(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 072 020**
B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **16.01.85**

(51) Int. Cl.⁴: **F 28 B 3/06**

(21) Anmeldenummer: **82107213.9**

(22) Anmeldetag: **10.08.82**

(54) **Offener Kondensator.**

(30) Priorität: **12.08.81 DE 3131785**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **16.02.83 Patentblatt 83/7**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **16.01.85 Patentblatt 85/3**

(84) Benannte Vertragsstaaten: **CH DE FR GB IT LI NL**

(56) Entgegenhaltungen:
DE - A - 1 451 129
DE - A - 2 102 744
DE - A - 2 439 562
DE - A - 2 511 763
DE - C - 711 432
FR - A - 2 238 134

(73) Patentinhaber: **Thomas, Karl-Wilhelm, Emsweg 7, D-4047 Dormagen 1 (DE)**

(72) Erfinder: **Thomas, Karl-Wilhelm, Emsweg 7, D-4047 Dormagen 1 (DE)**

(74) Vertreter: **Paul, Dieter-Alfred, Dipl.-Ing., Erftstrasse 82, D-4040 Neuss 1 (DE)**

EP 0 072 020 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum geräuscharmen Einbringen grosser Dampfmengen in eine strömende Flüssigkeit zu deren Erwärmung, bei dem der Dampf durch Wärmeaustauschelemente eines Wärmetauschers geführt wird, in denen die Flüssigkeit zumindest am Austrittsende des bzw. der Wärmeaustauschelemente im wesentlichen achsparallel zu diesem bzw. diesen geführt ist. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens mit einem Wärmeaustauschelemente aufweisenden Wärmetauscher, in dem die Flüssigkeit in vorgenannter Weise geführt ist.

Nach der DE-A Nr. 2439562 ist ein Verfahren zum Aufheizen von Wasser mittels Wasserdampf bekannt, bei dem der Wasserdampf durch ein offenes Rohrbündel geleitet wird, an dem vorbei die zu erwärmende Flüssigkeit achsparallel strömt. Die dafür vorgesehene Vorrichtung wird so betrieben bzw. ist hinsichtlich der Länge und der Durchmesser der Rohre so bemessen, dass der gesamte Wasserdampf spätestens am Ende des Rohrbündels vollständig entspannt und kondensiert ist.

Dieses Verfahren bzw. der dafür vorgesehene Wärmetauscher hat zwar eine geringere Geräuschbildung als Vorrichtungen, bei denen der Dampf in Form vieler kleiner Dampfbläschen in die zu erwärmende Flüssigkeit eingebracht wird. Nichtsdestoweniger ist die Kondensation beim vorbekannten Wärmetauscher immer noch mit erheblicher Geräuschbelästigung verbunden. Ausserdem ist der Regelbereich aufgrund der vorgegebenen Länge der Wärmeaustauschrohre naturgemäss beschränkt. Schliesslich ist der bauliche Aufwand erheblich, denn die Abkühlung des Dampfs innerhalb der Wärmeaustauschrohre verlangt entsprechend grosse Rohrlängen.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu finden, das geräuscharmer arbeitet und einen erheblich grösseren Regelbereich bei stabilem Arbeiten hat, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens bereitzustellen, deren apparativer Aufwand verhältnismässig gering ist.

Soweit es das Verfahren betrifft, wird diese Aufgabe erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der Dampf und die Flüssigkeit solchen Temperatur- und Strömungsbedingungen ausgesetzt werden, dass der austretende Dampf in Form von sich an die Wärmeaustauschelemente anschliessenden, zusammenhängenden, stabilen Dampfsäulen in die Flüssigkeit parallel zur Strömung hineinreicht.

Eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist erfindungsgemäss dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeaustauschfläche und die Öffnungen des bzw. der Wärmeaustauschelemente(s) so ausgebildet sind, dass der austretende Dampf in Form von sich an die Wärmeaustauschelemente anschliessenden, zusammenhängenden stabilen Dampfsäulen in die Flüssigkeit parallel zur Strömung hineinreicht.

Im Vergleich zum Stand der Technik wird hier bewusst vom Prinzip der vollständigen Kondensation innerhalb eines vom zu erwärmenden Medium umströmten Rohrbündels dadurch abgewichen, dass der Dampf in Form einer zusammenhängenden stabilen Dampfsäule – nicht jedoch in Form kleiner Bläschen – parallel zur Strömung des aufzuwärmenden Mediums eingeführt wird. Die sich zwischen Dampfsäule und diesem Medium ausserhalb des Rohrbündels bildende Grenzfläche wirkt somit als trennwandlose Wärmeaustauschfläche, wobei sich die Dampfsäule überraschenderweise ohne Kondensationsschläge und damit ohne grosse Geräuschbildung nach einer gewissen Strecke auflöst.

Bei wechselnden Betriebsbedingungen folgt die Länge der Dampfsäule und damit die direkte Kondensationsfläche in einfacher Weise diesen Änderungen, ohne dass hierdurch die Stabilität der Dampfsäulen leidet. Hierdurch ergibt sich eine ausgezeichnete Regelcharakteristik, ohne dass es hierzu bewegter Teile bedarf.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die apparativen Wärmeaustauschflächen, beispielsweise die Rohrbündel, relativ klein gehalten werden können, da ein Teil der Wärmeaustauschflächen durch die Grenzfläche zwischen Dampfsäule und zu erwärmendem Medium gebildet wird. Dabei ist sowohl Gleichstrombetrieb als auch Gegenstrombetrieb möglich. Dem Nachteil des Gegenstrombetriebs gegenüber dem Gleichstrombetrieb, dass wegen des beigemischten Kondensats mit relativ wärmerer Flüssigkeit gekühlt werden muss, steht der Vorteil der bei Gegenstrom grösseren mittleren Temperaturdifferenz gegenüber. Ob die Vor- oder Nachteile überwiegen, kann im Bedarfsfall rechnerisch ermittelt werden.

Bei geraden Rohren lässt sich eine besonders grosse Packungsdichte erzielen, was ein grosses Verhältnis von Dampfaustrittsflächen zur Querschnittsfläche der strömenden Flüssigkeit ergibt. Dabei stellen sich bezogen auf den Apparatequerschnitt hohe Werte für die direkte Kondensationsfläche zwischen Dampf und Flüssigkeit und damit für die Kondensationsleistung ein.

Bei der Ausbildung des offenen Kondensators können je nach Bedarf hinsichtlich Material und Geometrie die verschiedensten Forderungen erfüllt werden. Die Wärmetauschelemente können zylindrisch oder kastenförmig sein. Innerhalb des Bündels kann eine Zwangsumlenkung der Flüssigkeitsströmung vorgenommen werden. Es ist prinzipiell auch möglich, die Flüssigkeit durch die Wärmetauschelemente zu schicken und den Dampf um die Elemente herum zu führen; durch die mit Flüssigkeit beschickten Austauschelemente kann so auch eine Führung des Dampfes erreicht werden; in diesem Fall treten die Dampfsäulen aus dem Mantelbereich aus und werden von entsprechenden Flüssigkeitssäulen aus den Wärmetauschelementen umgeben.

Um eine hohe Leistung zu erreichen, muss der Dampf in eine strömende Flüssigkeit eingeleitet werden. Normalerweise sind dazu eine Pumpe und entsprechende Leitelemente um die Wärmetauschelemente (vielfach identisch mit den Gehäuse) erforderlich. Es kann aber auch eine Konvektions-

strömung ausreichend sein. Da der Zustand, wo die Dampfsäule senkrecht nach oben bzw. nach unten austritt, am stabilsten ist, wird eine senkrechte Anordnung der Wärmetauschelemente bevorzugt. Bei sehr langen Wärmetauschelementen kann ein Abstützen gegeneinander erforderlich werden, um ein Aneinanderschlagen oder Durchhängen der einzelnen Elemente zu vermeiden. Auch ein Siebgewebe kann diese Aufgabe übernehmen.

Um eine wirbelarme Strömung an den Enden der Wärmetauschelemente zu erreichen, ist es zweckmässig, die Enden anzufasen. Besonders bei dickwandigen Rohren ist eine Innenfase oder Aussenfase zweckmässig.

Der grösste Regelbereich und die grösste Dampfleistung lassen sich bei senkrechtem Einbau und einer Dampfführung von oben nach unten erzielen.

Die Vorrichtung lässt sich kostengünstig aus Normrohrleitungsteilen herstellen; sie sind auch in Edelstahlqualität verfügbar. Die Rohrböden können aus Normflanschen auf NC-Maschinen hergestellt werden. Der Apparat kann gegebenenfalls auch ohne eigenes Gehäuse in ein entsprechendes Rohrleitungssystem eingeschoben werden.

Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und im folgenden weiter beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einseitig offener Rohrbündelkondensator;
Fig. 2 einseitig offener Flachkammerkondensator;
Fig. 3 Dampfanwärmer im Gegenstrombetrieb;
Fig. 4 Dampfanwärmer im Gleichstrombetrieb;
Fig. 5 eckiger Flachkammerkondensator;
Fig. 6 Schnitt durch den oberen Teil des Einsatzes eines Kondensators nach Fig. 5;
Fig. 7 offener Rohrbündelkondensator in einem Behälter.

Der offene Rohrbündelkondensator, wie er in Fig. 1 schematisch dargestellt ist, besteht im wesentlichen aus einem Einsteckrohrbündel 1, das in ein Gehäuse 2 ragt. Der obere Teil des Apparates hat grosse Ähnlichkeit mit einem klassischen Wärmetauscher. In den Raum um die Rohre 3 tritt durch den seitlich am Gehäuse angebrachten Stutzen 4 die Flüssigkeit ein oder aus. Der wesentliche Unterschied tritt am unteren Bereich des Apparates auf. Die Rohre 3 enden nicht wie oben in einem Rohrboden 5, sondern münden frei. Dampf wird über den Stutzen 7 eingespeist. Tritt die Flüssigkeit bei 4 ein und bei dem Stutzen 6 aus, herrscht Gleichstrombetrieb, tritt sie bei 6 ein und bei 4 aus, Gegenstrombetrieb. Unabhängig davon, ob im Gleich- oder Gegenstrombetrieb gefahren wird, können bei geringen Temperaturdifferenzen zwischen Flüssigkeit und Dampf aus den Rohren 3 recht stabile Dampfsäulen 8 in die Flüssigkeit ragen.

Senkrecht stehende Rohrbündel 1 sind bevorzugt. Eine besonders kompakte Dampfsäule erhält man bei einem Dampfeintrag von oben nach unten; im umgekehrten Fall wird die Dampfsäule stärker in die Länge gezogen.

Die Rohre 3 können stumpf auslaufen; um möglichst wenig Wirbel zu erzeugen, kann es vorteilhaft sein, die Rohre innen oder aussen anzufasen.

Fig. 2 zeigt ein anders ausgebildetes Rohrbündel 1. Anstelle gerader zylindrischer Rohre wie in Fig. 1 sind hier Flachkammern vorhanden. Bei einem längeren inneren Rohrbündel kann es sinnvoll sein, Stützgewebe zur Verbesserung der mechanischen Stabilität zu verwenden oder Schikanen zur Umlenkung der Strömung um die Rohre; sie sind hier nicht gezeichnet. Zum Ende des Rohrbündels hin sollte jedoch die Strömung um die Rohre weitgehend parallel und wirbelarm zu den Rohren verlaufen. Da die Druckunterschiede innerhalb und ausserhalb der Flachkammer sehr gering sind, kann die Wanddicke sehr niedrig sein.

Typische Anwendungsfälle sind in den Fig. 3 und 4 dargestellt. Gleiche Merkmale tragen in beiden Figuren gleiche Bezugszeichen. In Fig. 3 wird der Dampfanwärmer 20 im Gegenstrom, in Fig. 4 im Gleichstrom zur Beheizung eines Rührwerksbehälters 21 betrieben. Das Wasser 22 im Heizmantel 23 des Rührwerksbehälters 21 wird über Rohrleitungen 24 durch die Kreiselpumpe 25 umgewälzt und dabei durch den Anwärmer 20 gefördert. Zur Temperaturerhöhung öffnet die Kaskadentemperaturregelung 26 das Ventil 27, und Dampf 28 strömt in den Anwärmer 20 ein. Eine Druckhalteregelung 29 hält den Druck im System konstant, indem sie überschüssiges Kondensat (evtl. auch Kühlwasser) über das Ventil 30 ausschleust. Soll die Produkttemperatur im Rührwerksbehälter 21 gesenkt werden, so schliesst die Temperaturregelung 26 das Dampfventil 27 und öffnet das Kühlwasserventil 31.

Mit dem beschriebenen Anwärmen wird eine Geräuschbildung beim Einleiten von Dampf in Flüssigkeit praktisch vermieden, da es mit diesen Apparaten möglich ist, die sonst übliche Blasenbildung mit unvermeidlicher Kavitation zu unterdrücken. Durch die Abkühlung des Dampfes in den Wärmetauschelementen wird die Dampfgeschwindigkeit erheblich reduziert, bzw. es tritt zu Beginn eines Aufheizvorgangs ohnehin nur Kondensat aus den Rohrenden aus. Aber auch dann, wenn der Dampf noch nicht innerhalb des Rohrs kondensiert und Dampfsäulen 8 in die Flüssigkeit hineinreichen, bildet sich ein stabiler stationärer Zustand ohne Kavitationsschläge aus. Aus diesen Gründen sollen die Rohre 3 des Rohrbündels 2 eine hohe Wärmeleitung haben; Kunststoffrohre, die gelegentlich auch zur Lärmminderung vorgeschlagen worden sind, wären weniger geeignet. Gerade, gleich lange Rohre haben sich am besten bewährt. Ein Anwärmer, wie in Fig. 1 dargestellt, wurde beispielsweise mit 132 Röhrchen aus Edelstahl bestückt; die Wanddicke eines Röhrchens betrug 1 mm, der Durchmesser 6 mm und die Länge 800 mm. Das Gehäuse, ebenfalls aus Edelstahl, hatte die Nennweite 100. Mit einem solchen Anwärmer wurde ein 10 m^3-Rührwerksbehälter über Druckwasserheizkreisläufe durch Eintrag von 400 kg Wasserdampf/h aufgeheizt. Die Wasserumlaufmenge lag bei ca. 25 m^3/h, die Wassertemperatur vor der Dampfeinleitung 25°C, die maxi-

mal zugelassene Wasserumlauftemperatur betrug 130° C, der Wasserüberdruck am Eingang zum Anwärmer 4,2 bar, der Dampfüberdruck 5 bar. Der Lärmpegel im Betrieb lag bei 70 dBA. Durch die Dampfeinleitung wurde er nicht messbar erhöht. Dagegen werden mit einem Dampfstrahler üblicher Bauart und etwa vergleichbarer Leistung zu Beginn des Heizvorganges ein Lärmpegel von 98 dBA und am Ende des Aufheizvorgangs immer noch ein Lärmpegel von 80 dBA gemessen. Vorteilhaft bei dem erfindungsgemässen Anwärmer ist auch noch der relativ geringe flüssigkeitsseitige Druckverlust und das sehr grosse Dampfregelverhältnis. Bei dem oben beschriebenen Anwärmer betrug der Druckverlust ohne Dampfeintrag weniger als 0,1 bar; bei konventionelle Anwärmern liegt er bei 0,6 bar. Das zulässige Dampfregelverhältnis beträgt nach Herstellerangaben 1:7, in Spezialausführungen bis 1:60. In dem oben beschriebenen Fall variierte der Dampfeintrag zwischen 0 und 400 kg/h; das Dampfregelverhältnis ist also praktisch unendlich. Über ein vergrössertes Ventil wurde auch ein Dampfeintrag von 1200 kg/h erreicht, ohne dass der Lärm angestiegen ist. Es ist damit noch nicht die Obergrenze der Leistung erreicht worden.

In den Fig. 5 und 6 ist eine andere Form der erfindungsgemässen Vorrichtung dargestellt. Es handelt sich dabei um ein Flachkammerbündel 40, ähnlich wie in Fig. 2, in einem rechteckigen Gehäuse 41. Der Dampf tritt seitlich durch den Flansch 42 ein und die Flüssigkeit durchströmt das Gehäuse 41 im Gleichstrom von oben 43 nach unten 44 bzw. im Gegenstrom von 44 nach 43.

Einzelheiten der Wärmetauschelemente sind in Fig. 6 im Schnitt dargestellt. Der Dampf tritt beim Flansch 42 in den Käfig 45 ein; dieser hat die Funktion, die Flachkammerwärmetauscherelemente 46 zu tragen und für die Dampfverteilung zu sorgen. Innerhalb der Flachkammern 46 sind Ringe 44 eingebaut, die ein Zusammenpressen der Flachkammern verhindern sollen, aber den Durchtritt von Dampf ermöglichen. Zwischen den Flachkammern 46 sind wiederum Ringe 48 um einen Mindestabstand zwischen den Flachkammern 46 zu gewährleisten. Die selbe Funktion haben auch Noppen 49 aussen an den Flachkammern. Darüber hinaus dienen diese Noppen 49 noch der Verbesserung des Wärmeübergangs. Mit dem Joch 50 werden die Flachkammern und die Ringe zusammengepresst.

Nach Fig. 7 kann ein Rohrbündelkondensator auch zum Anwärmen ohne Zwangsumwälzung betrieben werden. Durch Dampfeinspeisung über den Flansch 60 wird kühlere Flüssigkeit durch die Öffnungen 61 unten an dem Gehäuse 62, in das die oben offenen Wärmetauschelemente 63 reichen, angesaugt. Es kommt zu einer Konvektionsströmung. Auch hier können sich stabile Dampfsäulen bilden, die von den Wärmetauschelementen 63 ausgehend nach oben in die Flüssigkeit reichen. Um eine Wirbelbildung zu vermeiden, wodurch Blasen aus den Dampfsäulen herausgerissen werden könnten, sollten in der Nähe der Enden der Wärmetauschelemente Dampf und Flüssigkeitsströme grundsätzlich parallel geführt werden. Der Dampf sollte möglichst senkrecht in die Flüssigkeit strömen. Bei einer waagerechten Dampfsäule wird das Ende der Säule aufgrund der geringeren Dampfdichte nach oben weggebogen, wobei zumindest bei grossen Dampfleistungen und damit langen Dampfsäulen Dampfblasen aus den Säulen herausgerissen werden und kavitieren können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum geräuscharmen Einbringen grosser Dampfmengen in eine strömende Flüssigkeit zu deren Erwärmung, bei dem der Dampf durch Wärmetauschelemente eines Wärmetauschers geführt wird, in denen die Flüssigkeit zumindest am Austrittsende des bzw. der Wärmetauschelemente im wesentlichen achsparallel zu diesem bzw. diesen geführt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampf und die Flüssigkeit solchen Temperatur- und Strömungsbedingungen ausgesetzt werden, dass der austretende Dampf in Form von sich an die Wärmetauschelemente anschliessenden, zusammenhängenden, stabilen Dampfsäulen in die Flüssigkeit parallel zur Strömung hineinreicht.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem Wärmeaustauschelemente aufweisenden Wärmetauscher, in dem die Flüssigkeit zumindest am Austrittsende des bzw. der Wärmeaustauschelemente im wesentlichen achsparallel zu diesem bzw. diesen geführt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeaustauschfläche und die Öffnungen des bzw. der Wärmeaustauschelemente (3, 46, 63) so ausgebildet sind, dass der austretende Dampf in Form von sich an die Wärmeaustauschelemente (3, 46, 63) anschliessenden, zusammenhängenden, stabilen Dampfsäulen (8) in die Flüssigkeit parallel zur Strömung hineinreicht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Dampfsäulen (8) senkrecht in die Flüssigkeit hineinreichen.

Claims

1. Method for the low-noise introduction of large quantities of steam into a flowing liquid in order to heat the latter, wherein the steam is conducted through heat exchange elements of a heat exchanger wherein the liquid at least at the outlet end of the heat exchange element or elements is conducted substantially axially parallel to said element or elements, characterised in that the steam and the liquid are subjected to such temperature and flow conditions that the issuing steam extends into the liquid parallel to the flow and in the form of coherent stable columns of steam extending downstream from the heat exchange elements.

2. Apparatus for carrying out the method according to Claim 1, with a heat exchanger which

has heat exchange elements and in which the liquid at least at the outlet end of the heat exchange element or elements is conducted substantially axially parallel to the said element or elements, characterised in that the heat exchange surface and the openings of the heat exchange element or elements (3, 46, 63) are so constructed that the issuing steam extends into the liquid parallel to the flow and in the form of coherent stable columns of steam (8) extending downstream from the heat exchange elements (3, 46, 63).

3. Apparatus according to Claim 2, characterised in that the steam columns (8) extend vertically into the liquid.

Revendications

1. Procédé pour introduire avec peu de bruit de grandes quantités de vapeur dans un liquide qui s'écoule en vue de le chauffer, qui consiste à faire passer la vapeur dans des éléments d'échange de chaleur d'un échangeur de chaleur, dans lesquels le liquide est conduit, au moins à l'extrémité de sortie de l'élément d'échange de chaleur ou des éléments d'échange de chaleur, sensiblement parallèlement à l'axe de celui-ci ou de ceux-ci, caractérisé en ce qu'il consiste à soumettre la vapeur et le liquide à des conditions de température et d'écoulement telles que la vapeur, qui sort sous forme de colonnes de vapeur stables, continues et se raccordant aux éléments d'échange de chaleur, arrive dans le liquide en étant parallèle au courant.

2. Installation pour la mise en œuvre du procédé suivant la revendication 1, comprenant un échangeur de chaleur présentant un élément d'échange de chaleur dans lequel le liquide est conduit au moins à l'extrémité de sortie de l'élément d'échange de chaleur, sensiblement parallèlement à l'axe de celui-ci ou de ceux-ci, caractérisée en ce que les surfaces d'échange de chaleur et les ouvertures de l'élément d'échange de chaleur, ou des éléments d'échange de chaleur (3, 46, 63), sont agencées de manière que la vapeur, qui sort sous forme de colonnes de vapeur (8) stables, continues et se raccordant aux éléments d'échange de chaleur, arrive dans le liquide en étant parallèle à l'écoulement.

3. Installation suivant la revendication 2, caractérisée en ce que les colonnes de vapeur (8) arrivent verticalement dans le liquide.

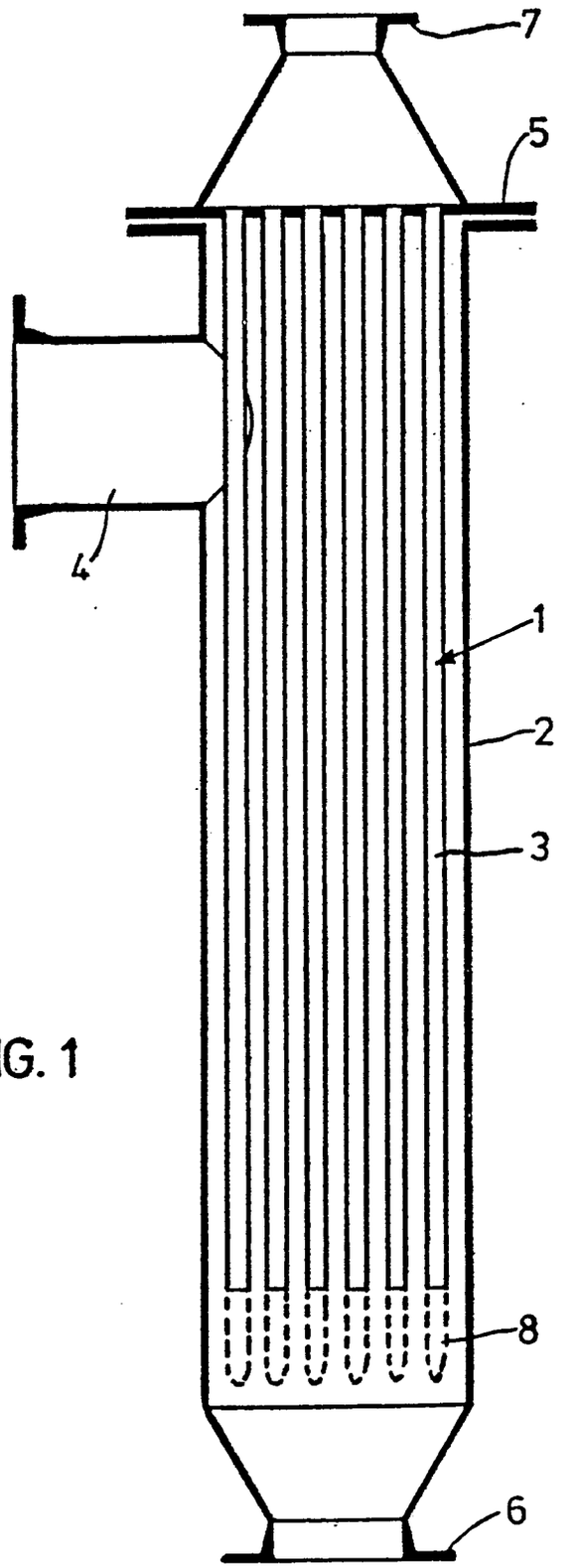


FIG. 1

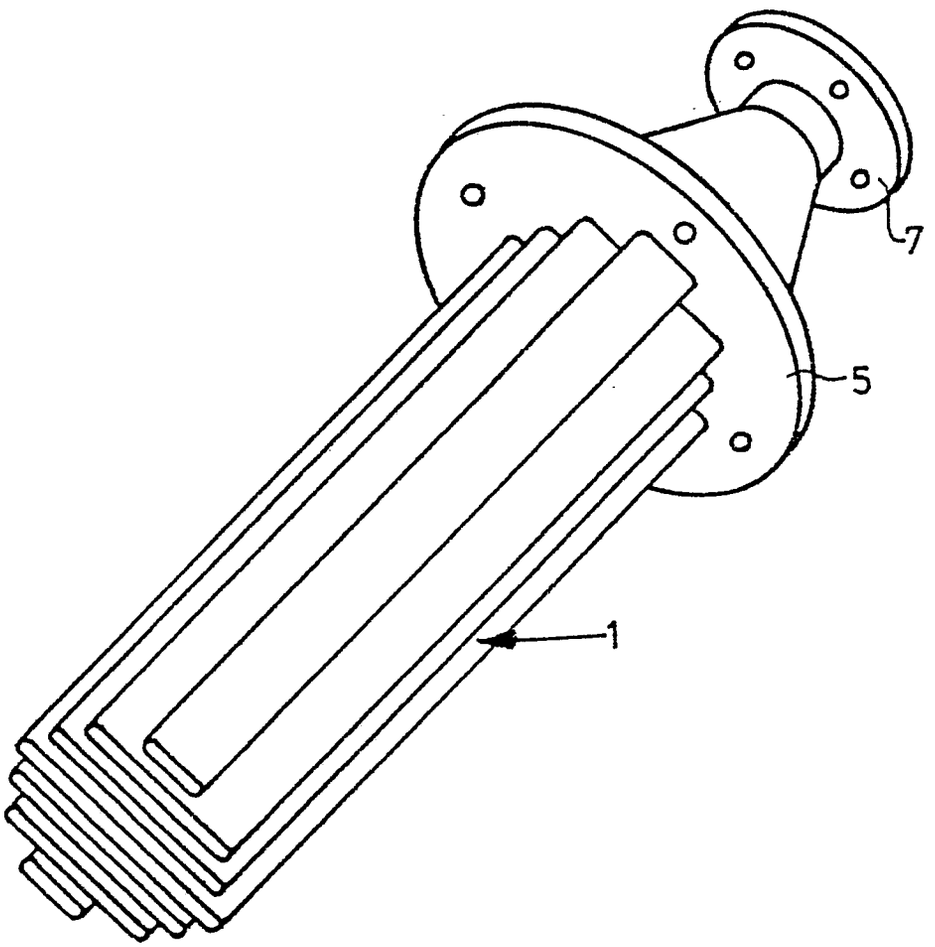


FIG. 2

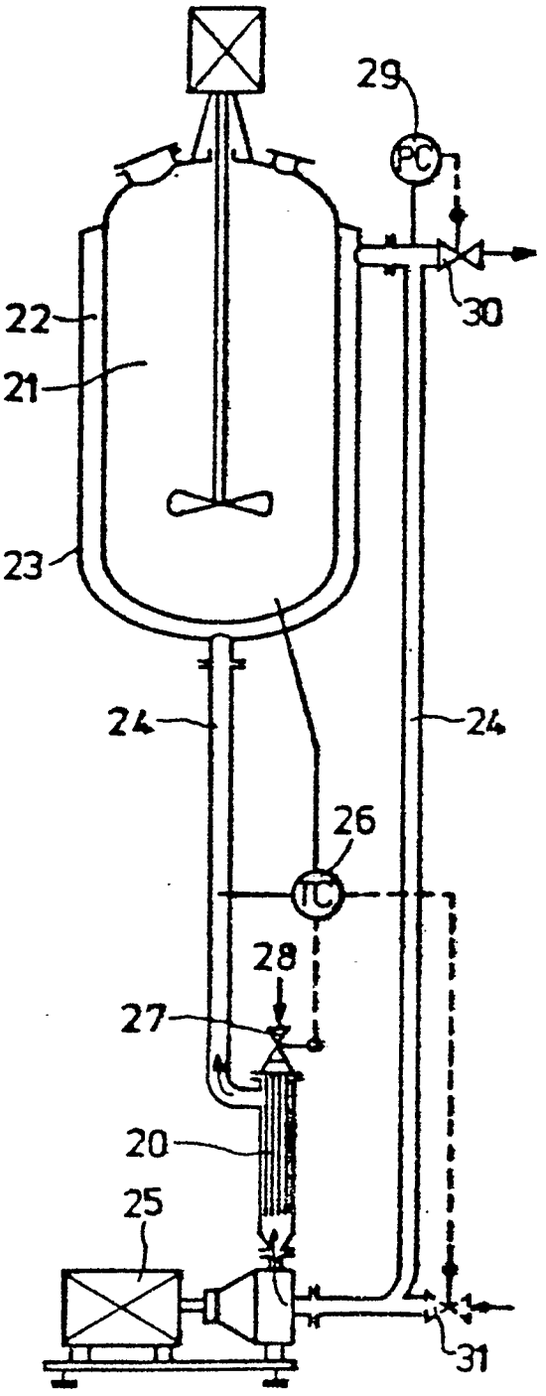


FIG. 3

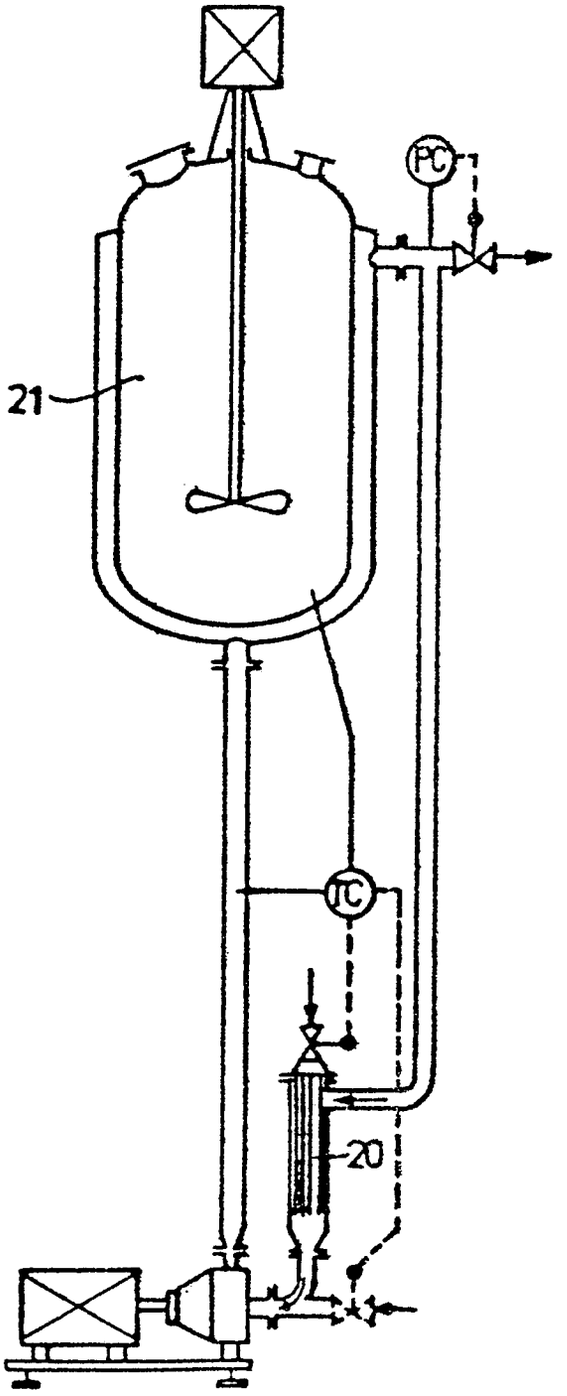


FIG. 4

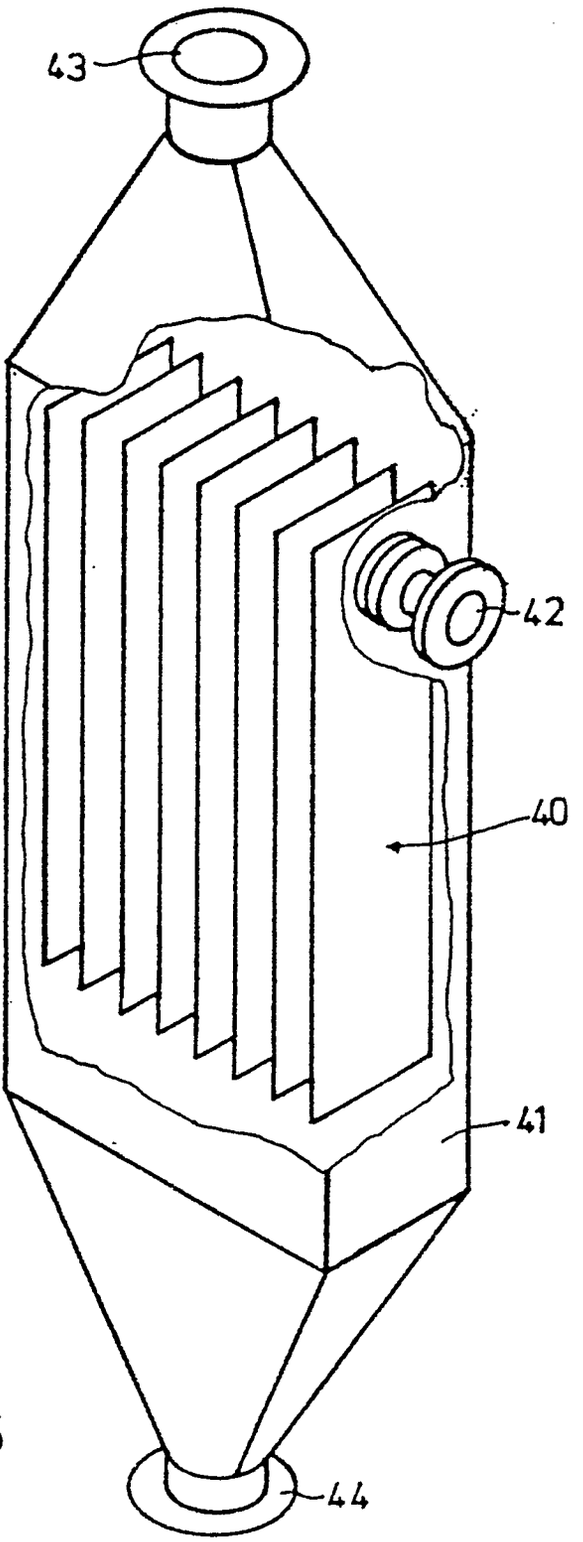


FIG. 5

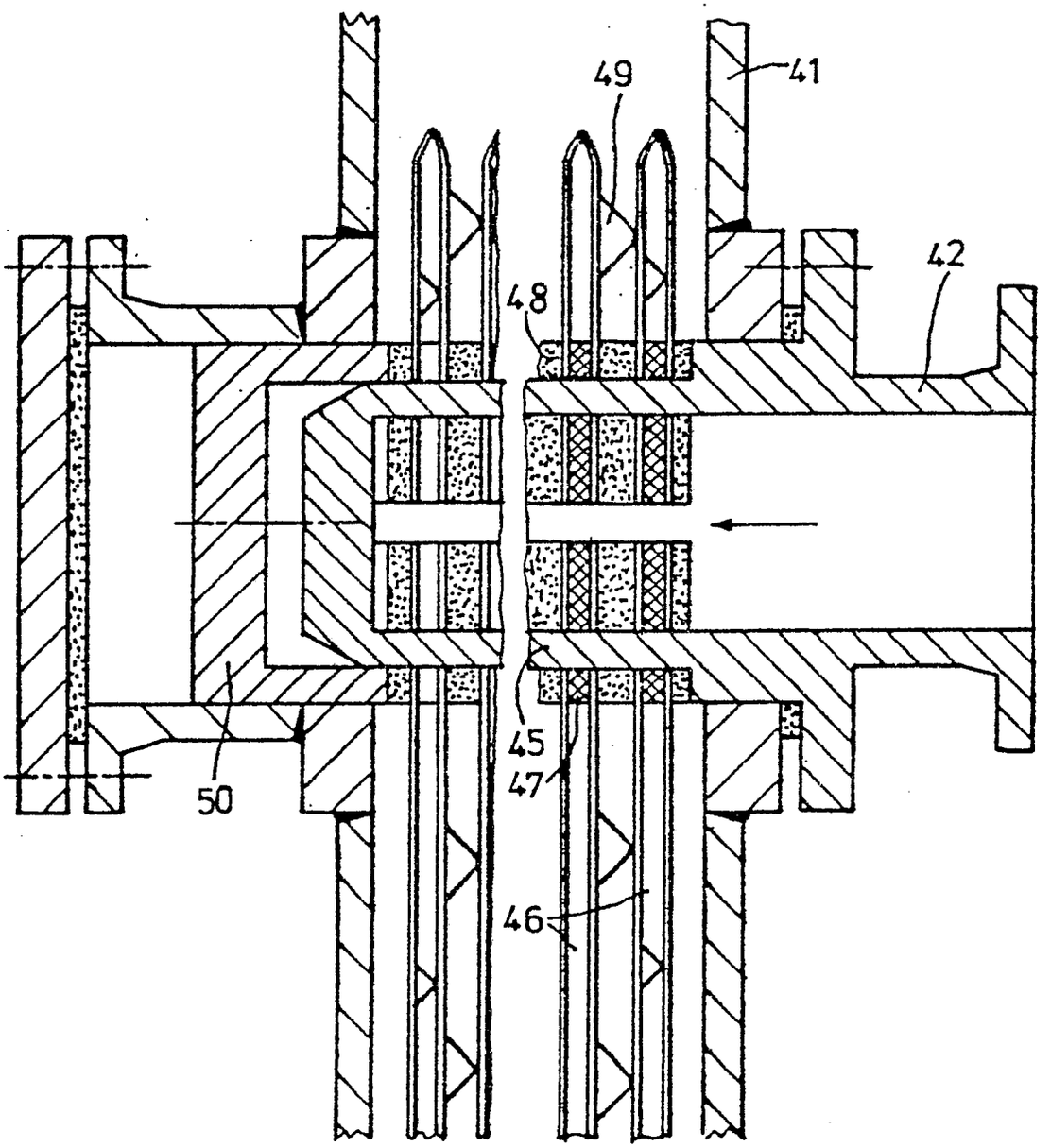


FIG. 6

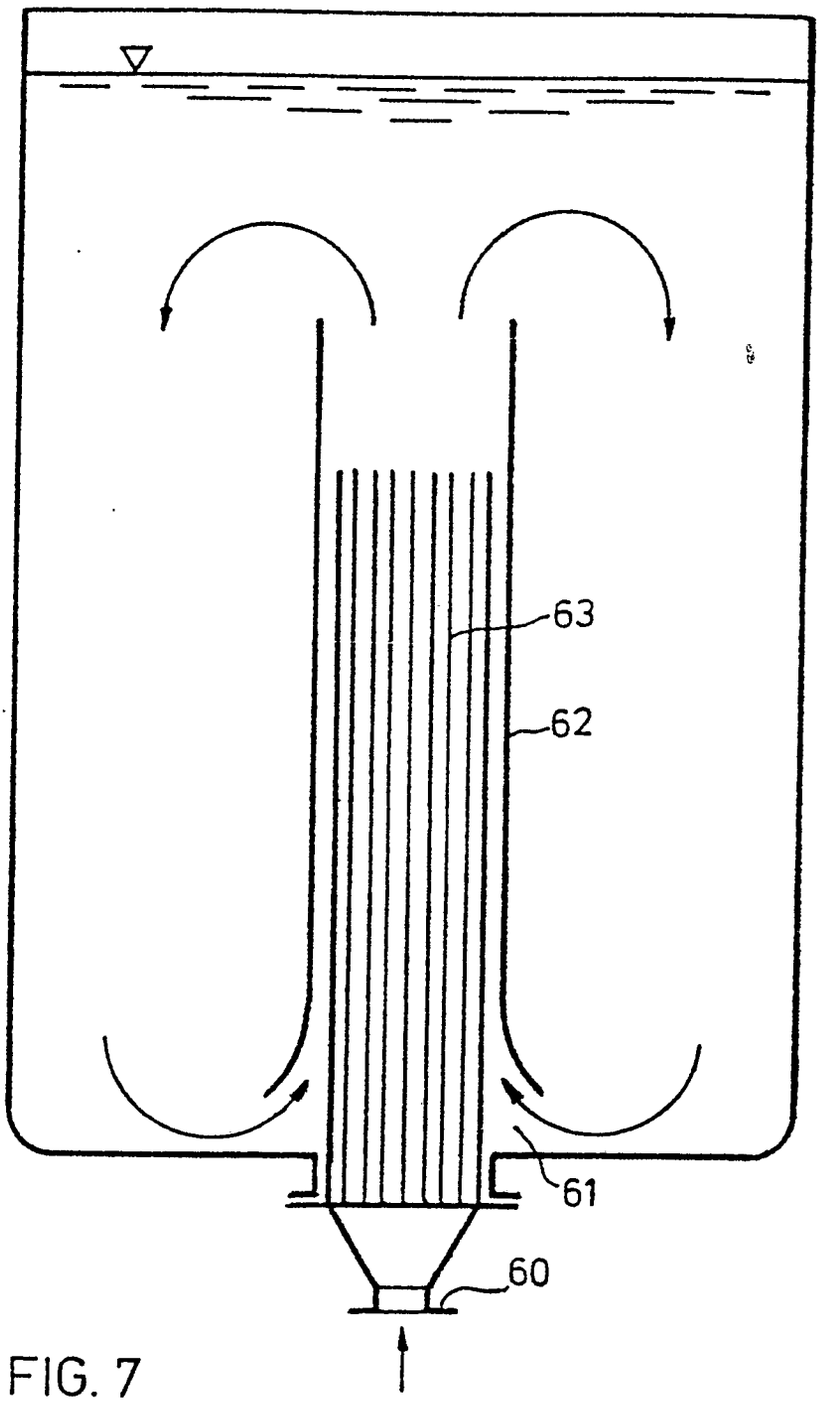


FIG. 7