wasserstoffaufnehmer dient.
2. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als wasserstoffaufnehmendes Material Yttrium oder eine Yttrium-Legierung vorhanden ist.
3. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als wasserstoffaufnehmendes Material ein seltenes Erdmetall oder eine ein seltenes Erdmetall enthaltende Legierung vorhanden ist.
4. Bauelement nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Brennstab für ein Brennelement zum Aufbau von Reaktorkernen darstellt, dessen Kernbrennstoff von einem Aussenmantel aus einer Zirkonlegierung umgeben ist, die auf der Mantelinnenseite mit dem wasserstoffaufnehmenden Material verbunden ist.
5. Bauelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material an dem den Außenmantel abschliessenden Endstopfen angebracht ist.
6. Bauelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material über die Länge des Brennstabes verteilt und zwischen Brennstoffpellets angeordnet ist.
7. Bauelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material als zylindrische Hülse zwischen Außenmantel und Pelletsäule angeordnet ist.
8. Bauelement nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Brennstoffplatte für ein Brennelement zum Aufbau von Reaktoren darstellt, denen Kernbrennstoff von einem Außenmantel aus einer Zirkonlegierung umgeben ist, und bei der das wasserstoffaufnehmende Material an den Schmalseiten der Brennstoffplatte fest zwischen Außenmantel und Brennstoff angebracht und mit der Zirkonlegierung verbunden ist.
9. Bauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material an der Breitseite des Plattenelementes fest zwischen Außenmantel und Brennstoff angebracht und mit der Zirkonlegierung verbunden ist.
10. Bauelement nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Druckrohr für Kernreaktoren vom Druckrohrtyp darstellt, das aus einer Zirkonlegierung gebildet ist, die mit dem wasserstoffaufnehmenden Material verbunden ist.
11. Bauelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material im Druckrohrmantel eingebettet ist.
12. Bauelement nach Anspruch 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material als Schicht im Druckrohrmaterial eingebettet ist.
13. Bauelement nach Anspruch 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material als Wicklung im Druckrohrmaterial eingebettet ist.
14. Bauelement nach Anspruch 10, dadurch ge-

kennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material außen am Druckrohr angebracht ist.

15. Bauelement nach Anspruch 10 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material in Form einer Schicht vorhanden ist.

16. Bauelement nach Anspruch 10, 14 und 15, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material zusätzlich mit einer Schutzschicht gegen Korrosionsangriff versehen ist.

17. Bauelement nach Anspruch 10 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß das wasserstoffaufnehmende Material auf dem Druckrohr als Wicklung angebracht ist.

18. Bauelement nach Anspruch 10, 14 und 17, dadurch gekennzeichnet, daß das auf das Druckrohr aufgebrachte wasserstoffaufnehmende Material sich in einem aus einer Zirkonlegierung bestehenden Schutzröhrchen befindet, welches mit dem Druckrohr verbunden ist.

25 Die Erfindung betrifft ein Bauelement für Kernreaktoren aus Zirkon oder einer Zirkonlegierung, das einem wasserstoffhaltigen oder wasserstoffabgebenden Medium ausgesetzt ist.

Bekanntlich wird Zirkon, insbesondere in Form von Zirkonlegierungen, wegen seines geringen Einfangquerschnitts für thermische Neutronen bevorzugt als Reaktorwerkstoff eingesetzt. Jedoch haben solche Zirkonlegierungen den Nachteil, daß sie unter dem Einfluß bzw. durch die Aufnahme von Wasserstoff sehr schnell und sehr stark verspröden. Für die Lebensdauer von Bauelementen aus Zirkonlegierungen in wasser- oder organisch gekühlten Reaktoren ist neben dem Materialverlust durch den Korrosionsangriff des Kühlmittels vor allem die Versprödung maßgebend. Die Gefahr eines Aufreißen oder Undichtwerdens solcher Bauelemente wächst beträchtlich, wenn es zur Ausscheidung von Hydriden in dem Material kommt. Die bisherigen Methoden zur Begrenzung dieser Wasserstoffversprödung sind folgende:

- 45 1. Begrenzung der schädlichen Verunreinigungen im Kühlmittel und
2. Veränderung der Zusammensetzung und des Zustandes des Bauelement-Materials.

Diese Methoden sind nur begrenzt wirksam und werden unzureichend, wenn zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Reaktors eine hohe Kühlmitteltemperatur angestrebt wird. Bei den bisher gebauten und geplanten Landreaktoren, bei denen eine Zirkonlegierung, wie Zircaloy, zur Umhüllung des Kernbrennstoffes vorhanden ist, muß man die Kernladung in Abständen von 2 bis 4 Jahren wechseln, wenn man die Wasserstoffversprödung mit den genannten Methoden beherrschen will. Bei Schiffsreaktoren ist jedoch aus wirtschaftlichen Gründen eine wesentlich längere Standzeit der mit solchen Brennstäben zusammengesetzten Brennelemente notwendig, und auch bei Landreaktoren besteht die Tendenz zu längeren Brennelement-Standzeiten und höheren Kühlmitteltemperaturen. Die Wasserstoffversprödung ist dabei mit den bisherigen Methoden nicht mehr zu beherrschen. Auch in Kernreaktoren vom Druckrohrtyp, bei denen der Moderator-Behälter von den Druckrohren durchzogen ist, in denen sich die Brennstoffelemente und das

Kühlmittel befinden, sollen die Druckrohre möglichst über die gesamte Standzeit des Reaktors einsatzbereit bleiben.

Es ist bereits die Methode bekannt, die Wasserstoffversprödung in Druckrohren aus Zirkonlegierungen in wasser- oder organisch gekühlten Reaktoren vom Druckrohrtyp dadurch zu beeinflussen, daß auf der Außenseite der Druckrohre Rippen aus dem gleichen Material wie dem der Druckrohre angeschweißt sind. Da die Rippen sich bei Reaktorbetrieb auf tieferer Temperatur als die Druckrohre befinden, wandert der von den Druckrohren aufgenommene Wasserstoff überwiegend in die Rippen ab und scheidet sich dort als Hydrid aus. Diese Methode, die auf Druckrohre beschränkt und nicht auf Brennstabumhüllungen übertragbar ist, da sich im letzteren Fall der notwendige Temperaturunterschied nicht herstellen läßt, hat den Nachteil großen Platz- und Materialbedarfs.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Bauelement aus Zirkon oder einer Zirkonlegierung in Vorschlag zu bringen, das längere Standzeiten aufweist und höhere Kühlmitteltemperaturen aushält, da die Ausscheidung von Zirkonhydriden aus diesen Zirkonlegierungen über lange Standzeiten verhindert und somit die bisherigen Nachteile vermieden werden.

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Bauelement dadurch gelöst, daß es erfindungsgemäß metallisch verbunden ist mit einem Metall oder eine Metall-Legierung, das bzw. die eine höhere Wasserstoffaffinität als das Zirkon oder die Zirkonlegierung aufweist und als Wasserstoffaufnehmer dient.

Als ein solches wasserstoffaufnehmendes Material kann man vorteilhaft Yttrium oder eine Yttrium-Legierung vorsehen, oder auch ein seltenes Erdmetall, oder eine ein seltenes Erdmetall enthaltende Legierung einsetzen.

Wenn das Bauelement gemäß der Erfindung ein solches ist, das einen Brennstab für ein Brennelement zum Aufbau von Reaktorkernen darstellt, dessen Kernbrennstoff von einem Außenmantel aus einer Zirkonlegierung umgeben ist, dann wird das wasserstoffaufnehmende Material auf der Mantelinnenseite mit der Zirkonlegierung verbunden und kann dabei vorteilhaft an dem den Außenmantel abschließenden Endstopfen abgebracht oder über die Länge des Brennstabes verteilt und zwischen Brennstoff-Pellets angeordnet oder auch als zylindrische Hülle zwischen Außenmantel und Pelletsäule vorgesehen sein.

Wenn es sich bei dem Bauelement gemäß der Erfindung um eine Brennstoffplatte für ein Brennelement zum Aufbau von Reaktorkernen handelt, deren Kernbrennstoff von einem Außenmantel aus einer Zirkonlegierung umgeben ist, dann kann das wasserstoffaufnehmende Material zweckmäßig entweder an den Schmalseiten der Brennstoffplatte oder an der Breitseite des Plattenelementes fest zwischen Außenmantel und Brennstoff angebracht und mit der Zirkonlegierung verbunden sein.

Sofern es sich bei dem Bauelement gemäß der Erfindung um ein Druckrohr für Kernreaktoren vom Druckrohrtyp handelt, das aus einer Zirkonlegierung gebildet ist, sieht man gemäß der Erfindung das

wasserstoffaufnehmende Material entweder im Druckrohrmaterial eingebettet oder außen am Druckrohr angebracht vor. Das wasserstoffaufnehmende Material kann im Druckrohrmaterial in Form einer Schicht eingebettet oder als Wicklung auf dem Druckrohr vorgesehen sein. Das auf das Druckrohr aufgebrachte wasserstoffaufnehmende Material kann auch in Form eines aus einer Zirkonlegierung bestehenden Schutzrohrens vorgesehen sein, welches mit dem Druckrohr verbunden ist.

In der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung werden anhand der Zeichnungen bevorzugte Ausführungsformen gemäß der Erfindung beispielsweise erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Druckröhrenreaktor 1 mit Zirkon-Druckrohren 2, Kühlmittelzu- und -abflüssen 3a, 3b und Moderator-Zu- und -Abflüssen 4a, 4b.

Fig. 2 ist ein vergrößerter Teilschnitt II-II der Fig. 1 durch eines der Zirkon-Druckrohre. Das wasserstoffaufnehmende Material 5 ist als beidseitig vom Druckrohrmaterial 6 bedeckte Zwischenschicht untergebracht. Innerhalb des Druckrohres sind die Brennstäbe 7 angeordnet.

Fig. 3 zeigt, ebenfalls als Schnitt durch ein Zirkon-Druckrohr, eine ähnliche Einbauweise für das wasserstoffaufnehmende Material wie in Fig. 2, jedoch ist der Wasserstoffaufnehmer 15 dabei in Form von Wicklungen im Druckrohrmaterial 16 untergebracht.

In Fig. 4, in der wiederum ein Querschnitt durch ein Zirkon-Druckrohr veranschaulicht ist, befindet sich der Wasserstoffaufnehmer 25 als äußere Beschichtung auf dem Druckrohrmaterial 26.

In Fig. 5 ist eine Seitenansicht auf einen Zirkon-Druckrohrabschnitt gemäß der Erfindung veranschaulicht, bei dem das wasserstoffaufnehmende Material 35 bandförmig auf die Außenwand des Druckrohres 36 aufgewickelt ist.

Fig. 6 zeigt einen Längsschnitt durch ein Zirkon-Druckrohr gemäß der Erfindung, auf dem der mit einem Schutzrohr 48 aus Zirkonlegierung umhüllte Wasserstoffaufnehmer 45 auf der Außenseite des Druckrohrmaterials 46 als Wicklung aufgebracht ist.

In Fig. 7 ist schematisch im Querschnitt ein Zirkon-Bauelement in Form eines zylindrischen Brennstabes 7 gemäß der Erfindung gezeigt, bei dem das wasserstoffaufnehmende Material 55 auf die Innenseite des Hüllenrohres 56 galvanisch oder chemisch aufgetragen oder aufgespritzt ist. Die Brennstoff-Pellets sind mit 59 bezeichnet.

In Fig. 8 ist ein anderes Einbauprinzip für das wasserstoffaufnehmende Material 65 in einem zylindrischen Brennstab 7, und zwar an dessen Stabende vor dem das Zirkon-Hüllrohr 66 verschließenden Endstopfen 69 veranschaulicht.

Das Einbauprinzip des Wasserstoffaufnehmers 75 und 85 bei Bauelementen in Form von Zirkon-Brennstoffplatten gemäß der Erfindung zeigen die Fig. 9 und 10. Hierbei ist der Wasserstoffaufnehmer 75 bzw. 85 in verschiedenen geometrischen Richtungen zwischen (nicht gezeigtem) Brennstoff und Mantel 76, 86 angeordnet.