



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: F 01 K 3/26
F 28 F 27/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪

642 142

⑳ Gesuchsnummer: 2775/79

⑦ Inhaber:
General Electric Company, Schenectady/NY
(US)

㉒ Anmeldungsdatum: 26.03.1979

㉓ Priorität(en): 27.03.1978 US 890674
24.07.1978 US 927028

⑦ Erfinder:
Russell Llewelyn Shade, jun., Cape Elizabeth/ME
(US)
William Gerald Reed, Portland/ME (US)
Jack Sumner Mazer, South Portland/ME (US)

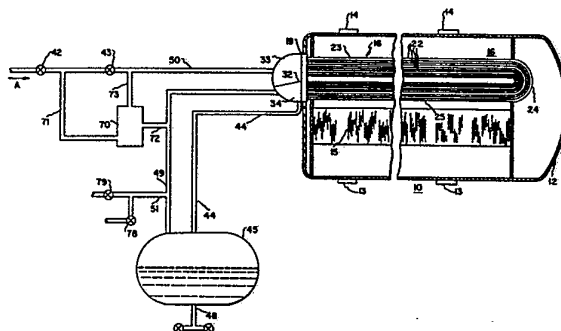
㉔ Patent erteilt: 30.03.1984

④ Patentschrift
veröffentlicht: 30.03.1984

⑦ Vertreter:
Ritscher & Seifert, Zürich

⑤ Verfahren zum Verhindern der Unterkühlung von Kondensat in den Rohren eines Nacherhitzers.

⑤ Bei diesem Verfahren wird zum Verhindern einer Unterkühlung des Kondensats in den Rohren (22) eines Nacherhitzers (10) eine Dampfstrahlpumpe (70) verwendet, in deren Hochdruckeinlass (71) Dampf aus einer Heizdampfleitung eingeleitet und von deren Niederdruckeinlass (72) ein Teil des aus dem Rohrbündel (18) austretenden Heizdampfes angesaugt wird. Der aus der Dampfstrahlpumpe unter hohem Druck austretende Spüldampf wird dann an die Einlasskammer (33) des Kopfstücks (19) des Rohrbündels (18) geleitet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Verhindern einer Unterkühlung von Kondensat in den Rohren (22) eines mit einem Wasserabscheider versehenen Nacherhitzers (10), in dem mantelseitig der Rohre eines Heizelements strömender Dampf entwässert und durch Wärmeaustausch mit in den Rohren (22) strömendem gesättigtem Heizdampf erhitzt wird, bei welchem Verfahren der in die Rohre geleitete, gesättigte Heizdampf einen höheren Druck aufweist als der mantelseitig zugeführte gesättigte Dampf, dadurch gekennzeichnet, dass der Heizdampf gedrosselt und mit vermindertem Druck in das Heizelement (16) eingeleitet wird; dass ein Teil des aus dem Heizelement (16) austretenden Heizdampfes dem Niederdruckeinlass einer mit hohem Druckunterschied arbeitenden Pumpvorrichtung (70) zugeführt wird; dass Treibdampf der Pumpvorrichtung (70) zugeführt wird; dass der Treibdampf in der Pumpvorrichtung (70) isentropisch entspannt wird und den Heizdampf am Austritt des Heizelements (16) mitnimmt und dass der aus dem Auslass (73) der Pumpvorrichtung (70) austretende Spüldampf der Einlasskammer (33) des Heizelements (16) zugeführt wird, um bei Teillastbedingungen eine Unterkühlung von Kondensat in den Rohren (33) des Rohrbündels (18) des Heizelements zu verhindern.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis des Druckes des Treibdampfes zum Druck des aus dem Heizelement (16) austretenden Heizdampfes mindestens 1,5:1 beträgt.

3. Nacherhitzer zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem dampfdichten Druckbehälter (12), einer Anordnung (13) zum Einleiten von kühlem, nassem, mantelseitigem Dampf in den Behälter, einer im Behälter angeordneten Vorrichtung (15) zum Abscheiden von Wasser aus dem mantelseitigen Dampf, mit einem im Behälter angeordneten, zum Erhöhen der Temperatur des entwässerten mantelseitigen Dampfes dienenden Heizelement (16), das eine Einlasskammer (33), eine Auslasskammer (34) und mehrere zwischen diese geschaltete, im wesentlichen parallele Wärmeaustauschrohre, (22) aufweist, die ein Rohrbündel (18) bilden und zum Wärmeaustausch mit dem mantelseitigen Dampf in der Längsrichtung des Behälters verlaufen, und mit einer Vorrichtung (50) zum Speisen des Heizelements mit gesättigtem Heizdampf einer Temperatur und eines Druckes, die grösser als die Temperatur und der Druck des gesättigten mantelseitigen Dampfes sind, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung (43) zum Drosseln des Heizdampfes für das Heizelement und eine Anordnung, mit der der Einlasskammer (33) ein Spüldampf zuführbar ist, um bei Teillastbedingungen eine Unterkühlung von Kondensat in den Rohren (22) zu verhindern, welche Anordnung eine Dampfstrahlpumpe (70) für hohen Druckunterschied, eine erste Leitung (72), mit der Heizdampf von der Auslasskammer (34) dem Niederdruck-Einlass der Dampfstrahlpumpe (70) zuführbar ist, eine zweite Leitung (71) zum Speisen des Hochdruckeinlasses der Dampfstrahlpumpe mit Treibdampf, um diesen stromaufwärts der Drosselvorrichtung (43) für den Heizdampf abzunehmen, und eine dritte Leitung (73), durch die der aus der Dampfstrahlpumpe (70) austretende Spüldampf der Einlasskammer (33) zuführbar ist, aufweist.

4. Nacherhitzer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dampfstrahlpumpe (70) für ein Verhältnis des Drucks am Hochdruckeinlass zum Druck am Niederdruckeinlass von mindestens 1,5:1 vorgesehen ist.

5. Nacherhitzer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, die die Dampfströmung in die Einlassenden der Rohre (22) teilweise behindern, so dass in diejenigen Rohre ein stärkerer Strom gesättigten Dampfes eintritt, die durch die Wärmeübertragung stärker belastet sind, als die anderen Rohre im Rohrbündel.

6. Nacherhitzer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

dass die Rohre (22) des Rohrbündels (18) U-Rohre sind, die in einer im wesentlichen vertikalen Ebene verlaufen, und dass die Einlasskammer (33) sowie die Auslasskammer (34) getrennte Kammern eines einheitlichen Kopfstücks (19) sind.

7. Nacherhitzer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dampfteinlassanordnung (13) längs einer Seite des Druckbehälters (12) und mindestens eine Dampfauflasseanordnung (14) längs einer anderen Seite des Druckbehälters (12) und die Vorrichtung (15) zum Abscheiden von Wasser der Dampfteinlassanordnung (13) benachbart angeordnet ist, und dadurch, dass an einem ersten Ende des Rohrbündels (18) ein Kopfstück (19) angeordnet und mit den Enden der das Rohrbündel bildenden Rohre (22) dicht verbunden ist und mindestens eine Trennplatte (32) enthält, die das Kopfstück in mehrere Kammern (33, 34) unterteilt, von denen mindestens eine eine Einlasskammer (33) und eine andere eine Auslasskammer (34) bilden, mit denen die entsprechenden Enden der Rohre (22) verbunden sind.

8. Nacherhitzer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dampfstrahlpumpe zum Vereinigen des einen hohen Druck aufweisenden Treibdampfes mit dem einen niedrigen Druck aufweisenden Heizdampf zu einem Spüldampfstrom mitleren Drucks keine beweglichen Teile enthält (Fig. 3).

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie einen zur Durchführung dieses Verfahrens geeigneter Nacherhitzer, der in einer einstufigen Ausführungsform insbesondere für Atomkernenergie-Dampfturbinenkraftwerke geeignet ist.

Der Dampf von einem mit fossilem Brennstoff geheizten Kessel ist im allgemeinen heiss und trocken und er enthält genügend Energie für den Betrieb einer Hochdruckturbine. Anschliessend wird der Dampf im allgemeinen im Kessel nacherhitzt, so dass er zuerst in Mitteldruck- und dann in Niederdruckstufen Nutzarbeit zu leisten vermag. Der Dampf von einem durch Kernenergie geheizten Dampfgenerator oder Reaktor hat andererseits im allgemeinen eine verhältnismässig niedrige Temperatur und ist gesättigt. Nachdem er eine Hochdruckturbinstufe durchströmt hat, enthält der durch Kernenergie erzeugte Dampf so viel mitgeführte Feuchtigkeit, dass er hiervon befreit werden muss und ausserdem vorzugsweise auch nacherhitzt werden soll, um seine Enthalpie zu erhöhen, damit er zuverlässig weitere Nutzarbeit zu leisten vermag.

Es sind bereits verschiedene Typen von Wasserabscheider-Nacherhitzern bekannt, siehe z. B. die US-PS 3712272. Der aus dieser Patentschrift bekannte Wasserabscheider-Nacherhitzer enthält zwei Nacherhitzerabschnitte mit jeweils einer Bank oder einem Bündel von U-förmigen Rohren, die sich longitudinal in einen druckfesten Mantel erstrecken und ein Kopfstück zur Einführung eines Heizfluids (Dampf) zu den Rohren und zum Abziehen des Fluids (Kondensat) von den Rohren enthalten. Das Kopfstück ist mit einer vertikalen Leitplatte versehen, die im wesentlichen in der Mitte des Kopfstücks angeordnet ist und es in einen Einlass- und einen Auslassabschnitt unterteilt. Das eine Ende jedes Rohres steht mit dem Einlassabschnitt und das andere Ende mit dem Auslassabschnitt in Verbindung. Im Betrieb wird gesättigter Heizdampf durch den Einlassabschnitt des Kopfstücks in die U-förmigen Rohre eingespeist, durchströmt die Rohre und tritt aus ihnen durch den Auslassabschnitt des Kopfstücks aus und alles Kondensat, das sich in den Nacherhitzer-Rohren bildet, wird durch einen einzigen Abfluss geleitet, der im Auslassabschnitt vorgesehen ist.

Ein weiteres Beispiel eines Wasserabscheider-Nacherhitzers, der zwei Nacherhitzerrohrbündel enthält, ist aus der US-PS 3713278 bekannt. Bei dieser bekannten Konstruktion ist das Kopfstück mit einer im wesentlichen horizontalen Trenn- oder Leitplatte versehen, die im wesentlichen in der Mitte des Kopf-

stücker angeordnet ist und dieses in einen oberen Einlassabschnitt sowie einen unteren Auslassabschnitt unterteilt. Die U-förmigen Biegungen der Rohre verlaufen also in vertikaler Richtung.

Ein Wasserabscheider-Nacherhitzer, der ein einziges Nacherhitzerrohrbündel enthält, ist aus der US-PS 3593500 bekannt.

Bei allen diesen bekannten Wasserabscheider-Nacherhitzer-Konstruktionen können unter gewissen Betriebsbedingungen beträchtliche Mengen des Nacherhitzungs dampfs in den am stärksten belasteten Rohren kondensieren. Wenn der ganze Dampf, der in diese Rohre eintritt, vor dem Rohrende vollständig kondensiert, kann sich unterkühltes Kondensat ansammeln. Die bei der Unterkühlung von Kondensat auftretenden Probleme und die damit zusammenhängenden Instabilitäten sind bekannt. Man weiss zwar bereits, dass Rohröffnungen und Rohrbündelspülungen einen günstigen Einfluss haben und die obigen Probleme erleichtern. Rohröffnungen sind aus der US-PS 3073575 bekannt. Bei Rohrbündelspülungen, wie sie z. B. in der US-PS 3724212 beschrieben sind, wird die Spülströmung typischerweise zu einem tieferen Punkt im System abgeleitet. Dies hat jedoch erhebliche thermodynamische Verluste zur Folge.

Aus der US-PS 3830293 ist ein Verfahren zur Rückführung von Spüldampf in Rohr-Mantel-Wärmetauschern, die mit einem Rohrbündel arbeiten, bekannt. In der Dampfzuführungsleitung des Rohrbündels wird ein mit kleiner Druckdifferenz (ca. 0,7 bis $1,4 \cdot 10^5$ pa oder etwa 10 bis 20 psid) arbeitender Thermokompressor verwendet, um eine Rezirkulation des Spüldampfes im Rohrbündel zu bewirken. Die Menge des durch diese Technik rezirkulierten Spüldampfes reicht jedoch nicht aus, ein Unterkühlen des Kondensats zu vermeiden, da der geringe Druckunterschied am Thermokompressor diesen sehr unwirksam macht und sich keine Angaben darüber finden, dass eine alternative Quelle für Dampf höheren Drucks wünschenswert oder notwendig sei.

Der vorliegenden Erfindung liegt dementsprechend die Aufgabe zugrunde, die Unterkühlung von Kondensat im Rohrbündel eines Nacherhitzers zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird durch das im Anspruch 1 gekennzeichnete Verfahren bzw. den im Anspruch 3 gekennzeichneten Nacherhitzer gelöst.

Bei den bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird eine mit hoher Druckdifferenz zwischen Treibdampf und Ansaugdampf arbeitende Dampfstrahlpumpe dazu verwendet, beträchtliche Mengen von Spüldampf im Niederdruck-Rohrbündel der ersten Stufe eines zweistufigen Nacherhitzers zu rezirkulieren. Für den Antrieb bzw. Betrieb der Dampfstrahlpumpe werden relativ kleine Mengen Hochdruck-Spüldampf vom Hochdruck-Rohrbündel der zweiten Stufe verwendet. Für diesen Betrieb sind zwei Rohrbündel erforderlich, die mit wesentlich verschiedenen Drücken arbeiten.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird die Unterkühlung von Kondensat in einem einstufigen Nacherhitzer oder Zwischenerhitzer erfindungsgemäss dadurch im wesentlichen vermieden, dass für den Betrieb einer mit hohem Druckunterschied arbeitenden Dampfstrahlpumpe gedrosselter Frischdampf verwendet wird, um mit minimalen thermodynamischen Verlusten wesentlich grössere Mengen von Spüldampf, als es bisher möglich war, zurückzuspeisen und im Umlauf zu halten.

Durch die Erfindung kann also eine Unterkühlung von Kondensat in den Rohren eines einstufigen Nacherhitzers mit minimalen thermodynamischen Verlusten verhindert werden, indem man Frischdampf, der in Strömungsrichtung vor dem Drosselventil oder den Drosselventilen in der Speiseleitung für das Rohrbündel entnommen wurde, zum Antrieb einer wirkungsvollen, mit hoher Druckdifferenz arbeitenden Dampfstrahlpumpe verwendet.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung werden diese Vorteile dadurch erreicht, dass in einem einstufigen Nacherhitzer eine Dampfstrahlpumpe vorgesehen

wird, um grosse Mengen von Spüldampf in die Rohre des Heizelements zurückzuleiten. Die Einlassenden von in einer vertikalen Ebene angeordneten, U-förmigen Rohren können mit unterschiedlichen Öffnungen versehen sein, um besser zu gewährleisten, dass den einzelnen Rohren genügend Dampf zugeleitet wird, um eine Unterkühlung von Kondensat zu vermeiden. Der Frischdampf, der stromaufwärts von der Hochdruckturbine entnommen wird, dient als Heizfluid (Dampf) für das Rohrbündel. Bei einem nuklearen Reaktor oder Dampferzeuger sind die Schwankungen des Frischdampfdrucks über den Belastungsbereich der Turbine minimal. Es ist ein Weg vorgesehen, um eine Dampfstrahlpumpe mit Frischdampf zu speisen, der stromaufwärts vom Drosselventil oder den Drosselventilen der Speiseleitung des Rohrbündels abgenommen wird. Ferner sind Rohrleitungen vom Auslassteil des Kopfstücks des Rohrbündels zum Niederdruck-Ansauganschluss der Dampfstrahlpumpe vorgesehen. Durch diese Massnahmen ist der Druck des Treibdampfes für die Dampfstrahlpumpe mindestens 1,5 mal (und bis zu 10 mal) grösser als der des Spüldampfes. Mit einem solchen Druckverhältnis von mindestens 1,5 bewirkt die Dampfstrahlpumpe (die auch als Hochdruck-Thermokompressor, d. h. als Thermokompressor mit hohem ΔP bezeichnet werden kann), dass wesentlich mehr Spüldampf abgezogen als Treibdampf zugeführt wird. Für den Auslass- oder Abdampf der Dampfstrahlpumpe, der einen mittleren Druck hat, sind Rohrleitungen zu seiner Einspeisung in die Einlasskammer des Kopfstücks des Rohrbündels vorgesehen.

Durch diese Massnahmen können Spüldampfdurchsätze in der Grössenordnung von 50 bis 100 % des Rohrbündeldurchsatzes, der durch die benötigte, abzugebende Wärme bestimmt ist, bei solchen Teillastbedingungen leicht erreichbar, bei denen die Einlassströmung gedrosselt ist und hohe Spüldampfdurchsätze benötigt werden. Die bekannten Probleme hinsichtlich der Kondensatunterkühlung und der damit zusammenhängenden Instabilitäten werden auf diese Weise weitestgehend vermieden. Da der Spüldampf ausserdem durch das oder die Rohrbündel kontinuierlich rezirkuliert oder zurückgeführt wird, erfolgt die weitestgehende Unterdrückung der Kondensatunterkühlung mit einem Minimum an thermodynamischen Verlusten. Zur Entfernung etwaiger nicht kondensierbarer Gase, die sich ansammeln können, wird zweckmässigerweise eine kleine Entleerung vorgesehen. Bei hohen Leistungen, bei denen der dem Rohrbündel oder den Rohrbündeln zugeführte Heizdampf nicht mehr gedrosselt wird, kann ferner die Wärmeabgabeleistung der zahlreichen U-Rohre des Bündels leicht durch unterschiedliche Rohröffnungen in Verbindung mit einer verhältnismässig geringen Strömungsgeschwindigkeit von Spüldampf, der zu einem niedrigeren Punkt des Systems abgeleitet wird, leicht eingestellt oder ver gleichmässigt werden. Unter diesen Bedingungen kann die Dampfstrahlpumpe, wenn auch mit geringerem Wirkungsgrad weiter arbeiten, um ein erneutes Anfahren bei einem späteren Lastwechsel zu vermeiden.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine etwas schematisierte vertikale Querschnittsansicht eines zweistufigen Nacherhitzers sowie zugehöriger Anlagenteile gemäss einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 eine etwas schematisierte vertikale Querschnittsansicht eines einstufigen Nacherhitzers und zugehöriger Anlagenteile gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung, und

Fig. 3 einen vertikalen Querschnitt einer Dampfstrahlpumpe, wie sie in der Einrichtung gemäss Fig. 2 verwendet werden kann.

Der in Fig. 1 dargestellte Nacherhitzer 10 enthält einen Druckbehälter 12, der typischerweise mehrere Dampfeinlässe 13 und mehrere Dampfauslässe 14 enthält, damit der zu trocknende und wieder zu erhitzende Dampf leichter hindurchgeleitet wer-

den kann.

Die vom zugeführten Dampf mitgeführte Feuchtigkeit wird durch Wasserabscheideplatten 15 in bekannter Weise im wesentlichen vollständig entfernt. Die Wasserabscheideplatten haben eine sehr grosse Oberfläche mit sogenannten «Wackelplatten» und einem zugehörigen Ableitsystem (nicht dargestellt), welches das von den Platten ablaufende Wasser sammelt und einen Weg für die Entfernung des Wassers aus dem Mantel oder Druckbehälter 12 bildet.

Unmittelbar oberhalb der Wasserabscheideplatten 15 sind im Wege des von den Dampfteinlässen 13 zu den Dampfauslässen 14 strömenden Dampfes mehrere Nacherhitzer 16 und 17 angeordnet.

Der Nacherhitzer 16 der ersten Stufe enthält ein Rohrbündel 18 und ein Kopfstück 19. Der Nacherhitzer 17 der zweiten Stufe enthält ein Rohrbündel 20 und ein Kopfstück 21. Die Rohrbündel 18 und 20 enthalten jeweils eine Anzahl von U-förmigen Rohren 22, zwischen denen und dem durchströmenden mantelseitigen Dampf ein Wärmeübergang stattfindet. Die U-Rohre 22 führen jeweils gesättigten Dampf hohen Druckes, auf dessen Herkunft noch eingegangen wird, und enthalten jeweils einen nahezu horizontalen Abschnitt 23, einen runden, vertikal orientierten U-Biegungsabschnitt 24 und einen nahezu horizontalen Auslassabschnitt 25. Die Kopfstücke 19 und 20 enthalten jeweils eine Leit- oder Trennplatte 32, welche das jeweilige Kopfstück in eine obere Einlasskammer 33 bzw. 35 und eine untere Auslasskammer 34 bzw. 36 unterteilt, welche letztere eine kleine Ablauföffnung hat. Jedes Rohr der Rohrbündel 18 und 20 hat ein Einlassende, das mit der oberen Einlasskammer des zugehörigen Kopfstücks in Verbindung steht, während ihr anderes Ende mit der unteren Auslasskammer desselben Kopfstücks verbunden ist. Der Einlasskammer 33 des Kopfstücks der ersten Stufe wird gesättigter Dampf, dessen Druck wesentlich höher ist als der mantelseitige Dampf, durch eine Rohrleitung 40 zugeführt, die ein Ventil 42 enthält und von einer Anzapfung einer nicht dargestellten Hochdruckturbine kommt. Der Dampf durchströmt die Rohre 22 des Nacherhitzers 16 und gibt dabei Wärme an den mantelseitigen Dampf ab, wobei er in den Rohren zumindest teilweise kondensiert. Das entstehende Kondensat tritt in die Auslasskammer des Kopfstücks ein und wird durch eine Abflussleitung 44 abgeleitet, während der restliche Dampf der Ansaugseite einer Dampfstrahlpumpe 70 und einer Entleerungsleitung 51 über eine Rohrleitung 49 zugeführt wird.

Der Einlasskammer 35 des Nacherhitzers 17 der zweiten Stufe wird gesättigter Dampf zugeführt, der stromaufwärts von der Hochdruckturbine durch eine Leitung 50 entnommen wird und bei Teillastbedingungen durch ein Ventil 52 gedrosselt wird und einen Druck hat, der wesentlich über dem Druck des gesättigten Dampfes liegt, der der Einlasskammer 33 des Nacherhitzers 16 zugeführt wird. Der Dampf strömt dann von der Einlasskammer 35 durch die Rohre 22 des Nacherhitzers 17, wobei er unter zumindest teilweiser Kondensation Wärme an den mantelseitigen Dampf abgibt. Das entstehende Kondensat tritt in die Auslasskammer 36 aus und wird durch eine Rohrleitung 74 einem Abflusstank 47 zugeführt, während der überschüssige Dampf durch eine Rohrleitung 71 der Dampfstrahlpumpe 70 als Treibdampf zugeführt wird.

Die durch den Arbeitsdampf von der Rohrleitung 71 mit Treibdampf versorgte Dampfstrahlpumpe 70 fördert einen grösseren Massenfluss an Abdampf aus der Leitung 72 und liefert einen grösseren Massenfluss an Spüldampf über die Leitung 73 zur Einlasskammer 33 des Kopfstücks 19 des Nacherhitzers 16. Diese Dampfströmung reicht für das Spülen des Rohrbündels 18 des Nacherhitzers 16 aus und verhindert im wesentlichen ein Unterkühlen von Kondensat mit den damit zusammenhängenden Instabilitäten.

Die Vorteile dieser Spülung des ersten Nacherhitzer-Rohrbündels können erhalten bleiben, wenn man die zweite Nacherhit-

zerstufe abstellt und den Nacherhitzer praktisch als einstufigen Nacherhitzer betreibt. Hierfür ist eine Anordnung mit einer Rohrleitung 75 und einem Ventil 76 vorgesehen, die es ermöglichen, die Dampfstrahlpumpe 70 mit einem Teil des Hochdruckdampfes zu betreiben, der von der Hauptdampfquelle zur Verfügung steht. Man schliesst dann das Ventil 52 sowie das Ventil 77, wodurch die zweite Nacherhitzerstufe von der Dampfströmung abgetrennt wird. Das Ventil 76 wird geöffnet, so dass ungedrosselter Dampf mit einem Druck, der wesentlich höher ist als der Druck in der Leitung 40, die Dampfstrahlpumpe 70 als Treibmittel antreibt und den gewünschten Spüldampf für den Nacherhitzer 16 liefert.

Unter den oben geschilderten Umständen hat man dann also einen zweistufigen Nacherhitzer, dessen Hochdruckstufe abgestellt ist, so dass die Einrichtung als einstufiger Nacherhitzer arbeitet, bei dem der Abdampf durch eine Dampfstrahlpumpe, die einen hohen Druckunterschied bewirkt, in dem arbeitenden Rohrbündel zu Spülzwecken zurückgeführt oder rezirkuliert wird. Ein für einen solchen Betrieb ausgelegter einstufiger Nacherhitzer wird selbstverständlich eine andere Konfiguration haben. Eine optimierte Anordnung für einen derartigen Betrieb des Nacherhitzers ist in Fig. 2 dargestellt, in der Teile gleicher Funktion wie in Fig. 1 mit gleichen Bezugszeichen versehen sind.

Der in Fig. 2 dargestellte Nacherhitzer 10 enthält wieder einen Druckbehälter 12, der typischerweise mehrere Dampfteinlässe 13 und mehrere Dampfauslässe 14 hat, damit der zu trocknende und zu erhitzende Dampf leichter hindurchgeleitet werden kann. Oberhalb der Dampfteinlässe 13 und nicht dargestellten Einlassanfüllungen sind Wasserabscheidepaneele 15 bekannter Bauart angeordnet, durch die praktisch die ganze Feuchtigkeit, die der eintretende Dampf mitführt, abgeschieden wird.

Der Nacherhitzer 16 enthält ein Rohrbündel 18 und ein Kopfstück 19. Das Rohrbündel 18 enthält eine Vielzahl von U-Rohren 22, die in Wärmeaustausch mit dem den Nacherhitzer durchströmenden mantelseitigen Dampf stehen und jeweils gesättigten Hochdruckdampf führen, auf dessen Ursprung noch eingegangen wird. Jedes U-Rohr des Bündels 18 hat einen nahezu horizontalen Einlassabschnitt 23, einen gebogenen, vertikal angeordneten U-förmigen Biegungsabschnitt 24 und einen nahezu horizontalen Auslassabschnitt 25. Das Kopfstück 19 enthält eine Trennplatte 32, die es in eine obere Einlasskammer 33 und eine untere Auslasskammer 34 unterteilt. Jedes U-Rohr des Rohrbündels 18 steht mit einem Einlassende mit der oberen Einlasskammer des Kopfstücks und mit dem anderen Ende mit der unteren Auslasskammer desselben Kopfstücks in Verbindung. Da die Strömungswege aller U-Rohre eines vorgegebenen Rohrbündels einander parallelgeschaltet sind, herrscht an allen Rohren die gleiche Druckdifferenz (Treibkraft) zwischen dem Einlass- und dem Auslassabschnitt.

Für den Betrieb steht Hauptdampf, der stromaufwärts von der Hochdruckturbine abgenommen wird, über eine Rohrleitung 50 für den Nacherhitzer 16 zur Verfügung. Die Rohrleitung 50, die zur Einlasskammer 33 des Kopfstücks 19 führt, enthält ein zufuhrseitiges Ventil 42 und mindestens ein Drosselventil 43. Der Dampf durchströmt dann die U-Rohre 22, wobei er zwei longitudinale Wege entlang der und parallel zur Längsachse des Mantels oder Druckbehälters 12 strömt und einen gebogenen Weg nach unten durchläuft, wenn er das Ende des ersten horizontalen Strömungsweges erreicht und dann zur Auslasskammer 34 des Kopfstücks 19 zurückströmt. Während des Durchlaufens der U-Rohre 22 kondensiert ein gewisser Anteil des in den Rohren enthaltenen Dampfes und das Kondensat strömt zusammen mit dem nicht kondensierten Dampf zur Auslasskammer, wo es durch die Abflussleitung 44 zu einem ausserhalb des Druckbehälters 12 befindlichen Sammelstank 45 strömt. Die flüssige Phase im Sammelstank 45 kann über die Leitung 48 einem Speisewasser-Vorerwärmer oder einem Hauptkondensator zugeführt werden. Zum Ausgleich des Druckes in der Auslasskammer 34 des

Kopfstücks und dem Sammelntank 45 ist eine Entlüftungs- oder Ausgleichs-Rohrleitung 49 vorgesehen. An die Rohrleitung 49 ist eine Rohrleitung 72 angeschlossen, durch die der aus dem Rohrbündel austretende Abdampf einer Dampfstrahlpumpe 70 zugeführt wird. An die Rohrleitung 49 ist ferner eine Rohrleitung 51 angeschlossen, um laufend nicht kondensierbare Gase durch ein Ventil 78 und Abdampf durch ein Ventil 79 zu Punkten niedrigeren Druckes im System ableiten zu können.

Der durch einen Pfeil A angedeutete, als Heizdampf verwendete Frischdampf, der durch die Heizdampfeinlass-Rohrleitung 50 eintritt, welche ein dampfquellenseitiges Einlassventil 42 und mindestens ein Drosselventil 43 enthält, wird im allgemeinen stromaufwärts von der Hochdruckdampfturbine abgenommen.

Der Druck dieses als Heizdampf verwendeten Frischdampfes ist relativ hoch und im ganzen Lastbereich im wesentlichen konstant. Bei Druckwasser-Reaktoren kann der Frischdampfdruck mit zunehmender Last in der Praxis auch etwas absinken. Der mantelseitige Dampf, der vom Auslass der Hochdruckturbine kommt, hat andererseits einen Druck, der mit der Turbinenbelastung im wesentlichen linear auf einen Wert von etwa $\frac{1}{2}$ des Frischdampfdruckes bei Vollast ansteigt. Würde man den Frischdampf als Heizdampf durch die Einlass-Rohrleitung 50 im Lastbereich in das Rohrbündel 18 einführen, so wäre der Unterschied zwischen der Temperatur dieses Heizdampfes (der typischerweise einen Druck in der Größenordnung von 7 MPa oder 1000 psia hat) und der des mantelseitigen Dampfs unter Teillastbedingungen zu gross, wesentlich mehr als 100°C oder etwa 200°F. Bei diesen hohen Temperaturunterschieden im Teillastbetrieb treten erhebliche Probleme durch Verformung der Rohrbündel in Folge der thermischen Expansion aufgrund der Temperaturunterschiede auf und es kann eine starke Kondensatunterkühlung in den Rohren eintreten. Um diese Schwierigkeiten zu mildern, wird der als Heizdampf verwendete Frischdampf in der Einlass-Rohrleitung 50 bei der vorliegenden Einrichtung typischerweise im Teillastbetrieb durch das Ventil 43 gedrosselt.

Es ist nur ein Ventil 43 dargestellt, in der Praxis können jedoch auch mehrere solcher Ventile verwendet werden. Es sind eine ganze Reihe von Verfahren zur Drosselung des Heizdampfes bekannt; typischerweise steuert man das oder die Ventile 43 vom Hochdruckturbinenauslassdampfdruck so, dass der Druck des Dampfes für das Rohrbündel 18 von einem niedrigen Lastwert bis zum Frischdampfdruck im Bereich von 50 bis 80 % der Turbinenlast linear ansteigt. Unter dem Begriff «gedrosselter Dampf» soll hier also Dampf verstanden werden, dessen Druck bei Teillast der zugehörigen Turbine verringert ist.

Wenn der in den Druckbehälter 12 eintretende mantelseitige Dampf von den Dampfeinlässen 13 über die U-Rohre 22 des Bündels 18 strömt und zunehmend erhitzt wird, nimmt der Temperaturunterschied zwischen dem röhrenseitigen Dampf und dem mantelseitigen Dampf kontinuierlich ab. Ein wichtiges Problem, mit dem sich die Erfindung besonders befasst, beruht auf dem bei der Erhitzung des mantelseitigen Dampfes sich ändernden Temperaturunterschiedes zwischen diesem mantelseitigen Dampf und dem röhrenseitigen Dampf. Der mantelseitige Dampf kann noch einen gewissen restlichen Wasseranteil über die Wasserabscheidepaneele 15 hinaus mitführen, der durch Wärmeübergang von den unteren Rohrreihen des Rohrbündels 18 verdampft werden muss, bevor die Überhitzung des Dampfes beginnen kann. Da der Temperaturunterschied zwischen dem röhrenseitigen und dem mantelseitigen Dampf an den unteren Rohren des Rohrbündels 18 am grössten ist und dort zusätzlich noch Wasser verdampft werden muss, kann offensichtlich an diesen unteren Rohren des Rohrbündels der grösste Wärmeübergang auftreten, was wiederum erfordert, dass den äusseren U-Rohren in vertikal orientierten Überhitzerrohrbündeln grössere Mengen röhrenseitigen Dampfes zugeführt wird.

Da die Einlassenden aller U-Rohre in Verbindung mit der Einlasskammer 33 des Kopfstücks und die Auslassenden aller U-

Rohre in Verbindung mit der Auslasskammer 34 des Kopfstückes 19 stehen, herrscht an allen U-Rohren notwendigerweise der gleiche Druckunterschied. Die äusseren (vertikalen) U-Rohre erhalten daher normalerweise nicht genügend Dampf, um den Bedarf für die abzugebende Wärme zu decken. In diesen Rohren kondensiert der Dampf also vor dem Ende der Rohre vollständig und stromabwärts des Punktes, an dem der letzte Dampf kondensiert ist, tritt eine Unterkühlung des Kondensats ein, um den Bedarf an abzugebender Wärme zu decken. Aus den inneren (vertikalen) U-Rohren, die mehr Dampf führen als theoretisch erforderlich ist, tritt andererseits eine zweiphasige gesättigte Mischung in die Auslasskammer 34 des Kopfstücks 19 aus. Aus dem Auftreten von unterkühlter Flüssigkeit können bekanntlich die verschiedensten Probleme entstehen. Zwei wesentliche Probleme sind Brüche der Rohr-Rohrblech-Schweissungen und Instabilität des Systems als Ganzes.

Es ist z. B. aus der US-PS 3073 575 bekannt, dass man die Unterkühlung dadurch verringern kann, dass man bestimmte Rohre in geeigneter Weise verengt und dadurch den Durchsatz des röhrenseitigen Dampfes der für die Wärmeübertragung tatsächlich benötigten Wärmemenge anpasst. Man kann dadurch die Unterkühlung und die mit ihr zusammenhängenden Instabilitäten in Dampfwärmetauschern verringern. Eine Möglichkeit, das oben geschilderte Problem anzugehen, besteht also in einer entsprechenden Bemessung der Rohröffnungen.

Die Öffnungs- oder Querschnittsbemessung ist eine der Massnahmen zur Behebung des Problems einer unterschiedlichen Kondensation in den U-Rohren eines Nacherhitzer-Rohrbündels und damit einer weitgehenden Vermeidung der Kondensatorunterkühlung. Der vom Konzept her wahrscheinlich einfachste Weg zur Vermeidung dieses Problems besteht jedoch darin, durch das Rohrbündel eine ausreichende Menge gesättigten Dampfes im Überschuss über die für die Nacherhitzung theoretisch nötige Menge zu leiten und dadurch alle U-Rohre durchzuspielen. Diese Massnahme ist jedoch im Hinblick auf den Wirkungsgrad normalerweise nicht anwendbar, da sie eine untragbare Energievergeudung darstellt. Eine praktikablere Lösung ist die Verwendung von zusätzlichen Unterteilungen im Kopfstück, wie es aus der US-PS 3996 897 bekannt ist. Bei der dort beschriebenen Einrichtung tritt der zugeführte Dampf in einen unterteilten Einlassabschnitt des Kopfstückes eines horizontal orientierten Rohrbündels ein und strömt durch die untere Hälfte der U-Rohre zu einem Rückflussabschnitt des Kopfstückes, wo das Kondensat, welches sich bei den ersten beiden longitudinalen Durchgängen durch die U-Rohre gebildet hat, abgeleitet wird. Der gesättigte Dampf wird dann wieder in die Rohre des Rohrbündels eingeleitet, er tritt in die obere Hälfte des Rohrbündels ein und kehrt zum entgegengesetzten Abschnitt des Kopfstückes zurück, von dem das angesammelte Kondensat wieder abgeleitet wird. Eine solche Einrichtung stellt eine «Vierdurchgangs-anordnung» dar und verringert die Gefahr einer Kondensatüberflutung sowie der resultierenden thermischen Zyklen.

Bei einer aus der US-PS 3759 319 bekannten «Vierdurchgangs-anordnung» enthält der Nacherhitzer einen getrennten Verteiler um den gesättigten Dampf, der bereits einen Durchlauf vollführt hat, nochmals durch gewisse U-Rohre des Nacherhitzerrohrbündels laufen zu lassen.

Die Abstufung der Strömungsquerschnitte und die oben diskutierten weiteren Massnahmen stellen jedoch leider normalerweise keine vollständige Lösung des Problems der Kondensatunterkühlung und der damit zusammenhängenden Instabilitäten in Wasserabscheider-Nacherhitzer-Einrichtungen dar. Ein Grund, warum durch die Abstufung der Öffnungs- bzw. Strömungsquerschnitte keine vollständige Lösung möglich ist, besteht darin,

dass eine vorgegebene Öffnungsanordnung zwar für eine Verteilung der Dampfströmung auf die verschiedenen Rohre berechnet und ausgeführt sein kann, dass sie den theoretischen Bedarf an zu übertragender Wärme bei einem bestimmten Betriebszustand zu

decken vermag, für alle Betriebsbedingungen jedoch nicht ideal ausgelegt ist. Eine Querschnitts- oder Öffnungsanordnung, die für einen Satz von Bedingungen ideal ist, kann für einen anderen Satz von Bedingungen nicht geeignet sein, z. B. bei Änderung der Lastwerte der Turbine oder im Falle eines einstufigen Nacherhitzers, wenn der Heizdampf bei Teillast gedrosselt wird.

Die vorliegende Erfindung kann entweder mit einer abgestuften Öffnungs- oder Querschnittsbemessung (oder äquivalenten Massnahmen) oder unabhängig davon angewendet werden, um die Arbeitsweise von Nacherhitzern, insbesondere für Dampfturbinengeneratorenanlagen zu verbessern, insbesondere eine Unterkühlung von Kondensat sowie die damit zusammenhängenden Instabilitäten im wesentlichen zu vermeiden.

Es ist seit langem bekannt, dass Dampfleitungen zur Entfernung von unerwünschtem Wasser und dgl. durch Hindurchleiten von Hochdruckgas oder -dampf durchgespült werden können. Man kann also ein Unterkühlen von Kondensat in Nacherhitzerrohrbündeln dadurch vermeiden, dass man die Zufuhr von gesättigtem Dampf von der Eingangsampfquelle zum Rohrbündel um einen vorgegebenen Betrag im Überschuss über denjenigen Betrag erhöht, der bei einer bestimmten Last für die Nacherhitzung des mantelseitigen Dampfs theoretisch benötigt wird. Wenn man einen genügenden Überschuss an gesättigtem Dampf von der Rohrbündeldampfquelle entnimmt, lässt sich auch ohne besondere Bemessung der Öffnungs- oder Strömungsquerschnitte eine Kondensatunterkühlung praktisch vermeiden. Andererseits ist es wesentlich, dass der für die Verwendung in einer Dampfturbinenanlage erzeugte Dampf gut ausgenutzt wird und aus ihm ein Maximum an Arbeit in den notwendigen Funktionen der Dampfturbine entnommen wird, beispielsweise bei der Nacherhitzung von Dampf in einem Nacherhitzer, der Vorerwärmung des Speisewassers vor dessen Zuführung zum Dampfgenerator oder Reaktor und bei der Verwendung des Endproduktes eines Kondensators als Speisewasser für die Anlage. Die unbedenkliche Verwendung von Hochdruckdampf hoher Temperatur und hohen Druckes, dessen Wärmeeinheit produktiver und besser ausgenutzt werden könnte, zum Spülen, kann den Wirkungsgrad der Anlage als Ganzes erheblich beeinträchtigen. Da Dampfturbinen normalerweise eine Lebensdauer über 30 und oft bis 40 Jahre haben, kann die Vergeudung eines erheblichen Prozentsatzes des Dampfes für Zwecke, wie die weitgehende Verhinderung einer Kondensatunterkühlung in Nacherhitzerrohrbündeln sich als ausserordentlich kostspielig hinsichtlich der für solche Zwecke im Laufe der Jahre unnötig verbrauchten Primärenergie erweisen.

Gemäss der vorliegenden Erfindung wird als Spüldampf für das weitestgehende Vermeiden einer Kondensatunterkühlung in Nacherhitzerrohrbündeln Dampf verwendet, der zum Einlass des Rohrbündels zurückgeführt ist. Die Bewegungsenergie oder Antriebsleistung wird durch Heiz- oder Frischdampf geliefert, welcher stromaufwärts des Drosselventils 43 oder der entsprechenden Drosselventile abgenommen wird. Der rezirkulierte Spüldampf leistet Nutzarbeit im Gegensatz zum Dampf, der zu einem Speisewasservorhitzer (der einen Punkt niedrigerer Energie im System darstellt) abgeleitet wird, so dass durch die Erfindung im Effekt die Zuverlässigkeit des Betriebs des Nacherhitzers verbessert wird, ohne dass dadurch der Betriebswirkungsgrad des Systems als Ganzes ernstlich leidet. Die erfindungsgemässe Verwendung von rohrseitigem Abdampf stellt praktisch eine wesentliche Verbesserung gegenüber der bekannten Praxis dar, bei der geringere Mengen an Spüldampf als sie für eine praktisch völlige Beseitigung der Kondensatunterkühlung benötigt werden, zu einem Speisewasservorhitzer oder einem ähnlichen Punkt niedrigen Druckes im Turbinenzyklus geführt werden.

Wie Fig. 2 zeigt, wird bei der Einrichtung gemäss der Erfindung eine Dampfstrahlpumpe mit hohem ΔP verwendet, um Spüldampf zur Einlasskammer 33 des Kopfstückes 19 des Nacher-

hitzers 16 derart zurückzuführen, dass genügend überschüssiger Hochdruckdampf für die einzelnen U-Rohre 22 des Bündels 18 zur Verfügung steht, um ein Unterkühlen von Kondensat selbst in denjenigen Rohren im wesentlichen zu vermeiden, an denen

der grösste Temperaturunterschied auftritt. Das Antriebsfluid für die Dampfstrahlpumpe 70 wird durch eine Rohrleitung 71 zugeführt, es ist der Heizdampf, der in der Heizdampfleitung 50 stromaufwärts vom Drosselventil 43 oder den Drosselventilen zur Verfügung steht. Dieser Dampf, der einen Druck von etwa 7 MPa (1000 psia) hat, treibt die Dampfstrahlpumpe 70, die den Spüldampf für den Nacherhitzer 16 liefert. Im allgemeinen beträgt der für diesen Zweck verwendete Anteil des Dampfes nur etwa 5 bis 10 % der theoretisch nötigen Dampfmenge, die der Einlasskammer des Nacherhitzers 16 zur Deckung des Wärmebedarfes des Rohrbündels 18 zugeführt werden muss. Die Dampfstrahlpumpe 70, von der ein Ausführungsbeispiel in Fig. 3 genauer dargestellt ist, wird also mit Treibdampf hohen Druckes betrieben, so dass sie eine grössere Menge Abdampf als Treibdampf durch die Leitung 72 von der Auslasskammer 34 des Kopfstückes des Nacherhitzers 16 ansaugt. Die vereinigte Strömung, d. h. der Spüldampf, verlässt die Dampfstrahlpumpe 70 mit einem mittleren Druck, welcher am Eingang des Nacherhitzers die gewünschte starke Spülströmung verursacht.

Die Dampfstrahlpumpe 70, der Ansaug- oder Niederdruckdampf über die Rohrleitung 72 von der Auslasskammer 34 des Nacherhitzers 16 und Treibdampf über die Leitung 71 zugeführt wird, erzeugt eine Dampfströmung durch die Rohrleitung 73 in die Leitung 50, welche gedrosselten Heizdampf in die Einlasskammer 33 des Kopfstückes des Nacherhitzers 16 liefert, oder direkt in die Einlasskammer 33.

Das Verfahren und die Einrichtung gemäss der Erfindung, durch die mehr Spüldampf geliefert werden, durch den eine Unterkühlung des Kondensats sowie die damit zusammenhängenden Instabilitäten im wesentlichen verhindert werden, sind sehr wirtschaftlich und haben einen hohen thermodynamischen Wirkungsgrad. Es wird nicht nur das Vorstehende erreicht, sondern auch der Gesamtwirkungsgrad des Systems bei Teillastbedingungen verbessert, da die Menge des vom Vorhitzer 16 zu einem niedrigeren Punkt im System, wie dem Speisewasservorhitzer, abgeleiteten Spüldampfes beträchtlich verringert und dadurch die weniger effiziente Verwendung des heissen Dampfes auf ein Minimum beschränkt wird.

Es ist nicht notwendig, besondere Vorkehrungen zu treffen, wie durch spezielle Ventile, um zu gewährleisten, dass nur ein kleiner Teil, beispielsweise 2 bis 10 % des Dampfes in der Heizdampfleitung, als Treibdampf für die Dampfstrahlpumpe 70 verwendet wird. Unter den vorliegenden Bedingungen ist die Dampfstrahlpumpe nämlich selbst begrenzend, sie arbeitet im Drosselbetrieb und nimmt nur so viel Dampf auf, wie es erforderlich ist, um den verfügbaren Spüldampf im Umlauf zu halten.

Ein weiterer Vorteil der Einrichtung gemäss der Erfindung besteht darin, dass das System leicht an kommerziell verfügbare Dampfstrahlpumpen angepasst werden kann, deren Betriebsparameter gut bekannt sind.

Um das gesteckte Ziel, eine Kondensatunterkühlung und die damit zusammenhängenden Instabilitäten zu vermeiden, zu erreichen, ist im allgemeinen eine grössere Menge Spüldampf erforderlich, als man bei der Rezirkulation mit einer Niederdruck-Dampfstrahlpumpe (Dampfstrahlpumpe mit niedrigem ΔP) erwarten würde. Die gemäss der vorliegenden Erfindung verwendete Hochdruck-Dampfstrahlpumpe (Dampfstrahlpumpe mit hohem ΔP) vermag jedoch diese Durchsätze der Rezirkulationsströmung zu bewirken. Die Hochdruck-Dampfstrahlpumpe ist ausserdem kleiner und es ist einfach, die Ansaugleistung durch Erhöhung des Treibdampfstromes zu vergrössern.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die bei der vorliegenden Erfindung verwendete Dampfstrahlpumpe mit hohem ΔP

keine Verringerung des Druckes in der Einlasskammer des Kopfstücks bewirkt. Eine Niederdruck-Dampfstrahlpumpe hat dagegen einen niedrigeren Kopfstückdruck zur Folge, da er einen Strömungswiderstand in der Dampfeinlassleitung darstellt. Eine Verringerung des Kopfstück-Einlassdruckes setzt den thermischen Wirkungsgrad herab, da die Dampftemperatur entsprechend niedriger ist.

Für die praktische Realisierung der Erfindung können handelsübliche Dampfstrahlpumpen verwendet werden, wie sie beispielsweise von der Firma Ametek Corporation, Schutte und Koerting Division, Cornwells Heights, Pennsylvania, V. St. A. erhältlich sind. Eine typische Dampfstrahlpumpe ist in Fig. 3 dargestellt.

Die in Fig. 3 dargestellte Dampfstrahlpumpe enthält einen Treibdampfeinlass 81, eine Düse 82, einen Dampf-Ansaugereinlass 83, einen Körper oder Mischbereich 84 und einen Diffuser- und Auslassabschnitt 86.

Im einfachsten Falle wird für die Realisierung der vorliegenden Erfindung eine Dampfstrahlpumpe mit einer festen Düse verwendet. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird jedoch eine Dampfstrahlpumpe mit verstellbarer Düse verwendet, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. Die Verstellung der Düse 82 erfolgt mittels eines Drehkopfes 88, der zur axialen Verstellung einer Welle dient, an deren Ende sich eine Ventildüse 89 befindet, mit der der Querschnitt der Einlassseite der Düse 82 verringert werden kann. Durch diesen zusätzlichen Freiheits-

grad kann das Ausmass der Spülung so eingestellt werden, wie es für eine bestimmte Betriebsart wünschenswert ist, oder man kann für verschiedene Anlagen unterschiedliche Einstellungen wählen.

Die beschriebenen speziellen Ausführungsbeispiele lassen sich selbstverständlich in der verschiedensten Weise abwandeln. Anstatt den Spüldampf mittels Heizdampf zurückzuspeisen, wie es am Beispiel des gedrosselten einstufigen Nacherhitzers beschrieben wurde, kann die Erfindung selbstverständlich in gleicher Weise bei irgendeinem anderen Nacherhitzer mit einer Rohrbündelanordnung verwendet werden, der mit Hochdruckdampf gespeist wird, der bei einem gewissen Lastbereich beträchtlich gedrosselt ist. Bei einem zweistufigen Nacherhitzer, der nach dem gleichen Prinzip arbeitet, wird man also die Rezirkulation der Spülströmung im Rohrbündel, das mit dem höheren Druck arbeitet, bewirken. Ausserdem kann man anstelle der beschriebenen U-Rohrbündel auch andere Rohrbündelkonfigurationen verwenden, wie bekannte gerade durchgehende Rohrbündel. Anstelle der als Pumpvorrichtung für die Rezirkulation des Spüldampfes im Nacherhitzerrohrbündel beschriebenen Hochdruck-Dampfstrahlpumpe kann auch irgendeine andere gleichwertige Pumpvorrichtung verwendet werden, die die an die Hochdruck-Dampfstrahlpumpe gestellten funktionellen Anforderungen erfüllt, wie ein Turbinen- oder Schaufelradkompressor.

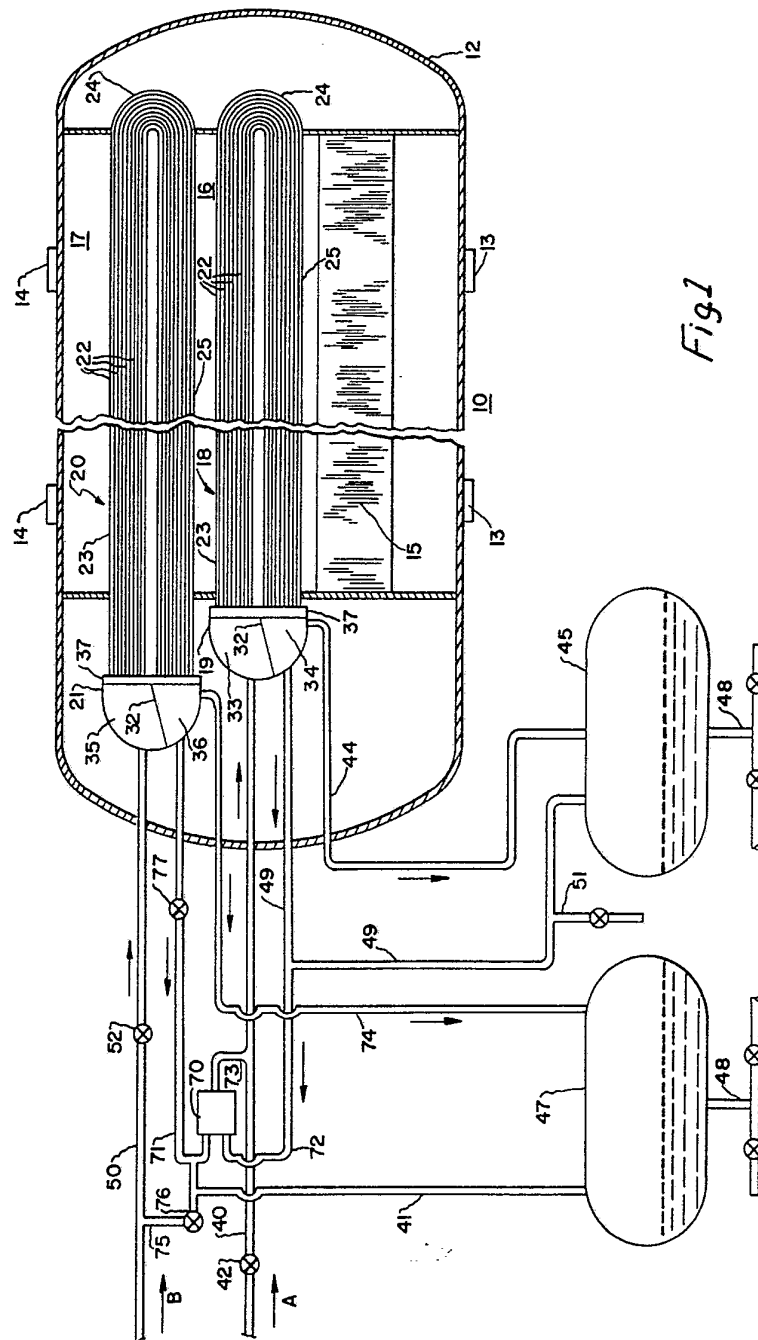


Fig. 1

