

⑤

int. Cl. 2:

F 22 B 1/02

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES PATENTAMT



⑪

Auslegeschrift 23 33 024

⑫

Aktenzeichen: P 23 33 024.7-13

⑬

Anmeldetag: 28. 6. 73

⑭

Offenlegungstag: 14. 2. 74

⑮

Bekanntmachungstag: 22. 6. 78

⑳

Unionspriorität:

㉒ ㉓ ㉔

24. 7. 72 V.St.v.Amerika 274696

㉕

Bezeichnung: Dampferzeuger für Kernreaktoren

㉖

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

㉗

Vertreter: Hoepffner, G., Dipl.-Ing. Dr.jur., Rechtsanwalt., 8520 Erlangen

㉘

Erfinder: Byerley, Wilbur M.; Bennett, Robert R.; Tampa, Fla. (V.St.A.)

㉙

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US 34 83 848

In Betracht gezogene ältere Anmeldungen:

DE-AS 22 32 754

DE 23 33 024 B 2

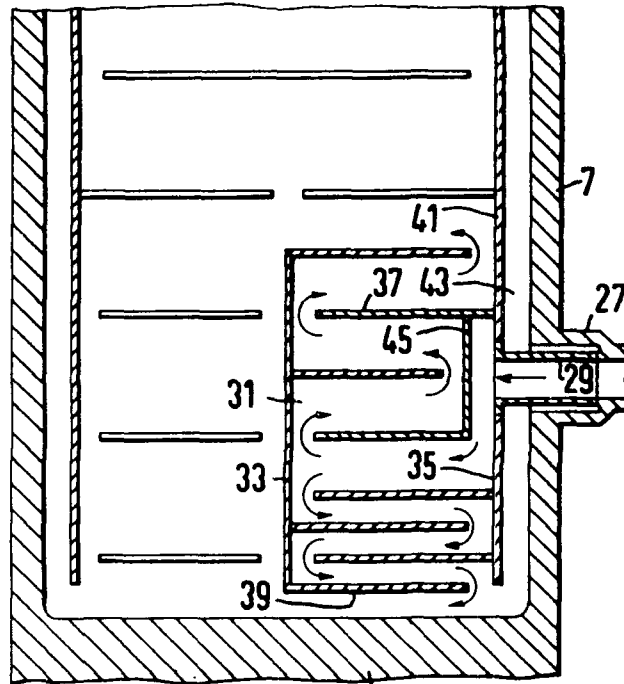
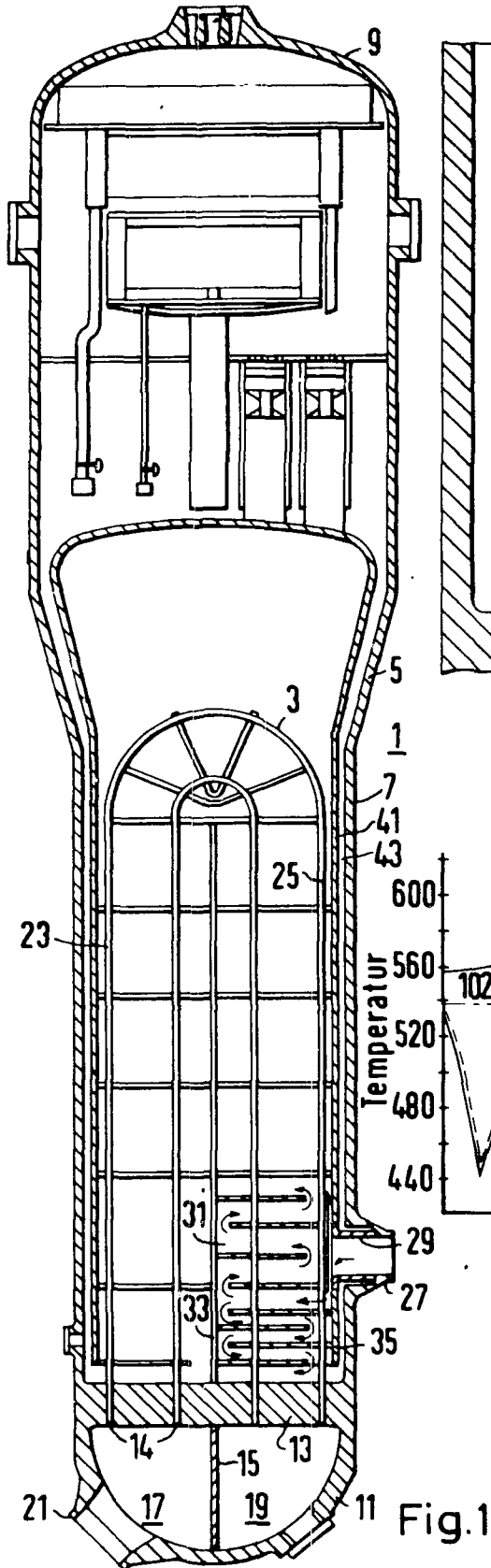
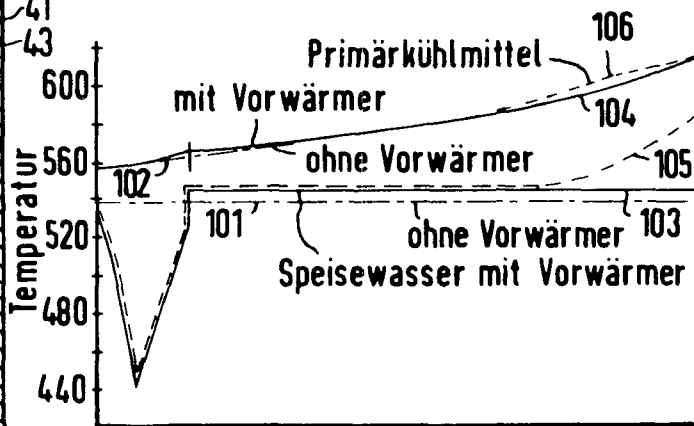


Fig. 2



Rohrlänge

Fig. 3

Patentansprüche:

1. Dampferzeuger für Kernreaktoren, bestehend aus einem ein Primärmedium als Heizmittel führenden Wärmeaustauscher mit U-Rohrbündel und einer Vorwärmung eines zu verdampfenden Sekundärmediums innerhalb einer Vorwärmkammer, die das Rohrbündel im rohrbodennahen Bereich seines Primärmedium-Austrittsendes umgibt und mit Leitwänden zur Führung des Sekundärmediums in zwei Teilströmen versehen ist, und zwar eines ersten Teilstromes, der im Gleichstrom zum Primärmedium des von der Vorwärmkammer umfaßten Rohrbündels in Richtung auf den Rohrboden geführt wird, und eines zweiten Teilstromes, der im Gegenstrom zum Primärmedium geführt wird, gekennzeichnet durch eine solche Unterteilung der Vorwärmkammer (31) mittels einer Leitwand (45), daß der gegen den Rohrboden (15) gerichtete Teilstrom weniger als die Hälfte des dem Vorwärmer zugeführten Speisewassers ausmacht.
2. Dampferzeuger nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine solche Unterteilung der Vorwärmkammer (31), daß der gegen den Rohrboden (13) gerichtete Teilstrom etwa 30% des der Vorwärmkammer zugeführten Speisewassers ausmacht.

Die Erfindung betrifft einen Dampferzeuger für Kernreaktoren, bestehend aus einem ein Primärmedium als Heizmittel führenden Wärmetauscher mit U-Rohrbündel und einer Vorwärmung eines zu verdampfenden Sekundärmediums innerhalb einer Vorwärmkammer, die das Rohrbündel im rohrbodennahen Bereich seines Primärmedium-Austrittsendes umgibt und mit Leitwänden zur Führung des Sekundärmediums in zwei Teilströmen versehen ist, und zwar eines ersten Teilstromes, der im Gleichstrom zum Primärmedium des von der Vorwärmkammer umfaßten Rohrbündels in Richtung auf den Rohrboden geführt wird, und eines zweiten Teilstromes, der im Gegenstrom zum Primärmedium geführt wird.

Ein solcher Dampferzeuger ist in der älteren Anmeldung DE-AS 22 32 754 bereits vorgeschlagen worden. In dem dort gezeigten ersten Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 sind die beiden innerhalb der Vorwärmkammer aufwärts bzw. abwärts strömenden Teilströme gleich groß; gemäß dem dort gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel (Fig. 3) sind eine obere und eine untere Vorwärmkammerhälfte mit je einem gesonderten Speisewassereinlaß vorgesehen, wobei beide Kammerhälften durch eine horizontale Trennwand voneinander getrennt sind und die beiden Speisewasserströme getrennt voneinander regelbar sind, um damit den Wärmeübergang in beiden Kammern zu optimieren.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird auch eine Optimierung des Wärmeüberganges innerhalb der Vorwärmkammer angestrebt, dieses soll jedoch ohne separate Speisewassereinlaßstutzen für je eine obere und eine untere Vorwärmkammerhälfte erreichbar sein.

Die Erfindung geht hierbei von der Überlegung aus, daß in einem Dampferzeuger, der einen erhitzten Wärmeträger zur Produktion von Dampf benutzt, der Druck des Dampfes eine Funktion der logarithmisch mittleren Temperaturdifferenz (LMTD) der beiden

Medien ist. Man kann also durch eine Vergrößerung der LMTD den Druck des Dampfes erhöhen. An sich wäre ein einleuchtender Weg zur Erhöhung der LMTD eine Anhebung der Temperatur des Primärmediums. Bei nuklearen Dampferzeugungssystemen ist jedoch die Temperatur des Primärmediums der die Grenzen bestimmende Auslegungsfaktor des Systems. Die Temperatur wird also schon normalerweise auf den höchsten zulässigen, sicheren Wert festgesetzt. Eine Erhöhung der LMTD kann aber auch dadurch erhalten werden, daß im Dampferzeuger ein Vorwärmer vorgesehen wird, in dem Speisewasser auf Temperaturen unterhalb des Siedepunktes erhitzt wird, wie es bei dem vorerwähnten, bereits vorgeschlagenen Dampferzeuger der Fall ist. Bei einem Vorwärmer ergibt sich jedoch das Problem der Führung des kalten Speisewassers, das, wenn es auf den Rohrboden trifft, Wärmespannungen verursacht, und zwar am Rohrboden und im unteren Gehäusebereich. Ein weiteres Problem ist es, das vorzeitige Sieden des Speisewassers am Rohrboden und damit zusammenhängende Korrosionen zu vermeiden. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen den vorgenannten Problemen Rechnung tragenden Dampferzeuger zu schaffen, der hinsichtlich seines Wärmeüberganges weitestgehend optimiert ist, ohne daß separate Speisewasserstutzen für eine obere und eine untere Wärmekammerhälfte benötigt werden.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist der Dampferzeuger für Kernreaktoren der eingangs definierten Art gekennzeichnet durch eine solche Unterteilung der Vorwärmkammer mittels einer Leitwand, daß der gegen den Rohrboden gerichtete Teilstrom weniger als die Hälfte des dem Vorwärmer zugeführten Speisewassers ausmacht. Als besonders vorteilhaft hat sich eine solche Unterteilung der Vorwärmkammer erwiesen, daß der gegen den Rohrboden gerichtete Teilstrom etwa 30% des der Vorwärmkammer zugeführten Speisewassers ausmacht. Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind vor allem darin zu sehen, daß sich die günstigste Aufteilung des Speisewasserstromes auf einen oberen und einen unteren Teilstrom für einen weiteren Betriebsbereich von selbst ergibt, ohne daß für jede Kammerhälfte ein gesondertes Regelventil vorgesehen sein müßte.

Im folgenden wird anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels die Erfindung noch näher erläutert. Darin zeigt

Fig. 1 einen Vertikalschnitt durch einen Dampferzeuger mit einem Vorwärmer gemäß der Erfindung;

Fig. 2 einen vergrößerten Teilschnitt, der den Vorwärmer mit seinen Einzelheiten zeigt, und

Fig. 3 ein Schaubild, das die Temperatur an verschiedenen Stellen im Bereich der Rohre des Dampferzeugers zeigt.

In Fig. 1 ist ein Dampferzeuger 1 dargestellt, der ein U-förmiges Bündel von Rohren 3 aufweist. Mit diesen ist die erforderliche Wärmeübergangsfläche gegeben, die dazu dient, Wärme von einem Primärmedium als Heizmittel zum Verdampfen eines Sekundärmediums, des Speisewassers, zu übertragen. Der Dampferzeuger 1 besitzt ein Gehäuse 5 mit einem vertikal verlaufenden Rohrmantel 7 und einem Deckel 9, der das eine Ende des Rohres, und zwar oben, abschließt. Am unteren Ende des Gehäuses ist ein Kugelboden 11 vorgesehen. Ein Rohrboden 13 ist mit dem Kugelboden dicht verbunden. Er besitzt eine Vielzahl von Bohrungen 14, in denen die einzelnen Enden der U-förmigen Rohre 3 aufgenommen werden. Eine Verteilerplatte 15 ist im Kugelboden 11 in

der Mitte angeordnet. Sie teilt den Innenraum in zwei Kammern 17 und 19, die als Verteiler für die Rohre 3 wirken. Die Kammer 17 auf der linken Seite der Fig. 1 ist der Einlaß mit einem Einlaßstutzen 21. Die Kammer 19 auf der rechten Seite ist der Auslaß mit einem Auslaßstutzen. Daher strömt das Primärmedium durch die Rohre, so daß ein heißer Schenkel 23 entsteht. Dies ist der in der Zeichnung links gelegene Teil. Rechts entsteht ein kalter Schenkel 25. Im unteren Teil des Rohrmantels 7 ist ein Speisewassereinlaß-Rohrstutzen 27 vorgesehen, der mit einem Wärmemantel 29 versehen ist.

Im Rohrmantel 7 ist ein Vorwärmer 31 angeordnet, und zwar in der Nähe des Rohrbodens 13. Der Vorwärmer 31 hat Wände 33 und 35 sowie Prallbleche 37 und 39. Die Wände sind einem Teil des kalten Schenkels 25 des Rohrbündels 3 zugeordnet. Sie werden mit dem Speisewassereinlaß 27 in Verbindung gebracht, damit das einströmende Speisewasser aufgeteilt wird, wenn es in den Vorwärmer gelangt und zwei gegensinnige Strömungspfade durch den Vorwärmer bildet. Auf dem einen Pfad verläuft die Strömung im wesentlichen nach unten und im Gleichstrom mit dem Primärmedium. Wenn das Speisewasser aus dem Vorwärmer mit der nach unten gerichteten Strömung austritt, bespült es den Rohrboden 13 und strömt dann nach oben über die Außenflächen desjenigen Teils des Rohrbündels, das nicht zum Vorwärmer gehört.

Die Wände des Vorwärmers 31 werden von einer Platte 33 und dem unteren Teil des Hemdes 41 gebildet, das das Rohrbündel umgibt. Das Hemd 41 schafft damit einen ringförmigen Zwischenraum 43 gegenüber dem äußeren Gehäuse, durch den Wärmeschocks in der Gehäusewand verringert werden.

Die Prallbleche 37 sind im oberen Teil des Vorwärmers so angeordnet, daß ein größerer Massenfluß als im unteren Teil des Vorwärmers vorliegt. In der Zeichnung ist dargestellt, daß die Prallbleche 37 mit größerem Abstand als die Prallbleche 39 angeordnet sind. Dies führt dazu, daß annähernd 70% des Speisewassers im wesentlichen nach oben strömen und im Gegenstrom zur Strömung des Primärmediums.

Der Wärmemantel 29 im Speisewassereinlaß-Rohrstutzen 27 schafft einen Ringraum zwischen den konzentrischen Rohrstutzen 27 und 29, um große Temperaturgradienten zu vermeiden, die Wärmeschocks und Wärmespannungen hervorrufen. Der Mantel 29 ist ferner mit dem Hemd 41 verschweißt und mit dem Rohrstutzen 27, damit das relativ kalte einströmende Speisewasser nicht das Gehäuse oder den Rohrboden berühren kann, bevor es durch den Vorwärmer gelangt ist.

In der Nähe des Mantels ist im Vorwärmer eine Leitwand 45 vertikal angeordnet, die verhindert, daß das mit hoher Geschwindigkeit einströmende Speisewasser unmittelbar auf die Rohre 3 einwirkt. Der Dampferzeuger besitzt ferner Abscheider zum Trocknen von Wasser aus dem Dampf im oberen Teil des Gehäuses,

das mit einem vergrößerten Querschnitt ausgeführt ist. Der Ringraum 43 zwischen dem Hemd 41 und dem Gehäuse 7 schafft einen Umlaufraum für Wasser, das von den Abscheidern im obereren Teil des Gehäuses 5 abgeschieden wurde. Dieses Wasser strömt um den Wärmemantel 29 und vermeidet damit unzulässige Wärmespannungen im Bereich des Speisewassereinlaß-Rohrstutzens 27. Das Umlaufwasser mischt sich ferner mit der Strömung aus dem unteren Teil des Vorwärmers, und die Mischtemperatur dieser beiden Strömungen ist ausreichend unterkühlt, um ein Sieden unterhalb des Vorwärmers zu vermeiden. Andererseits ist die Mischtemperatur hoch genug, damit das Sieden einsetzt, sobald der kombinierte Strom die Richtung nach oben nimmt, wodurch die Geschwindigkeit verringert wird. Das Mischen des Wassers aus den Abscheidern und aus dem unteren Teil des Vorwärmers ergibt eine um den Umfang von 360° verteilte Strömung, die nicht nur ein Sieden unter dem Vorwärmer vermeidet, sondern auch hohe Querströmungsgeschwindigkeiten ergibt. Mit diesen hohen Querströmungsgeschwindigkeiten wird der Rohrboden so umströmt, daß chemische Ablagerung und die Bildung von Dampftaschen in der Nähe des Rohrbodens 13 vermieden werden.

Fig. 3 zeigt den Temperaturverlauf in einem Dampferzeuger, wie er vorstehend beschrieben wurde, im Vergleich mit einem Dampferzeuger ohne Vorwärmer. Die strichpunktierten Linien 101 und 102 zeigen den Dampferzeuger ohne Vorwärmer, die durchgezogenen Linien 103 und 104 gelten für einen Dampferzeuger mit Vorwärmer, aber ohne Überhitzer, die gestrichelten Linien 105 und 106 repräsentieren einen Dampferzeuger mit Vorwärmer und Überhitzer.

Der beschriebene Vorwärmer sorgt vorteilhaft für einen Querstrom über einen Teil des kalten Schenkels mit ausreichender Geschwindigkeit, um ein Sieden im Vorwärmer 31 zu verhindern und die Stabilität des Dampferzeugers zu gewährleisten. Wird die Geschwindigkeit des Speisewassers jedoch verringert, und zwar dort, wo das Speisewasser in restlichen Bereich des Dampferzeugers eintritt, erfolgt praktisch sofort das Sieden. Das Sieden tritt zwar in einer kleineren Fläche auf. Die Vergrößerung der Speisewassertemperatur und die LMTD machen jedoch den Druckverlust im Vorwärmer 31 mehr als wett. Ebenso gleichen sie Verluste aus, die in der für das Sieden zur Verfügung stehenden Wärmeübergangszone in Kauf genommen werden müssen. Dies ist ein Ergebnis der hohen LMTD im Vorwärmer, das eine wirksamere Anwendung der Wärmeübergangsflächen im Rohrbündel ermöglicht.

Der Druckverlust im Vorwärmer begrenzt den Effekt von Druckschwankungen und sorgt daher für zusätzliche Stabilität, während das Aufteilen einer Kompromiß zwischen dem maximalen Wärmeübergang und der maximalen Betriebssicherheit darstellt. Eine Gegenströmung des Speisewassers zum Primärmedium optimiert den Wärmegang im Vorwärmer.