

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 721 027 A2

(51) Int. Cl.: H05B 3/00 (2006.01)
F24H 3/00 (2022.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 001066/2023

(22) Anmeldedatum: 28.09.2023

(43) Anmeldung veröffentlicht: 28.02.2025

(30) Priorität: 11.08.2023 CH 000864/2023

(71) Anmelder:
Synhelion SA, Via Cantonale 19
6900 Lugano (CH)

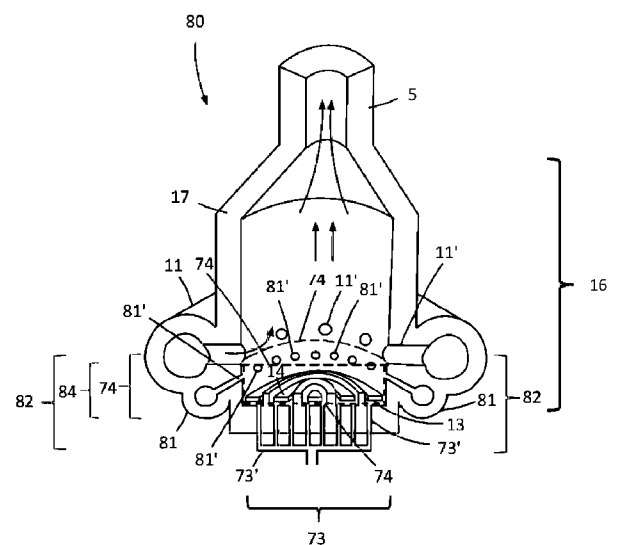
(72) Erfinder:
Gianluca Ambrosetti, 6925 Gentilino (CH)
Philipp Good, 8006 Zürich (CH)

(74) Vertreter:
Stump und Partner Patentanwälte AG, Zimmergasse 16
8008 Zürich (CH)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum elektrischen Heizen eines Stroms von Wärme transportierendem Fluid

(57) Das erfindungsgemässe Verfahren sieht vor, in einer elektrischen Heizeinrichtung (80) ein Fluid über die Infrarotstrahlung einer strahlenden Oberfläche zu erwärmen. Die Heizeinrichtung (80) weist dazu eine Widerstands-Heizelementanordnung auf, mit Widerstands-Heizelementen (13), deren Oberflächen die strahlende Oberfläche bilden und Infrarotstrahlung in einen Absorberraum (16) abgeben, welcher vor zu erwärmenden Fluid durchströmt ist. Das Fluid weist ein Infrarotlicht absorbierendes Gas auf und erwärmt sich durch Absorption der Infrarotstrahlung. Bei hohen Temperaturen wirken nicht inerte Gase, d.h. ein nicht inertes Fluid korrosiv auf die Widerstands-Heizelemente (13). Eine Schutzgasanordnung (82) verhindert den Kontakt von korrosivem Fluid mit den Widerstands-Heizelementen (13).

Ferner betrifft die Erfindung eine elektrische Heizeinrichtung (80).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur elektrischen Erwärmung eines ein IR absorbierendes Gas aufweisendes, Wärme transportierenden Fluids auf wenigstens 800° C.

[0002] Prozesswärme mit einer Temperatur von 800° C oder darüber, bis zu 1300° C wird in vielen Bereichen eingesetzt. Der Transport solcher Prozesswärme erfolgt häufig über ein Wärme transportierendes Fluid. Die Prozesswärme wird vergleichsweise selten in Solarkraftwerken und regelmässig durch elektrische Heizsysteme erzeugt.

[0003] Im Bereich der Solarkraftwerke werden Receiver verwendet, die Temperaturen von 1300° C erreichen sollen, wobei die Sonnenstrahlung in die Struktur eines Absorbers eintritt, diese in ihrer Tiefe aufheizt und so über Konvektion das durch sie hindurchtretende Fluid erwärmt. Dabei ergibt sich in der Absorberstruktur eine kaum prognostizierbare unregelmässige Wärmeverteilung, verbunden mit mechanischen Problemen und ungleichmässiger Erwärmung des Fluids, wobei eine wetterabhängige, wechselnde Sonnenstrahlung diese Nachteile verstärken kann. Dadurch ist im Bereich der Receiver vorgeschlagen worden, vermehrt Absorption zur Erwärmung des Fluids einzusetzen, mit dem Vorteil, dass sich ein einfacherer Aufbau des Receivers ergibt und eine unregelmässige Wärmeverteilung mit ungleichmässiger Erwärmung des Fluids gemildert wird.

[0004] Neben den eher seltenen, standortgebundenen bzw. wetterabhängigen Solarkraftwerken werden weit verbreitet elektrische Heizungssysteme für die Erwärmung von Gasen, die als Wärme transportierendes Fluid verwendet werden, eingesetzt, wobei standardmässig die an sich mögliche Absorption zur Übertragung der Wärme vermieden und bewusst erzwungene Konvektion eingesetzt wird, wie dies beispielsweise in der US 8 119 954 offenbart ist. Die Konstruktion dieser aufwendigen Heizungssysteme hat viele Vorteile, ist ausgereift, wobei mechanische Probleme bzw. die Wärmeverteilung im Fluid durch den Fachmann konstruktiv grundsätzlich beherrscht werden. Der Betrieb dieser elektrischen Heizsysteme soll auch bei Temperaturen von beispielsweise 1300° C weiter keine Probleme stellen, wobei aber bei solchen Temperaturen zunehmend die Gefahr besteht, dass das Fluid die Heizungssysteme korrodiert, da die Korrosion nicht nur von der Paarung des Materials für die elektrischen Heizelemente und dem Wärme transportierenden Fluid, sondern auch von der Temperatur abhängt.

[0005] Nachteilig ist den elektrischen Heizungssystemen des Stands der Technik damit, dass bei höheren Temperaturen, schon ab 800° C und generell über 1000° C hinaus, das notwendigerweise elektrisch leitfähige Material der Widerstands-Heizelemente leicht oxidiert, also nur noch inerte bzw. bei diesen Temperaturen für ein jeweiliges Material nicht korrosive Gase als Wärme transportierendes Fluid erwärmt werden können.

[0006] Entsprechend ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur elektrischen Erwärmung von beiden, nicht korrosiven und auch korrosiven Gasen, wie beispielsweise Wasserdampf, auf wenigstens 800° C sowie eine entsprechende elektrische Heizeinrichtung bereit zu stellen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 oder durch eine elektrische Heizeinrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 17 gelöst.

[0008] Dadurch, dass das Wärme transportierende Fluid ein infrarot absorbierendes Gas aufweist und in einem Absorberaum der Infrarotstrahlung einer elektrischen Heizeinrichtung ausgesetzt wird, erfolgt die Wärmübertragung überwiegend durch Absorption, mit der Folge, dass eine konstruktive vorteilhaft vereinfachte elektrische Heizeinrichtung zur Verfügung steht, welche wiederum erlaubt, diese modular mit nur kleinem weiteren konstruktiven Aufwand mit einer Schutzgasanordnung für die Widerstands-Heizelemente derart zu versehen, dass sie für ein korrosives, Wärme transportierendes Fluid auch im industriellen Massstab verwendbar ist.

[0009] Über die gestellte Aufgabe hinaus ist es erfindungsgemäss auch möglich, Temperaturen bis hin zu 1400 C, 1600 C oder mehr zu erreichen, für die bisher elektrische Heizeinrichtungen für den praktischen, auch industriellen Gebrauch nicht erhältlich sind, auch nicht für nicht korrosive Gase.

[0010] Es ergibt sich, dass erfindungsgemäss nicht korrosives Gas wie CO₂ und auch korrosives Gas wie Wasserdampf auf Temperaturen von mehr als 800° C bis hin zu den oben genannten Temperaturen erwärmt werden können, wobei für korrosives Gas ein Verfahren bzw. eine Ausbildung der Heizeinrichtung nach den Merkmalen der Ansprüche 5 und 27 vorteilhaft ist. Weitere bevorzugte Ausführungsformen weisen die Merkmale der übrigen abhängigen Ansprüche auf.

[0011] Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren noch etwas näher beschrieben.

[0012] Es zeigt:

Figur 1 schematisch einen bekannten Kreislauf, in dem ein Wärme transportierendes Fluid zirkuliert und durch eine elektrische Heizeinrichtung erwärmt wird,

Figur 2 schematisch eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen elektrischen Heizeinrichtung,

Figur 3a bis 3e schematisch verschiedene Ausführungsformen einer erfindungsgemässen elektrischen Heizeinrichtung,

Figur 4 schematisch eine für ein korrosives Gas modifizierte Ausführungsform der elektrischen Heizeinrichtung,

Figur 5 schematisch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemässen elektrischen Heizeinrichtung für korrosives Gas,

Figur 6 schematisch eine weitere Ausführungsform einer elektrischen Heizeinrichtung, und

Figur 7 schematisch ein Verfahren zur Abtrennung von Schutzgas, das in einem Kreislauf von Wärme transportierendem Fluid einer erfindungsgemässen elektrischen Heizeinrichtung für korrosives Gas vorhanden ist.

[0013] Figur 1 zeigt schematisch einen als solchen bekannten Kreislauf für ein Wärme transportierendes Fluid mit einer Fluid-Transportleitung 1, in der ein Wärme transportierendes Fluid in Pfeilrichtung transportiert, in einer Anordnung zur Erwärmung des Fluids, hier einer erfindungsgemässen elektrischen Heizeinrichtung 2, auf wenigstens 800° C erwärmt und zu einem Verbraucher 3 geführt wird, wo es seine Wärme wieder abgibt und danach zurückgeführt zur Heizeinrichtung 2 zur erneuten Erwärmung wieder in diese gelangt. Der Verbraucher 3 seinerseits verwendet die erhaltene Wärme als Prozesswärme, die dann dessen In- und Output erlaubt, wie er dem Fachmann bekannt ist und durch die beim Verbraucher 3 eingezeichneten Pfeile symbolisiert ist. Die elektrische Heizeinrichtung 2 weist einen Fluid-Zufuhranschluss 4 für das kalte Fluid (mit der Temperatur T_u) und einen Fluid-Abgabeanschluss 5 für das warme Fluid (mit der Temperatur T_o) auf, zudem elektrische Leitungen 6, 6' zur Versorgung mit dem für die Erwärmung des Fluids benötigten Strom von einer symbolisch angedeuteten, geeigneten Stromquelle 7. Es ergibt sich, dass bevorzugt das Wärme transportierende Fluid in einem Kreislauf geführt wird, in dem sich die Anordnung zur Erwärmung des Fluids 2 und ein Verbraucher 3 für die Wärme des erwärmten Fluids befinden.

[0014] Es sei angemerkt, dass das erfindungsgemässe Verfahren bzw. elektrische Heizeinrichtung nicht auf die Anwendung in einem Fluidkreislauf beschränkt ist, obschon dies Hauptanwendungsfall betrifft.

[0015] Figur 2 zeigt einen Schnitt durch eine erfindungsgemässe, als elektrische Heizeinrichtung 10 ausgebildete Anordnung zur Erwärmung eines Wärme transportierenden Fluids, mit ihrem Fluid-Zufuhranschluss 4 und einer Fluid-Sammelöffnungen 11' aufweisenden, hier als Ringleitung 11 ausgebildeten Sammelleitung, die als Sammler für erwärmtes Fluid dient und in einen zur Entlastung der Figur weggelassenen Fluid-Ausgabeanschluss 5 (Figur 1a) führt.

[0016] Eine Infrarot-Strahlungseinrichtung ist wie folgt als Widerstands-Heizelementanordnung 12 ausgebildet (nachstehend wird für Infrarot die Abkürzung „IR“ verwendet): bevorzugt konzentrisch angeordnete Widerstands-Heizelemente 13 erwärmen sich im Betrieb, d.h. bei aktivierter Stromquelle 7, auf eine Temperatur mehr als 800° C, bis hin zu beispielsweise 1200° C, 1400° C, 1600° C, 1800° C oder mehr und geben damit nach dem Schwarzkörpermodell der Physik über ihre Oberfläche 14 die durch die Pfeile symbolisierte IR-Strahlung 15 ab.

[0017] Die IR-strahlende Oberfläche 14 gebildet durch die einzelnen Oberflächen der Heizelemente 13 sind in einen Absorberraum 16 hinein gerichtet, der sich über eine Länge vom einen Ende, hier dem Zufuhranschluss 4, bis zum anderen Ende, hier der Widerstands-Heizelementanordnung 12 erstreckt, quer zu seinen Enden eine diese verbindende Seitenwand 17 aufweist, die hier einen zylindrischen und einen konischen Abschnitt aufweist. Der Absorberraum 16 wird in Richtung der Pfeile 18 vom Fluid durchströmt. Damit bildet die Widerstands-Heizelementanordnung 12 über die Widerstands-Heizelemente 13 eine IR-Strahlungseinrichtung, die eine dem Absorberraum 16 zugewendete, IR strahlenden Oberfläche 14 aufweist. Die IR-strahlende Oberfläche 14 ist mit anderen Worten ausgebildet, im Betrieb die von der Widerstands-Heizelementanordnung 12 generierte Wärme möglichst vollständig als IR-Strahlung 15 in den Absorberraum 16 abzugeben.

[0018] Das den Absorberraum 16 vom Zufuhranschluss 4 her mit einer Eingangstemperatur T_u (die beispielsweise bei 600° C oder in einem anderen Temperaturbereich liegen kann) in Richtung der Pfeile 18 durchströmende Fluid weist nun ein IR-absorbierendes Gas auf, das der IR-Strahlung 15 ausgesetzt ist, diese absorbiert und sich damit bis zu den Sammelöffnungen 11' auf eine höhere Ausgangstemperatur T_o erwärmt. Dabei ist es so, dass nahe bei den Widerstands-Heizelementen 13 bzw. der IR strahlenden Oberfläche 14 gelegene Bereiche des IR-absorbierenden Gases einen grossen Anteil der IR-Strahlung 15 absorbieren, sich dadurch erwärmen, dabei selbst entsprechend dem Schwarzkörpermodell IR-Strahlung emittieren und so benachbarte, etwa entgegen der Richtung der Pfeile 18 stromaufwärts zurückliegende Gasbereiche seinerseits erwärmen. Das im Absorberraum 16 vorhandene Fluid kann sich so entgegen der Strömungsrichtung gegen den Zufuhranschluss 4 hin erwärmen.

[0019] Zugleich erwärmt sich auch die Seitenwand 17, teils durch die IR Strahlung 15 der Widerstandsheizelemente 13, teils durch die IR Strahlung des bereits erwärmten IR absorbierenden Gases und emittiert dann ihrerseits nach dem Schwarzkörpermodell IR-Strahlung in den Absorberraum 16 hinein, so dass sie entsprechend ebenfalls zur Erwärmung des Gases beiträgt.

[0020] Als Beispiel dafür sei ein Punkt 17' der Seitenwand 17 genommen, der durch den IR Strahl 15' der IR strahlenden Oberfläche 14 erreicht, somit erwärmt wird und so nach dem Schwarzkörpermodell seinerseits IR Strahlung 15* emittiert, die in den Absorberraum 16 eindringt. Die IR Strahlung 15* erreicht beispielsweise ein Volumenelement 18' des IR absorbierenden Gases im Fluid, wird von diesem absorbiert, worauf das Volumenelement 18' sich erwärmt. Wenn das Fluid neben dem IR absorbierenden Gas ein anderes, nicht IR absorbierendes Gas enthält (z.B. ein Schutzgas, s. die Beschreibung unten) kollidiert das Volumenelement 18' früher oder später mit einem Volumenelement 19' dieses nicht IR

absorbierenden Gases und erwärmt dieses auf der Molekularebene durch den Zusammenstoss der jeweiligen Moleküle. Enthält das Wärme transportierende Fluid also neben dem IR-absorbierenden Gas noch weitere, nicht IR-absorbierende Gase, ist es schliesslich so, dass sich diese durch den Zusammenprall der jeweiligen Moleküle ebenfalls erwärmen, so dass über die IR-Strahlung 15 und die Durchmischung der Gase schliesslich das gesamte Fluid direkt und indirekt durch die Absorption der IR Strahlung 15 erwärmt ist.

[0021] Weiter hat das Fluid notwendigerweise Kontakt mit der warmen Seitenwand 17 und auch mit der auf Grund ihrer hohen Temperatur IR strahlenden Oberfläche 14, so dass auch eine untergeordnete konvektive Erwärmung des Fluids erfolgt (untergeordnet, da sie konstruktiv nicht unterstützt wird - die konstruktive Auslegung der elektrischen Heizeinrichtung 10 ist auf Absorption ausgerichtet).

[0022] Die oben genannten Verhältnisse sind komplex, so dass sich im Betrieb im Absorberraum 16 eine Temperaturverteilung einstellt, die zwar gleichförmig sein kann, aber grundsätzlich aus einem Durcheinander von lokalen, überhitzten oder unterkühlten Gaszonen besteht, die mehr oder weniger durch Absorption der IR Strahlung 15, 15* oder auch durch konvektive Wärmeübertragung an der Wand 17 bzw. der IR strahlenden Oberfläche 14 verursacht sind. Es zeigt sich nun, dass der Wärmeübergang von den Widerstands-Heizelementen 13 zum Fluid effizient erfolgt, wenn der Anteil des Wärmeübergangs durch Absorption erhöht wird, und dass dann ebenso eine wesentlich gleichmässiger Temperaturverteilung im Fluid, wenigstens im Bereich der Sammelöffnungen 11' erreichbar ist. Unter Anderem die Abmessungen des Absorberraums 16 und der IR strahlenden Oberfläche 14 sind bestimmende Parameter dafür.

[0023] Erfindungsgemäss wird also der Wärmeübergang in einer elektrischen Heizeinrichtung 10 von der Zwangskonvektion gemäss dem Stand der Technik (erreicht durch ein hohes Verhältnis der erwärmenden Wandfläche zum zu erwärmenden Fluidvolumen) umgekehrt und eine hohe IR Absorption angestrebt, die erreicht wird durch einen grossen Volumenanteil des zu erwärmenden Fluids im Vergleich zu der das Fluid umgebenden, warmen Wandfläche.

[0024] Unter Berücksichtigung der oben genannten Abmessungen des Absorberraums 16 und der IR strahlenden Oberfläche 14 kann nun der Fachmann die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids als weiteren bestimmenden Parameter derart auf diese Abmessungen abstimmen, dass das Verhältnis χ der Erwärmung des IR absorbierenden Gases durch Absorption von IR Strahlung gegenüber seiner gesamten Erwärmung durch Absorption und Konvektion ≥ 0.5 ist, oder den Wert ≥ 0.6 , bevorzugt ≥ 0.7 , besonders bevorzugt ≥ 0.8 und ganz bevorzugt ≥ 0.9 erreicht. Die Wärmeverteilung im Fluid wird dabei gleichmässig, erfolgt effizient und ist bei den Sammelöffnungen 11' nahezu vollkommen gleichförmig.

[0025] Vorteilhaft ist dabei, dass die Konstruktion der elektrischen Heizeinrichtung 10 einschliesslich der als IR-Strahlungseinrichtung ausgebildeten Widerstands-Heizelementanordnung 12 im Vergleich zu den konventionellen elektrischen Heizeinrichtungen geradezu simpel und entsprechend kostengünstig ist und auch einen relevant kleineren Strömungswiderstand aufweist, der zur Effizienz, d.h. einem höheren Wirkungsgrad, beiträgt.

[0026] Es sei hier angemerkt, dass die Heizleistung der Widerstands-Heizelemente 13 als solche, d.h. der Fluss der IR Strahlung 15, in erster Näherung das Verhältnis χ nur untergeordnet beeinflusst, welches durch die gegenseitige Abstimmung der Abmessungen des Absorberraums 16, der IR-strahlenden Oberfläche 14 und der Strömungsgeschwindigkeit dominiert wird. Sollen aber strengere Spezifikationen betreffend beispielsweise einer gewünschten Ausgangstemperatur T_o eingehalten werden, kann der Fachmann bevorzugt den durch die Heizleistung gegebenen der Fluss der IR - Strahlung in den Absorberraum 16 in die gegeneinander abzustimmenden Grössen als weiteren Parameter mit einbeziehen.

[0027] Die gegenseitige Abstimmung der oben genannten Abmessungen, der Strömungsgeschwindigkeit und gegebenenfalls auch des IR-Flusses in den Absorberraum 16 hinein kann der Fachmann im konkreten Fall durch Simulation oder auch durch Versuche vornehmen. Bevorzugt wird der Fachmann zuerst das Fluid bestimmen, d.h. das IR absorbierende Gas, dann je nach Absorptivität des IR absorbierenden Gases und der Temperaturen T_u und T_o die Abmessungen des Absorberraums 16 und damit auch der IR strahlenden Oberfläche 14 und schliesslich die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids durch den Absorberraum 16 hindurch.

[0028] Mit der oben beschriebenen elektrischen Heizeinrichtung 10 sind Ausgangstemperaturen T_o von, wie oben erwähnt, wenigstens 800° C, aber auch höhere Temperaturen wie wenigstens 1000° C, 1200° C, 1400° C, oder 1600° C oder mehr, nicht nur für kleine Massenströme, sondern auch für industrielle Anwendungen erreichbar. Zur Vermeidung der Korrosion der Widerstands-Heizelemente 13 bzw. ihrer IR strahlenden Oberfläche 14, können deren Werkstoff und die Art der Gase im Fluid aufeinander abgestimmt werden. Bevorzugt weist daher die IR - strahlende Oberfläche beispielsweise eine hochtemperaturfeste Legierung von Eisen, Chrom und Aluminium (APN), Siliziumkarbid oder Molybdändisilizium $MoSi_2$, auf, das Fluid aus Wasserdampf oder Kohlendioxyd oder ein Gemisch davon, oder alternativ weist die Infrarot-strahlende Oberfläche (14) Siliziumkarbid und das Fluid als infrarot absorbierendes Gas Kohlendioxyd CO_2 auf. Sowohl die IR-strahlende Oberfläche als auch das Fluid können auch aus den genannten Materialien bestehen.

[0029] Die oben genannte Legierung aus Eisen, Chrom und Aluminium ist unter der Marke Kanthal[®] APM der Firma Kanthal in Deutschland erhältlich und wird in der Rubrik „Resistance heating wire and resistance wire“ als „powder-metallurgical, dispersion-strengthened, ferritic ironchromium-aluminium alloy (FeCrAl alloy) for use at temperatures up to 1425°C“ bezeichnet. Die erste Materialgruppe von APM, Siliziumkarbid oder Molybdändisilizium ist daher besonders für Fluidtemperaturen bis ca 1200 °C geeignet, die zweite Materialgruppe mit Siliziumkarbid für diese Temperatur übersteigende Temperaturen.

[0030] Konkret erscheinen Ausgangstemperaturen T_o von beispielsweise 1000°C und 1500°C oder sogar 2000°C interessant, wobei mit steigender Temperatur die Auswahl an Materialien für Widerstands-Heizelemente sinkt, da einerseits die Temperaturfestigkeit als solche an eine Grenze stösst und andererseits die Korrosionsanfälligkeit stark ansteigt, so dass betreffend der Materialwahl die Ausgangstemperatur T_o relevant ist. Disbezüglich sei noch angefügt, dass beispielsweise der stark absorbierende Wasserdampf (H_2O) als Wärme transportierendes Fluid vorteilhaft ist, da sich dadurch in einer erfindungsgemässen elektrischen Heizeinrichtung auf Grund seiner hohen Absorption ein hoher Massenstrom realisieren lässt - Wasserdampf ist aber mit ansteigender Temperatur stark oxidierend, also stark korrosiv.

[0031] Für eine Ausgangstemperatur in einem unteren, beispielsweise 1000°C enthaltenden Temperaturbereich stehen damit viele Materialkombinationen (Widerstands-Heizelemente / Fluid) zur Verfügung, die der Fachmann aus dem Gebiet der konvektiven elektrischen Heizelemente kennt, wobei ein Schutzgas nicht erforderlich ist. Dazu zählen etwa die bekannten und günstigen Eisen-Chrom-Aluminiumlegierungen, die mit Wasserdampf als Fluid betrieben werden können.

[0032] Für eine Ausgangstemperatur in einem mittleren, beispielsweise 1500°C enthaltenden Temperaturbereich ist die vorteilhafte Kombination von Eisen-Chrom-Aluminiumlegierungen und Wasserdampf ohne Schutzgas nicht mehr möglich. Ohne Schutzgas ist eine Kombination von Siliziumkarbid (SiC) und Kohlendioxyd (CO_2) als Fluid zwar geeignet, aber als solche eher teuer. Ebenso ist eine Kombination von Molybdändisilizium (MoSi_2) und Wasserdampf oder Kohlendioxyd (CO_2) als Fluid möglich.

[0033] Für eine Ausgangstemperatur von beispielsweise 1500°C kann aber mit Schutzgas der vorteilhafte Wasserdampf als Fluid verwendet werden, wenn als Schutzgas Kohlendioxyd (CO_2) und für die Widerstands-Heizelemente Siliziumkarbid (SiC) eingesetzt werden. Der Grund liegt darin, dass das Siliziumkarbid (SiC) eine Schutzschicht ausbildet, die gegenüber Kohlendioxyd (CO_2), aber nicht gegenüber Wasserdampf beständig ist. Vorteilhaft an einer Kombination von Siliziumkarbid, Wasserdampf und Kohlendioxyd als Schutzgas ist weiter, dass das Kohlendioxyd ebenfalls absorptiv ist, was die schnelle Erwärmung im Absorberraum und damit einen grossen Volumenstrom zusätzlich unterstützt. Ist im konkreten Fall ein nicht absorbierendes Schutzgas gewünscht, kann beispielsweise bei Wasserdampf als Fluid Argon (Ar) als Schutzgas und Graphit als Material für die Widerstands-Heizelemente ausgewählt werden.

[0034] Für eine Ausgangstemperatur in einem oberen, beispielsweise 2000°C enthaltenden Temperaturbereich erscheint die Auswahl an Materialien für die Widerstands-Heizelemente nicht mehr gross. Graphit oder für Hochtemperaturanwendungen auf dem Markt angebotene Wolfram Legierungen und auch Molybdän (Mo) Legierungen sind grundsätzlich möglich, aber weder mit dem an sich vorteilhaften Wasserdampf (H_2O) noch mit CO_2 verträglich, so dass dann ein Schutzgas vorzusehen ist. Edelgase wie Argon (Ar) eignen sich als Schutzgas sowohl für Graphit als auch Wolfram-Legierungen bzw. Molybdänlegierungen, wobei für letztere auch Wasserstoff (H_2) als Schutzgas verwendet werden kann. Diese für 2000°C geeigneten Materialien für die Widerstands-Heizelemente korrodieren aber mit Wasserdampf (H_2O) bzw. Kohlendioxyd (CO_2) auch schon bei 1000°C , so dass auch in diesem Temperaturbereich eine Schutzgasanordnung Sinn machen kann - eine entsprechende elektrische Heizeinrichtung wäre dann vorteilhaft über einen breiten Temperaturbereich von 800°C bis 2000°C betreibbar.

[0035] Im Ganzen ergibt sich, dass der Fachmann für den konkreten Fall (Z.B. unterer, mittlerer oder oberer Temperaturbereich) die Materialien zusammenstellen muss, aber die erfindungsgemässe elektrische Heizeinrichtung auf Grund ihrer einfachen Konstruktion für jede Materialkombination und jeden Temperaturbereich geeignet ist, so dass letztlich betreffend einem gewünschten zu erwärmenden Fluid bzw. der Ausgangstemperatur T_o im Gegensatz zum Stand der Technik keine Einschränkungen bestehen. Im oben genannten Stand der Technik ist es beispielsweise kaum möglich, diese Konstruktion, wenn überhaupt, auf einfache Weise für Schutzgas zu modifizieren.

[0036] Schliesslich sei noch angemerkt, dass die Strömungsrichtung nicht zwingend gegen die IR strahlende Oberfläche 14 erfolgen muss, sondern auch umgekehrt werden kann. Dann würde die Richtung der Pfeile 18 umgekehrt und die in der Figur 2 als Sammelöffnungen 11' bezeichneten Öffnungen der Zufuhr des Fluids dienen, und das Fluid über den in der Figur 2 als Zufuhranschluss 4 bezeichneten Anschluss abgeführt. Der Fachmann kann dann die Abmessungen, die Strömungsgeschwindigkeit und gegebenenfalls den IR Fluss in den Absorberraum 16 hinein gleich abstimmen, wie das bei einer Strömungsrichtung gemäss der Ausführungsform von Figur 2 der Fall ist.

[0037] Betreffend dem Aufbau der elektrischen Heizeinrichtung 10 ergibt sich gemäss der in der Figur 1 dargestellten Ausführungsform bevorzugt, dass der Absorberraum 16 in der Fluidströmungsrichtung zwischen seinen Enden eine Länge und quer dazu eine die Enden verbindende Seitenwand 17 aufweist, die IR - strahlende Oberfläche 14 am einen Ende sowie entweder der Zufuhr- oder der Ausgabeanschluss am gleichen Ende, aber in die Seitenwand 17 mündend ausgebildet und der andere Anschluss am gegenüberliegenden Ende vorgesehen und bevorzugt als sich verengender Anschluss ausgebildet ist. In der Figur 1 ist beispielsweise der obere Bereich der Seitenwand 17 konisch eingezogen, so dass ein sich verengender Anschluss gebildet wird. Weiter ergibt sich bevorzugt, dass die Widerstands-Heizelementanordnung 12 konzentrisch angeordnete, ringförmige Heizelemente 13 aufweist, und der Absorberraum 17 bevorzugt einen an diese anschliessenden, über einen Teil seiner Länge zylindrischen Abschnitt aufweist.

[0038] Es ergibt sich somit ein Verfahren zur elektrischen Erwärmung eines ein IR absorbierendes Gas aufweisenden, Wärme transportierenden Fluids auf wenigstens 800°C , dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid durch einen Absorberraum 16 einer Anordnung zur Erwärmung des Fluids hindurch geführt wird, die mit einer über eine IR strahlende Ober-

fläche 14 in den Absorberraum 16 wirkenden IR - Strahlungseinrichtung versehen ist, und wobei die Abmessungen des Absorberraums 16, der IR strahlenden Oberfläche 14 der IR Strahlungseinrichtung und die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids derart gegeneinander abgestimmt werden, dass das Verhältnis χ der Erwärmung des IR absorbierenden Gases im Absorberraum 16 auf Grund der Absorption von Infrarotstrahlung 15,15* gegenüber seiner gesamten Erwärmung durch Absorption und Konvektion ≥ 0.5 ist, und wobei eine IR - Strahlungseinrichtung mit einer Widerstands-Heizelementanordnung 12 verwendet wird, deren Oberfläche als IR - strahlenden Oberfläche 14 ausgebildet und die so erzeugte IR - Strahlung 15,15* in den Absorberraum 16 gerichtet wird.

[0039] Eine erfindungsgemässe Elektrische Heizeinrichtung 10 zur Erwärmung eines ein IR absorbierendes Gas aufweisenden, Wärme transportierenden Fluids auf wenigstens 800 °C, besitzt somit einen Zufuhranschluss 4 für ihr zuzuführendes, kaltes und einen Ausgabeanschluss 5 für von ihr wegzuführendes, erwärmtes Fluid, und eine Anordnung zur Erwärmung von durch die Heizeinrichtung 10 hindurchgeführtem Fluid, wobei diese einen Absorberraum 16 und eine als Widerstands-Heizelementanordnung 12 ausgebildete IR-Strahlungseinrichtung aufweist, deren Oberfläche als IR-strahlende, dem Absorberraum zugewendete Oberfläche 14 ausgebildet ist, um im Betrieb die von der Widerstands-Heizelementanordnung 12 generierte Wärme als IR-Strahlung 15,15* in den Absorberraum 16 hinein abzugeben, wobei weiter die Abmessungen des Absorberraums 16 und diejenigen der IR - strahlenden Oberfläche 14 derart aufeinander abgestimmt sind, dass im Betrieb bei einer vorbestimmten Strömungsgeschwindigkeit des Fluids durch den Absorberraum 16 hindurch das Verhältnis χ der Erwärmung des IR absorbierenden Gases auf Grund der Absorption von Infrarotstrahlung 15,15* gegenüber seiner gesamten Erwärmung durch Absorption und Konvektion im Absorberraum ≥ 0.5 ist.

[0040] In Figur 2 und weiteren Figuren ist die elektrische Heizeinrichtung 10 vertikal ausgerichtet, was nicht zwingend ist. Der Fachmann kann sie im konkreten Fall in beliebiger Lage, wie horizontal oder schräg, oder auch über Kopf anordnen, so dass der Ausgabeanschluss der in der Figur 2 gezeigten Heizeinrichtung 10 nach unten zeigt.

[0041] Figur 3a zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer elektrischen Heizeinrichtung 20 mit einer modifizierten Widerstands-Heizelementanordnung 22, die stabförmige Widerstands-Heizelemente 23 und zylindrische IR-strahlenden Oberflächen 24 aufweist. Der an die Widerstands-Heizelemente 23 angepasste Absorberraum 26 ist mit einer rechteckigen Seitenwand 27 versehen. Seitenkanäle 21,21' erstrecken sich, einander gegenüberliegend und die stabförmigen Widerstands-Heizelemente 23 über ihren Abstand zwischen sich einschliessend, entlang der einander gegenüberliegenden Wandabschnitte 27,27' der Seitenwand 27, die den Absorberraum 26 bildet. Die Seitenkanäle 21,21' sind mit einem zur Entlastung der Figur weggelassenen Zufuhranschluss für das Wärme transportierende Fluid verbunden, das entsprechend den Pfeilen 28 in den Absorberraum 26 eintritt und diesen durch den Ausgabeanschluss 25 wieder verlässt. Der Vollständigkeit halber ist in der Figur 3a noch ein Punkt 17' der Wand des Absorberraums 26 dargestellt, der durch die IR-Strahlung 15 der stabförmigen Heizelemente 23 erwärmt ist und seinerseits IR-Strahlung 15* erzeugt, die in den Absorberraum 26 gelangt.

[0042] Diese Anordnung hat den Vorteil Bevorzugt weist die Widerstands-Heizelementanordnung 20 stabförmige, parallel angeordnete Widerstands-Heizelemente 23 auf, wobei der Absorberraum 26 bevorzugt einen an diese anschliessenden über einen Teil seiner Länge rechteckigen Abschnitt aufweist.

[0043] Figur 3b zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer elektrischen Heizeinrichtung 30 mit einer modifizierten Widerstands-Heizelementanordnung 32, die ebenfalls stabförmigen, parallel angeordneten Widerstands-Heizelementen 33 mit IR-strahlenden Oberflächen 34, aufweist, welche aber nicht an einem Ende des hier mit einer zylindrischen Seitenwand 37 versehenen Absorberraums 36, sondern in ihm, diesen über seine Abmessung durchsetzend, angeordnet sind. Ein Zufuhranschluss 4 befindet sich auf der einen Seite des Absorberraums 36, ein Ausgabeanschluss 5 auf dessen anderer Seite, so dass das Fluid die Widerstands-Heizelemente 33 in Richtung der Pfeile 38 durchströmt und dabei die IR Strahlung der IR-strahlenden Oberflächen 34 aufnimmt. Aus der Figur ist ersichtlich, dass eine Strömungskomponente des durchströmenden Fluids quer zur Länge der Widerstands-Heizelementen liegt. Symbolisch ist bei nur einem Widerstands-Heizelement 33' die Stromversorgung mit den elektrischen Leitungen 6,6' und der Stromquelle 7 angedeutet, wobei die Stromversorgung natürlich betriebsfähig alle Widerstands-Heizelemente 33 mit Strom versorgt.

[0044] Bevorzugt ist der Absorberraum 36 mit parallel angeordneten, stabförmig ausgebildeten Widerstands-Heizelementen 33 durchsetzt, deren Oberflächen die IR-strahlende Oberfläche 34 bilden, und wobei der Zufuhr 4 - und der Ausgabeanschluss 5 derart angeordnet sind, dass eine Strömungskomponente des durchströmenden Fluids quer zur Länge der Widerstands-Heizelementen 33 liegt.

[0045] Figur 3c zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer elektrischen Heizeinrichtung 40 mit einer Widerstands-Heizelementanordnung 42, die analog zu derjenigen von Figur 3b ausgebildet ist und den Absorberraum 46 über seine Abmessung durchsetzende stabförmige Widerstands- Heizelemente 43 aufweist. Der Absorberraum 46 besitzt hier parallele Wände, das gemäss den Pfeilen 48 durchströmende Fluid fliesst im Bereich der Widerstands-Heizelemente 43 nahezu laminar, was eine gleichförmige absorptive Erwärmung des Fluids unterstützt.

[0046] Figur 3d zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer elektrischen Heizeinrichtung 50 mit einer modifizierten Widerstands-Heizelementanordnung 52, wobei bevorzugt der der Absorberraum 56 in der Fluidströmungsrichtung 58 zwischen seinen durch den Zufuhranschluss 4 und den Ausgabeanschluss 5 gebildeten Enden eine Länge und quer dazu eine die Enden verbindende Seitenwand 57 aufweist, die sich gegen die Enden in Abschnitten 59,59'

verengt, bevorzugt trichterförmig, und wobei die Widerstands-Heizelemente 53 in dem einen trichterförmige verengenden Bereich 59 oder 59' angeordnet sind. Diese Anordnung hat den Vorteil eines sehr einfachen Aufbaus.

[0047] Figur 3e zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer elektrischen Heizeinrichtung 60 bei welcher der Absorberraum 66 in mehrere, hier drei, in Strömungsrichtung hintereinanderliegende Kammern 66', 66'' und 66''' unterteilt ist, wobei der Zufuhranschluss 4 bei jeder Kammer 66', 66'' und 66''' eine dieser aus lokale Zufuhranschlüsse ausgebildete, zugeordnete Ringleitung 61', 61'', 61''' aufweist, über die das Fluid auf Öffnungen 11' verteilt und durch diese in das Innere der jeweiligen Kammer 66', 66'' und 66''' gelangt. Jede Kammer 66', 66'' und 66''' verfügt über eine Widerstands-Heizelementanordnung 62', 62'', 62''' mit Widerstands-Heizelementen 63. Jede der Kammern 66', 66'' und 66''' erwärmt das gemäss den Pfeilen 68', 68'' und 68''' strömende Fluid in der gleichen Weise, wie es zu der Heizeinrichtung 20 (Figur 2) beschrieben ist, wobei aber die Kammern 66'' und 66''' zusätzlich über die Zwischenausgabeanschlüsse 65' und 65'' bereits wenigstens teilweise erwärmtes Fluid erhalten.

[0048] Vorteilhaft an dieser Anordnung ist die durch die grosse Anzahl der Widerstandsheizelemente 63 gegebene grosse IR-strahlende Oberfläche im Verhältnis zum Gesamtvolumen des Absorberraums 66, der dennoch für maximale Absorption bei minimaler Konvektion ausgelegt ist. Dadurch können auch für hohe Temperaturen T_o des Fluids am Ausgabeabschnitt 5 Widerstandsheizelemente 63 mit Materialien verwendet werden, deren maximale Betriebstemperatur vergleichsweise wenig über der Ausgabe-Temperatur T_o liegt, mit dem entsprechend vergleichsweise geringen Fluss an IR Strahlung in die jeweiligen Kammern 66', 66'' und 66''' (die Strahlungsintensität des schwarzen Körpers nimmt mit der vierten Potenz der Temperatur in K zu). Eine geringe Differenz der Betriebstemperatur der Widerstands-Heizelemente 63 zur Ausgabe-Temperatur T_o hat beispielsweise bei tiefer Temperatur T_o den Vorteil, dass einfache bzw. billige Materialien eingesetzt werden können. Weiter besitzt diese Anordnung den Vorteil einer geringen Querabmessung und ist dennoch geeignet, mit einer Schutzgasanordnung betrieben zu werden, s. dazu die Beschreibung unten. Es ergibt sich eine Elektrische Heizeinrichtung bei welcher am Absorberraum 66 mehrere lokale Zufuhranschlüsse 61', 61'', 61''' angeordnet sind und die Widerstands-Heizelementanordnung mehrere IR-Strahlungseinrichtungen aufweist, die je in Strömungsrichtung 68 des Fluids hintereinander angeordnet sind, derart, dass jede IR-Strahlungseinrichtung einem lokalen Zufuhranschluss zugeordnet ist und aus diesem zu ihr einströmendes Fluid erwärmt.

[0049] Figur 4 zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer elektrischen Heizeinrichtung 70, die mit zwei Unterschieden derjenigen von Figur 2 entspricht.

[0050] Der erste Unterschied besteht darin, dass die Strömungsrichtung des Fluids umgekehrt ist, wie dies als mögliche Alternative bereits oben in der Beschreibung zu Figur 2 erwähnt ist. Damit strömt das Fluid gemäss den Pfeilen 71 über die Ringleitung 11 in den Absorberraum 16 ein und verlässt ihn über den Ausgabeanschluss 5, der sich jetzt am der Widerstands-Heizelementanordnung 12 gegenüberliegenden Ende des Absorberraums 16 befindet.

[0051] Der zweite Unterschied besteht darin, dass bevorzugt eine Schutzgasanordnung 72 für die Widerstands-Heizelementanordnung 12 mit einer Schutzgas-Zufuhrleitungsanordnung 73 vorhanden ist, die im Bereich der IR-strahlenden Oberfläche 14 mündet, derart, dass im Betrieb aus ihr austretendes Schutzgas einen Schutzgasbereich 74 bildend die IR-strahlende Oberfläche 14 umspült und diese so gegen im Absorberraum 16 zu erwärmendes Fluid betriebsfähig abdichtet. Die Schutzgasanordnung 72 erlaubt, ein Fluid mit wenigstens einem Gasanteil vorzusehen, der bei Kontakt die jeweiligen Widerstands-Heizelemente 13 bei ihrer Betriebstemperatur korrodiert. Im Detail münden die einzelnen Leitungsabschnitte 73' der Schutzgas-Zufuhrleitungsanordnung 73 bei den Heizelementen 13, und strömen damit ihrer IR-strahlenden Oberfläche entlang gegen den Absorberraum 16, wobei das Schutzgas oberhalb der IR-strahlenden Oberfläche 14 und unterhalb der Mündungen 11' ein Kissen und damit den Schutzgasbereich 74 bildet und durch die Mündungen 11' eintretendes Fluid hindert, zu der IR-strahlenden Oberfläche 14 zu gelangen.

[0052] Trotzdem bei der gezeigten Ausführungsform beide, das Schutzgas und das Fluid gegen den Ausgabeanschluss 5 strömen, ist letztlich eine, wenn auch geringe, Durchmischung von Schutzgas mit dem Fluid im Schutzgasbereich 74 nicht auszuschliessen und durch die jeweilige konkrete Auslegung der Heizeinrichtung 70 bzw. der Schutzgasanordnung 72 bedingt. Der Fachmann kann daher, wenn nötig, ein Wartungsintervall für die Wartung oder den Ersatz der Widerstands-Heizelemente 13 vorsehen, so dass damit während dem Wartungsintervall die IR-strahlende Oberfläche 14 durch den Schutzgasbereich 74 betriebsfähig abgedichtet ist. „Betriebsfähig“ schliesst damit eine leichte, über die Zeit stattfindende Korrosion mit ein, die während dem Wartungsintervall die Soll-Funktion der IR-strahlenden Oberfläche 14 nicht beeinträchtigt.

[0053] Es ergibt sich damit ein Verfahren, wonach bevorzugt der IR - Strahlungseinrichtung im Bereich der IR - strahlenden Oberfläche 14 ein Schutzgas zugeführt wird, derart, dass es diese im Bereich eines möglichen Kontakts mit dem Fluid umspült und so einen Schutzgasbereich 74 bildet, der die IR-strahlende Oberfläche betriebsfähig von einem Kontakt mit dem Wärme transportierenden Fluid schützt.

[0054] Das Schutzgas kann IR transparent oder IR-absorbierend sein. Beispielsweise kann als Material für die Widerstands-Heizelemente (und damit für die IR-strahlende Oberfläche) ein Material mit ohmschem Widerstand, bevorzugt Graphit, Molybdän oder Wolfram verwendet werden, als Fluid oxidierender und damit korrosiver Wasserdampf H_2O oder Kohlendioxyd (CO_2), oder ein Gemisch davon, und ein inertes Gas als Schutzgas, vorzugsweise Argon (Ar) oder Wasserstoff (H_2), also IR transparente, inerte Gase. Möglich ist auch beispielsweise die Verwendung von Siliziumkarbid (SiC)

als Material für die Widerstands-Heizelemente (und damit für die IR-strahlende Oberfläche 14) mit Siliziumkarbid korrodierendem H_2O oder CO_2 , wobei Kohlendioxyd (CO_2) als Schutzgas eingesetzt wird, das IR absorbierend ist.

[0055] Figur 5 zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer elektrischen Heizeinrichtung 80, die gleich ausgebildet ist wie diejenige von Figur 4, aber eine modifizierte Schutzgasanordnung 82 aufweist, die zwar betreffend der Schutzgaszufuhr derjenigen von Figur 4 entspricht, aber zusätzlich mit einer Schutzgasrücklaufanordnung 84 versehen ist. Diese weist im Schutzgasbereich 74 und unterhalb der Fluidöffnungen 11' angeordnete Schutzgasrücklauf-Öffnungen 81' auf, sowie eine mit diesen verbundene Schutzgasrücklauf-Ringleitung 81.

[0056] Dem Schutzgasbereich 74 über die Schutzgaszufuhrleitungsanordnung 73 zugeführtes Schutzgas kann nun durch die Öffnungen 81' abgezogen, über die Ringleitung 81 abgeführt und beispielsweise in einen zur Entlastung der Figur nicht dargestellte Schutzgasrückführungsleitung geführt werden, die ihrerseits wiederum in die Schutzgaszufuhrleitungsanordnung 73 mündet, so dass sich ein Schutzgaskreislauf ergibt. Es ergibt somit sich ein Verfahren, bei dem bevorzugt wenigstens ein Teil des Schutzgases noch im Schutzgasbereich 74 aus diesem wieder abgeführt wird. Weiter ergibt sich eine elektrische Heizeinrichtung 80, deren Schutzgasanordnung 82 eine aus dem Schutzgasbereich wegführende Schutzgas-Rücklaufanordnung 84 aufweist.

[0057] Figur 6 zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer nach dem Prinzip der Heizeinrichtung 20 (Figur 2) aufgebauten elektrischen Heizeinrichtung 90, mit einem modifizierten Fluid-Zufuhranschluss 91, einer modifizierten Widerstands-Heizelementanordnung 92 und einer modifizierten Schutzgasanordnung 93. Abgesehen davon ist die Heizeinrichtung 90, wie erwähnt, grundsätzlich beispielsweise nach Figur 2 oder einer der anderen, entsprechenden Ausführungsformen aufgebaut.

[0058] Der Fluid-Zufuhranschluss 91 besitzt eine Anzahl in den Absorberraum 16 hineinragender Endrohre 94 mit Mündungen 94', die von einem Verteiler 95 für Fluid abzweigen, so dass das Fluid vorteilhaft über den ganzen Querschnitt des Absorberraums 16 verteilt in diesen abgegeben werden kann. Fluid strömt entsprechend dem Pfeil 95' in den Verteiler 95 ein.

[0059] Die Widerstands-Heizelementanordnung 92 ist als mit einem Muster von Öffnungen 96 für Schutzgas versehene Platte 97 ausgebildet, die das eine Ende des Absorberraums 16 bildet und deren IR-strahlende Oberfläche 98 in den Absorberraum 16 gerichtet ist. Zur Entlastung der Figur ist der Stromanschluss für die Widerstands-Heizelementanordnung 92 weggelassen. Die entsprechend plattenförmige IR-strahlende Oberfläche 98 wirkt vorteilhaft gleichförmig in den Absorberraum 16 ein.

[0060] Die Schutzgas-Zufuhranordnung 93 weist eine Schutzgas-Zuleitung 99 auf, in die gemäss dem Pfeil 100 Schutzgas aus einer Schutzgasquelle einströmt, in einen Verteilerraum 101 gelangt und von dort durch die Öffnungen 92 die IR-strahlende Oberfläche 98 umspülen, so dass sich der gestrichelt eingezeichnete Schutzgasbereich 102 ausbildet, der von der IR-strahlenden Oberfläche 98 bis knapp unter die Mündungen 94' der das Fluid abgebenden Endrohre 98 reicht.

[0061] Die in Figur 6 dargestellte Ausführungsform kann der Fachmann einfach mit einer (in der Figur nicht dargestellten) Schutzgas-Rücklaufanordnung 84 (Figur 5) versehen werden, indem Schutzgas-Rücklauföffnungen 81' (Figur 5) im Absorberraum 16 im Schutzgasbereich 102, am oberen Ende, angeordnet und mit einer Schutzgasrücklauf-Ringleitung 81 (Figur 5) verbunden werden. Ein Schutzgaskreislauf kann dann gebildet werden, indem die Schutzgas-Rücklaufanordnung mit der Schutzgas-Zuleitung 99 verbunden wird.

[0062] Eine weitere, in den Figuren nicht dargestellte Ausführungsform einer Schutzgas-Rücklaufanordnung besteht darin, dass die Endrohre 94 des Fluidzufuhranschlusses 91 (Figur 6) doppelwandig ausgebildet werden, derart, dass ein Innenrohr mit einem ringförmigen Aussenrohr vorliegt. Die Innenrohre stehen dann mit dem Verteiler 95 in Verbindung, die Aussenrohre mit dem Verteilerraum 101. Entsprechend wird dann dem Absorberraum durch die Innenrohre Fluid zugeführt, während die Aussenrohre nahe der Mündung Schutzgas angesaugt und über diese aus der elektrischen Heizeinrichtung abgeführt werden.

[0063] Wie oben in der Beschreibung zu Figur 2 erwähnt, muss sich die elektrische Heizeinrichtung nicht in vertikaler Lage befinden, so dass sich die Widerstands-Heizelementanordnung in aufrechter Lage befindet und von unten nach oben strahlt, wie es beispielsweise bei der Heizeinrichtung 70 (Figur 4) der Fall ist. Eine umgekehrte Lage ist auch möglich, s. beispielsweise die Heizeinrichtung 50 (Figur 3d) mit nach unten strahlenden Widerstands-Heizelementen 53, die gegenüber der Heizeinrichtung 70 kopfüber ausgerichtet ist. Natürlich kann im Hinblick auf das einfache Konstruktionsprinzip auch die elektrische Heizeinrichtung 50 mit einer Schutzgasanordnung versehen werden, analog zur Schutzgasanordnung 72 (Figur 4), indem eine Schutzgas-Zufuhrleitungsanordnung Schutzgas zu den einzelnen Widerstands-Heizelementen 53 führt (der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass der Fachmann ohne Weiteres auch eine Schutzgas-Rücklaufanordnung - z.B. analog zur Schutzgas-Rücklaufanordnung 84 von Figur 5 vorsehen kann).

[0064] Wird beispielsweise Wasserdampf als Fluid verwendet, ist es im Hinblick auf das Schutzgas vorteilhaft, in einer Anordnung nach oben strahlenden Heizeinrichtung (s. z.B. die Figuren 3a,4,5,6) als Schutzgas Argon (Ar) vorzusehen. Andererseits ist es dann für eine Überkopfanordnung wie derjenigen nach Figur 3d sinnvoll, als Schutzgas Wasserstoff (H_2) zu verwenden. Der Grund liegt im Molekulargewicht des Schutzgases in Bezug auf demjenigen des Fluids: in einem Temperaturbereich von 500 °C bis 2500 °C ist für ein gleiches Temperaturintervall das Molekulargewicht von Wasser ist höher als das von Wasserstoff und tiefer als das von Argon (oder CO_2 bzw. Luft).

[0065] Die Temperatur des Schutzgases und diejenige des Fluids nahe dem Schutzgasbereich (s. z.B. den Schutzgasbereich 74 von Figur 4 oder den Schutzgasbereich 102 von Figur 6) liegen nämlich im Betrieb recht nahe bei einander, in einem gleichen Temperaturintervall im Sinn des vorangehenden Abschnitts: das Verhältnis der Molekulargewichte ändert nicht, wenn die elektrische Heizeinrichtung mit verschiedenen Soll-Temperaturen T_o gefahren wird.

[0066] Vorteilhaft ist nun bei diesen Kombinationen von Schutzgas und Fluid, dass bei aufrechter Lage der Heizeinrichtung das Fluid leichter und das Schutzgas schwerer ist, mit der Folge, dass sich diese weniger gut mischen, das Schutzgas also seine Funktion besser erfüllen kann - umgekehrt bei einer Lage über Kopf, in der das leichtere Schutzgas vermehrt im oberen Bereich des Absorberraums verharzt, und so die oben angeordneten Widerstands-Heizelemente besser schützt.

[0067] Es ergibt sich ein Verfahren, in dem bevorzugt das Schutzgas und das Fluid eine unterschiedliche Dichte aufweisen, wobei in vertikaler Richtung der Schutzgasbereich im Absorberraum unten angeordnet wird, wenn die Dichte des Schutzgases grösser ist, und oben, wenn die Dichte des Schutzgases kleiner ist. Für eine elektrische Heizeinrichtung folgt, dass die Schutzgas-Zufuhrleitungen in vertikaler Richtung einen Abstand vom Ausgabeanschluss aufweisen und dass die Schutzgas-Zufuhrleitungen unterhalb des Zufuhranschlusses für das Wärme transportierende Fluid angeordnet sind, wenn dessen Molekulargewicht kleiner ist als dasjenige des Schutzgases, und oberhalb, wenn dessen Molekulargewicht grösser ist als dasjenige des Schutzgases.

[0068] Figur 7 zeigt ein Diagramm 110 mit einem Kreislauf 111 für Wärme transportierendes Fluid, der in der gezeigten Ausführungsform mit einem durch den umlaufenden Pfeil 112' symbolisierten Kreislauf für Schutzgas 112 gekoppelt ist, dessen Strömungsrichtung durch die Richtung des Pfeils 112' angezeigt ist. Eine Fluidtransportleitung 1 (s. auch Figur 1) verbindet in der durch den Pfeil 1' symbolisierten Strömungsrichtung eine beispielsweise gemäss der Heizeinrichtung 70 von Figur 4 oder gemäss der Heizeinrichtung 90 von Figur 6 ausgebildete elektrische Heizeinrichtung 113 mit einem Verbraucher 3 (s. auch Figur 1), wobei hinter dem Verbraucher eine Verzweigung 114 vorgesehen ist, in der ein Leitungsast 115 der Fluidleitung 1 zu einer Trennstation 116 und hinter dieser stromabwärts in einer Vereinigung 117 in die Kreislaufleitung 1 wieder hineinführt.

[0069] Aus der Trennstation 116 führt weiter eine Schutzgasleitung 118 für in der Trennstation abgetrenntes Schutzgas im Kreislauf 112 zurück in die Heizeinrichtung 113 und versorgt diese so mit Schutzgas.

[0070] Es ergibt sich ein Verfahren, in welchem bevorzugt das durch den Absorberraum strömende Fluid mit aus dem Schutzgasbereich stammendem Schutzgas angereichert wird, das angereicherte Fluid durch den Absorberraum hindurch und aus diesem weggeführt, und stromabwärts aus dem Schutzgasbereich stammende Schutzgas vom Fluid wieder abgetrennt wird, wobei das Fluid in einem Fluidkreislauf zurück zum Absorberraum und bevorzugt das Schutzgas in einem Schutzgaskreislauf zurück zur IR-strahlenden Oberfläche geführt wird. PA 29 Weiter ergibt sich eine Heizeinrichtung, wobei der Fluid-Abgabeanschluss mit dessen Zufuhranschluss über eine Fluid-Transportleitung in einen Kreislauf geschlossen sind, der einen Verbraucher für die Wärme des erwärmten Fluid aufweist, wobei weiter eine Zweigleitung vorgesehen ist, die bevorzugt nach dem Verbraucher an einer Abzweigung aus der Kreislaufleitung abzweigt, zu einer für die Abtrennung des Schutzgases aus dem Fluid ausgebildeten Trennstation und nach dieser stromabwärts nach der Abzweigung und vor dem Zufuhranschluss wieder in die Kreislaufleitung hineinführt.

[0071] Im Diagramm 110 sind die molaren Massenströme am Ort der Masspfeile eingetragen: I bezeichnet den Zufluss von I Mol an Schutzgas in die Heizeinrichtung 113, beispielsweise durch die Schutzgaszufuhrleitungsanordnung 73 (Figur 4) oder durch die Schutzgaszufuhrleitungsanordnung 93 (Figur 6). Das Fluid wird damit beim Durchgang durch die Heizeinrichtung 113 mit I Mol Schutzgas angereichert.

[0072] M bezeichnet den Durchfluss von M Mol Schutzgas und Fluid durch den Absorberraum 16 der Heizeinrichtung 113 bzw. den Verbraucher 3, wobei in den M Mol die Anreicherung des Fluids mit I Mol Schutzgas enthalten ist. Der totale Anteil an Schutzgas beträgt N Mol, da das Fluid vor dem Eintritt in die Heizeinrichtung 113 bereits einen Anteil von L Mol Schutzgas aufweist. Dieser Anteil von L ist gewollt und wesentlich für die Effizienz des Fluidkreislaufs 111, s. die nachfolgende Beschreibung.

[0073] C bezeichnet den Durchfluss von C Mol durch den Ast 115 der Fluidleitung 1 zur Trennstation 116, die ihrerseits bei der Abtrennung des Schutzgases aus dem Fluid dieses über die Schutzgasleitung 118 in den Schutzgaskreislauf 112 abgibt und nur Fluid über den Leitungsast 115 in die Vereinigung 117 und damit zurück in die Fluidleitung 1.

[0074] Soll verhindert werden, dass sich der Schutzgasanteil im Fluid während dem Betrieb der Heizeinrichtung 113 fortlaufend erhöht, muss die laufende Anreicherung an Schutzgas von I Mol dem laufend abgetrennten Anteil an Schutzgas entsprechen, d.h. der Durchfluss an abgetrenntem Schutzgas durch die Leitung 118 muss I Mol betragen.

[0075] Würde das in die Heizeinrichtung 113 einströmende Fluid keinen Anteil an Schutzgas aufweisen, müsste der ganze Fluidstrom durch die Trennstation 116 geleitet werden, um das zugeführte Schutzgas wieder abtrennen zu können. Da nun das in die Heizeinrichtung 113 einströmende Fluid bereits einen Anteil von K Mol Schutzgas aufweist, ist die Schutzgaskonzentration nach der Heizeinrichtung 113 $k = \frac{I+K}{M}$. Es gibt damit einen Teilstrom von C Mol an Schutzgas, der schon I Mol Schutzgas enthält, so dass für die Abtrennung des Schutzgases in der Trennstation 116 nur der Energieaufwand für den Teilstrom von C Mol und nicht für den ganzen Fluidstrom von M Mol anfällt. Eine einfache Rechnung zeigt, dass dann $c = \frac{I}{M}$. Besonders illustrativ ist die Energieersparnis am Beispiel von Wasserdampf als Fluid und Argon als Schutzgas: in der Trennstation 116 wird dann das Argon durch Kondensation des Wasserdampfs abgetrennt, worauf das Wasser

wieder bei der Verzweigung 117 auf die Eingangstemperatur T_u gebracht werden muss, was auch bei einer Rekuperation der Kondensationsabwärme zu Energieverlusten und damit einer verminderten Effizienz des Fluidkreislaufs 112 führt. Bei einem kleineren durch die Trennstation 116 geführten Fluid- bzw. Dampfstrom, sind diese Energieverluste kleiner und die Effizienz des Fluidkreislaufs 112 entsprechend grösser. Der Fachmann kann nun im konkreten Fall einen vorbestimmten Anteil von L Mol an Schutzgas im Fluidstrom festlegen. Es ergibt sich damit, dass bevorzugt im Betrieb das Fluid vor dem Zufuhranschluss einen vorbestimmten Anteil an Schutzgas aufweist. Weiter ergibt sich bevorzugt, dass die Abtrennung des Schutzgases aus dem Fluid durch Kondensation der anderen Komponenten des Fluids erfolgt.

[0076] Es sei hervorgehoben, dass ein Vorteil der absorptiven elektrischen Heizeinrichtung in der möglichen konstruktiven Vielfalt liegt, die bei den elektrischen Heizeinrichtungen des Stands der Technik nicht gegeben ist. Der Absorberraum kann verschieden ausgebildet werden, ebenso die Widerstands-Heizelementanordnung, die Widerstands-Heizelemente an sich und deren Anordnung im Absorberraum, immer ist die jeweilige elektrische Heizeinrichtung von einfacher Ausbildung und kostengünstig herzustellen. Dies gilt auch für eine Schutzgasanordnung und gegebenenfalls eine Schutzgasrücklaufanordnung: Auch diese sind von konstruktiver Einfachheit und können ohne Weiteres, d.h. ohne Zusatzaufwand in der elektrischen Heizeinrichtung in dieser geeignet angeordnet werden. Einzelne Merkmale der in den Figuren gezeigten Ausführungsformen sind praktisch beliebig kombinierbar, je nach dem Bedarf im konkreten Fall.

Patentansprüche

1. Verfahren zur elektrischen Erwärmung eines ein infrarot absorbierendes Gas aufweisenden, Wärme transportierenden Fluids auf wenigstens 800 °C, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid durch einen Absorberraum (16,26,36,46,56,66) einer Anordnung zur Erwärmung des Fluids hindurch geführt wird, die mit einer über eine infrarot strahlende Oberfläche (14) in den Absorberraum (16,26,36,46,56,66) wirkenden Infrarot-Strahlungseinrichtung versehen ist, und wobei die Abmessungen des Absorberraums (16,26,36, 46,56,66), der infrarot strahlenden Oberfläche (14) der Infrarot-Strahlungseinrichtung und die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids derart gegeneinander abgestimmt werden, dass das Verhältnis χ der Erwärmung des infrarot absorbierenden Gases im Absorberraum (16,26,36,46,56,66) auf Grund der Absorption von Infrarotstrahlung gegenüber seiner gesamten Erwärmung durch Absorption und Konvektion ≥ 0.5 ist, und wobei eine Infrarot - Strahlungseinrichtung mit einer Widerstands-Heizelementanordnung (12,22,32,42,52,62, 92) verwendet wird, die eine als infrarot-strahlende Oberfläche (14) ausgebildete Oberfläche aufweist und wobei die so erzeugte Infrarot-Strahlung in den Absorberraum (16,26, 36,46,56,66) gerichtet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das infrarot absorbierende Gas ein heterpolares Gas ist und bevorzugt eines oder ein Gemisch aus den Gasen CO₂, Wasserdampf, CH₄, NH₃, CO, SO₂, SO₃, HCl, NO, und NO₂, besonders bevorzugt ein Gemisch mit Wasserdampf und CO₂ verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Fluid in einem Kreislauf geführt wird, in dem sich die Anordnung zur Erwärmung des Fluids und ein Verbraucher (3) für die Wärme des erwärmten Fluids befinden.
4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Infrarot-strahlende Oberfläche (14) eine hochtemperaturfeste Legierung von Eisen, Chrom und Aluminium, Siliziumkarbid oder Molybdändisilizium aufweist, das Fluid Wasserdampf oder Kohlendioxyd oder ein Gemisch davon aufweist,
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Infrarot-Strahlungseinrichtung im Bereich der Infrarot-strahlenden Oberfläche (14) ein Schutzgas zugeführt wird, derart, dass es diese im Bereich eines möglichen Kontakts mit dem Fluid umspült und so einen Schutzgasbereich bildet (74,102), der die Infrarot-strahlende Oberfläche (14) betriebsfähig von einem Kontakt mit dem Wärme transportierenden Fluid schützt.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, wobei als Material für die Infrarot-strahlende Oberfläche 14 ein temperaturbeständiges Material mit ohmschem Widerstand verwendet wird, bevorzugt Siliziumkarbid (SiC) oder Graphit (C), oder Molybdän (Mo) oder Wolfram (W) aufweist, weiter ein Wärme transportierendes Fluid, das Wasserdampf (H₂O) oder Kohlendioxyd (CO₂) oder ein Gemisch davon aufweist und bevorzugt ein inertes Gas als Schutzgas, vorzugsweise Argon (Ar) oder Wasserstoff (H₂) oder Kohlendioxyd (CO₂).
7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei wenigstens ein Teil des Schutzgases noch im Schutzgasbereich (74,102) aus diesem wieder abgeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das durch den Absorberraum (16,26,36,46,56,66) strömende Fluid mit im Bereich der Infrarot-strahlenden Oberfläche (14) zugeführtem Schutzgas angereichert wird, das angereicherte Fluid durch den Absorberraum (16,26,36, 46,56,66) hindurch und aus diesem weggeführt, und stromabwärts das zugeführte Schutzgas vom Fluid wieder abgetrennt wird, wobei das Fluid in einem Fluidkreislauf (111) zurück zum Absorberraum (16,26,36,46,56,66) und bevorzugt das Schutzgas in einem Schutzgaskreislauf (112) zurück zur Infrarot-strahlenden Oberfläche (14) geführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 5 oder 8, wobei das Wärme transportierende Fluid vor dem Eintritt in die Anordnung zur Erwärmung des Fluids einen vorbestimmten Anteil (L) an Schutzgas aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Abtrennung des Schutzgases aus dem Fluid durch Kondensation der anderen Komponenten des Fluids erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Abtrennung des Schutzgases aus dem Fluid nach dem Verbraucher (3) erfolgt
12. Verfahren nach Anspruch 5, wobei als Material für die Infrarot-strahlende Oberfläche (14) Siliziumkarbid verwendet wird, ein das Wärme transportierendes Fluid Wasserdampf oder ein Gemisch von Wasserdampf und Kohlendioxyd und das Schutzgaskohlendioxyd aufweist.
13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei weiter der Fluss der Infrarot-Strahlung in den Absorberraum (16,26,36,46,56,66) in die gegeneinander abzustimmenden Grössen einbezogen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verhältnis $\chi \geq 0.6$, bevorzugt ≥ 0.7 , besonders bevorzugt ≥ 0.8 und ganz bevorzugt ≥ 0.9 ist.
15. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Schutzgas und das Fluid eine unterschiedliche Dichte aufweisen, und wobei in vertikaler Richtung der Schutzgasbereich (74,102) im Absorberraum (16,26,36,46,56,66) unten angeordnet wird, wenn die Dichte des Schutzgases grösser ist, und oben, wenn die Dichte des Schutzgases kleiner ist.
16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Fluid auf wenigstens 1000° C, bevorzugt 1200° C, weiter bevorzugt 1400° C, oder ganz bevorzugt 1600° C oder mehr erwärmt wird.
17. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) zur Erwärmung eines ein infrarot absorbierendes Gas aufweisenden, Wärme transportierenden Fluids auf wenigstens 800 ° C, mit einem Zufuhranschluss 4 für ihr zuzuführendem, kaltem und einem Ausgabeanschluss (5,25) für von ihr wegzuführendem, erwärmten Fluid, und mit einer Anordnung zur Erwärmung von durch die Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) hindurchgeführtem Fluid, dadurch gekennzeichnet, dass diese einen Absorberraum (16,26,36,46,56,66) und eine als Widerstands-Heizelementanordnung (12,22,32,42,52, 62,92) ausgebildete Infrarot-Strahlungseinrichtung aufweist, deren Oberfläche als Infrarot-strahlende, dem Absorberraum (16,26,36,46,56,66) zugewendete Oberfläche (14) ausgebildet ist, um im Betrieb die von der Widerstands-Heizelementanordnung (12,22,32, 42,52,62,92) generierte Wärme als Infrarot-Strahlung in den Absorberraum (16,26,36, 46,56,66) hinein abzugeben, wobei weiter die Abmessungen des Absorberraums (16,26, 36,46,56,66) und diejenigen der Infrarot-strahlenden Oberfläche (14) derart aufeinander abgestimmt sind, dass im Betrieb bei einer Strömungsgeschwindigkeit des Fluids durch den Absorberraum (16,26,36,46,56,66) hindurch das Verhältnis χ der Erwärmung des Infrarot absorbierenden Gases auf Grund der Absorption von Infrarotstrahlung gegenüber seiner gesamten Erwärmung durch Absorption und Konvektion im Absorberraum (16,26,36,46,56,66) ≥ 0.5 ist.
18. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 17, wobei das Verhältnis $\chi \geq 0.6$, bevorzugt ≥ 0.7 , besonders bevorzugt ≥ 0.8 und ganz bevorzugt ≥ 0.9 ist.
19. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 17, wobei das Infrarot absorbierende Gas ein heterpolares Gas oder Gasgemisch ist, bevorzugt ein Gas oder ein Gemisch aus mehreren Gasen der Gase CO₂, Wasserdampf, CH₄, NH₃, CO, SO₂, SO_a, HCl, NO, und NO₂, besonders bevorzugt ein Gemisch mit Wasserdampf und CO₂.
20. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 17, wobei die Widerstands-Heizelementanordnung (12,22,32,42,52,62, 92) Widerstands-Heizelemente aus Siliziumkarbid aufweist und das Infrarot absorbierende Gas Kohlendioxyd (CO₂) ist, oder Wasserdampf (H₂O) mit einem Schutzgas, nämlich Kohlendioxyd (CO₂) oder Argon (Ar).
21. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 17, wobei der Absorberraum (16,26,36,46,56,66) in der Fluidströmungsrichtung zwischen seinen Enden eine Länge und quer dazu eine die Enden verbindende Seitenwand (17,37,57) aufweist, die Infrarot-strahlende Oberfläche (14) am einen Ende sowie entweder Zufuhr (4) - oder der Ausgabeanschluss (5) am gleichen Ende, aber in die Seitenwand (17,37,57) mündend ausgebildet und der andere Anschluss (5,4) am gegenüberliegenden Ende vorgesehen und bevorzugt als sich verengender Anschluss (5,4) ausgebildet ist.
22. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 21, wobei die Widerstands-Heizelementanordnung (12,22,32,42,52,62, 92) konzentrisch angeordnete, ringförmige Widerstands-Heizelemente (13) aufweist, und der Absorberraum (16,26,36,46,56,66) bevorzugt einen an diese anschliessenden, über einen Teil seiner Länge zylindrischen Abschnitt aufweist.
23. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 21, wobei die Widerstands-Heizelementanordnung (12,22,32,42,52,62, 92) stabförmige, parallel angeordnete Widerstands-Heizelemente (23) aufweist und der Absorberraum (16,26,36,46, 56,66) bevorzugt einen an diese anschliessenden über einen Teil seiner Länge rechteckigen Abschnitt aufweist.
24. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 17, wobei der Absorberraum (16,26,36,46,56,66) mit parallel angeordneten, stabförmig ausgebildeten Widerstands-Heizelementen (23) durchsetzt ist, deren Oberflächen die Infrarot-strahlende Oberfläche (14) bilden, und wobei der Zufuhr- (4) oder der Ausgabean-

schluss (5) derart angeordnet sind, dass eine Strömungskomponente des durchströmenden Fluids quer zur Länge der Widerstands-Heizelemente (23) liegt.

25. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 17, wobei der Absorberraum (56) in der Fluidströmungsrichtung zwischen seinen Enden eine Länge und quer dazu eine die Enden verbindende Seitenwand (57) aufweist, die sich gegen die Enden in Abschnitten 59,59' bevorzugt trichterförmig verengt, und wobei die Widerstands-Heizelemente (53) in einem oder beiden der Abschnitte 59,59' angeordnet sind.
26. Elektrische Heizeinrichtung (60) nach Anspruch 17, wobei am Absorberraum (66) mehrere lokale Zufuhranschlüsse angeordnet sind und die Widerstands-Heizelementanordnung (62,62',62'') mehrere Infrarot-Strahlungseinrichtungen aufweist, die je in Strömungsrichtung (68) des Fluids hintereinander angeordnet sind, derart, dass jede Infrarot-Strahlungseinrichtung einem lokalen Zufuhranschluss zugeordnet ist und aus diesem zu ihr einströmendes Fluid erwärmt.
27. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 17, wobei eine Schutzgasanordnung (72,82,93) für die Infrarot-strahlende Oberfläche (14) vorgesehen ist, die eine Schutzgas-Zufuhrleitungsanordnung (73,93) aufweist, die im Bereich der Infrarot-strahlenden Oberfläche mündet, derart, dass im Betrieb aus ihr austretendes Schutzgas einen Schutzgasbereich (74,102) bildend die Infrarot-strahlende Oberfläche (14) umspült und diese so gegen im Absorberraum (16,26,36,46,56,66) zu erwärmendes Fluid betriebsfähig abdichtet.
28. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 27, wobei die Schutzgasanordnung (72,82,93) eine aus dem Schutzgasbereich (74,102) wegführende Schutzgas-Rücklaufanordnung (84) aufweist.
29. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 27, wobei der Ausgabeanschluss (5) für das Fluid mit dessen Zufuhranschluss (4) über eine Fluid-Transportleitung (1) in einen Kreislauf geschlossen sind, der einen Verbraucher (3) für die Wärme des erwärmten Fluid aufweist, wobei weiter eine Zweigleitung (115) vorgesehen ist, die bevorzugt nach dem Verbraucher (3) an einer Abzweigung (114) aus der Kreislaufleitung (1) abzweigt, zu einer für die Abtrennung des Schutzgases aus dem Fluid ausgebildeten Trennstation (116) und nach dieser stromabwärts nach der Abzweigung (114) und vor dem Zufuhranschluss (4) wieder in die Kreislaufleitung (1) hineinführt.
30. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 27, wobei im Betrieb das Fluid vor dem Zufuhranschluss (4) einen vorbestimmten Anteil an Schutzgas (L) aufweist.
31. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 27, wobei die Trennstation (116) mit der Schutzgaszufuhrleitungsanordnung (4) verbunden und ausgebildet ist, im Betrieb das abgetrennte Schutzgas in die Schutzgaszufuhrleitungsanordnung (4) zu fördern.
32. Elektrische Heizeinrichtung (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,113) nach Anspruch 27, wobei die Schutzgas-Zufuhrleitungen (4,118) in vertikaler Richtung einen Abstand vom Ausgabeanschluss (5) aufweisen und wobei die Schutzgas-Zufuhrleitungen unterhalb des Zufuhranschlusses (4) für das Wärme transportierende Fluid angeordnet ist, wenn dessen Molekulargewicht kleiner ist als dasjenige des Schutzgases, und oberhalb, wenn dessen Molekulargewicht grösser ist als dasjenige des Schutzgases.

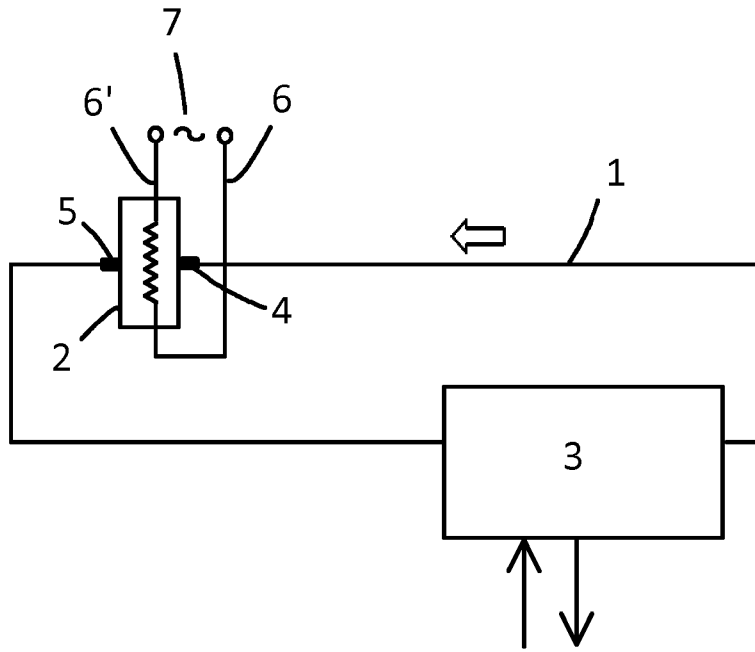


Fig. 1

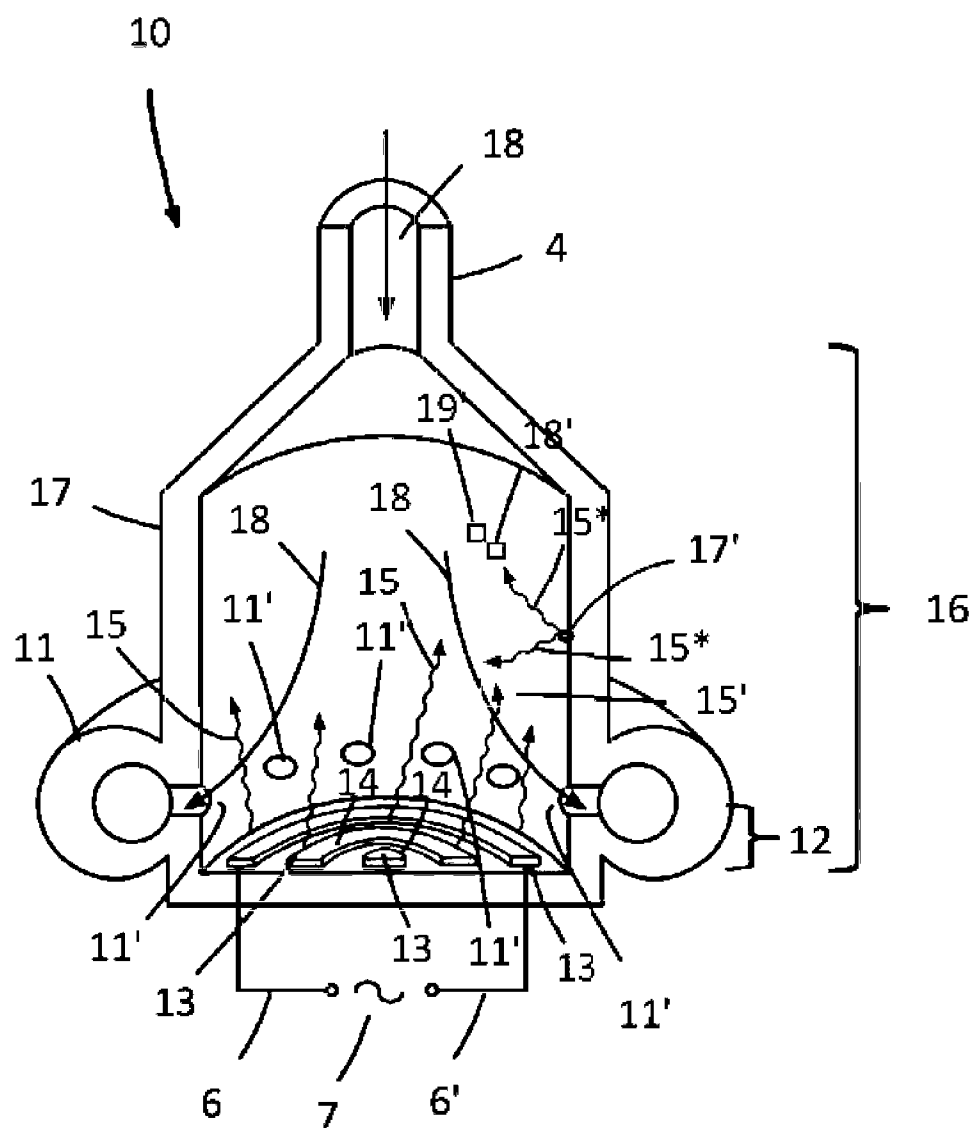


Fig. 2

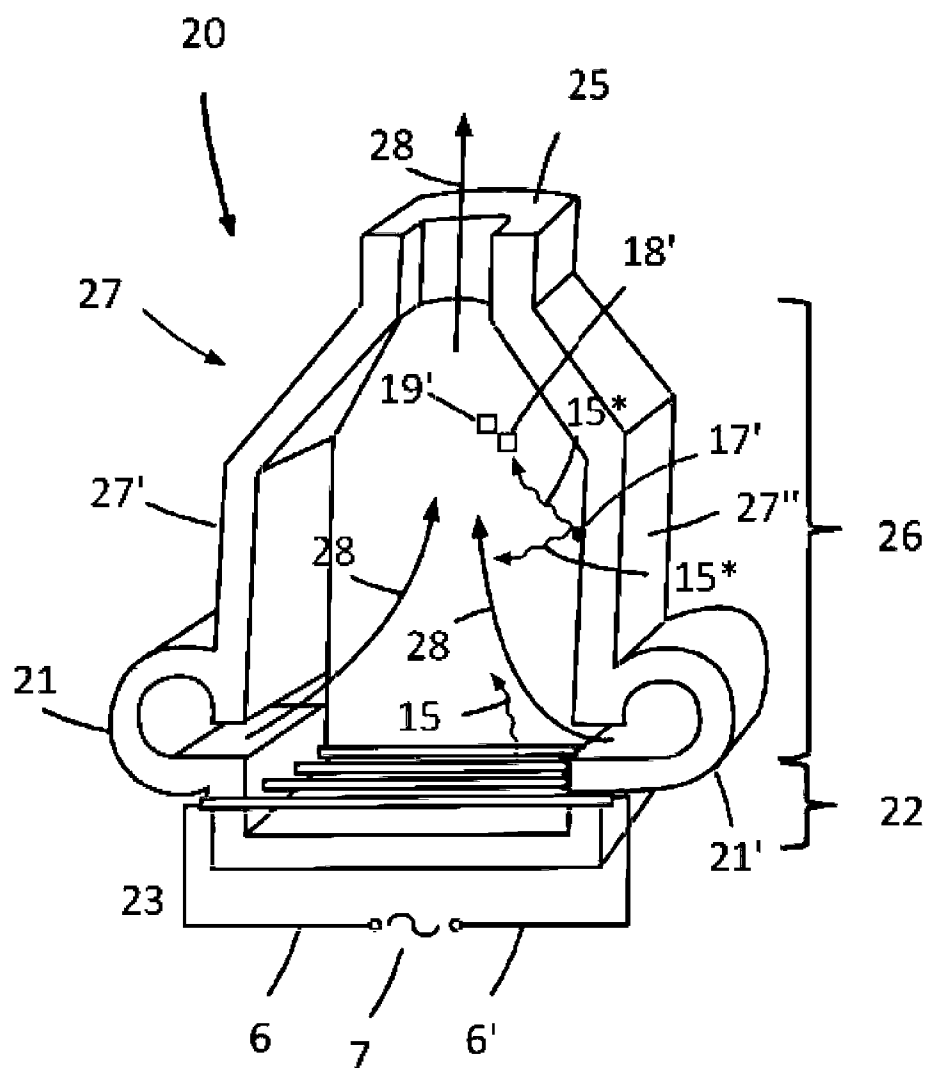


Fig. 3a

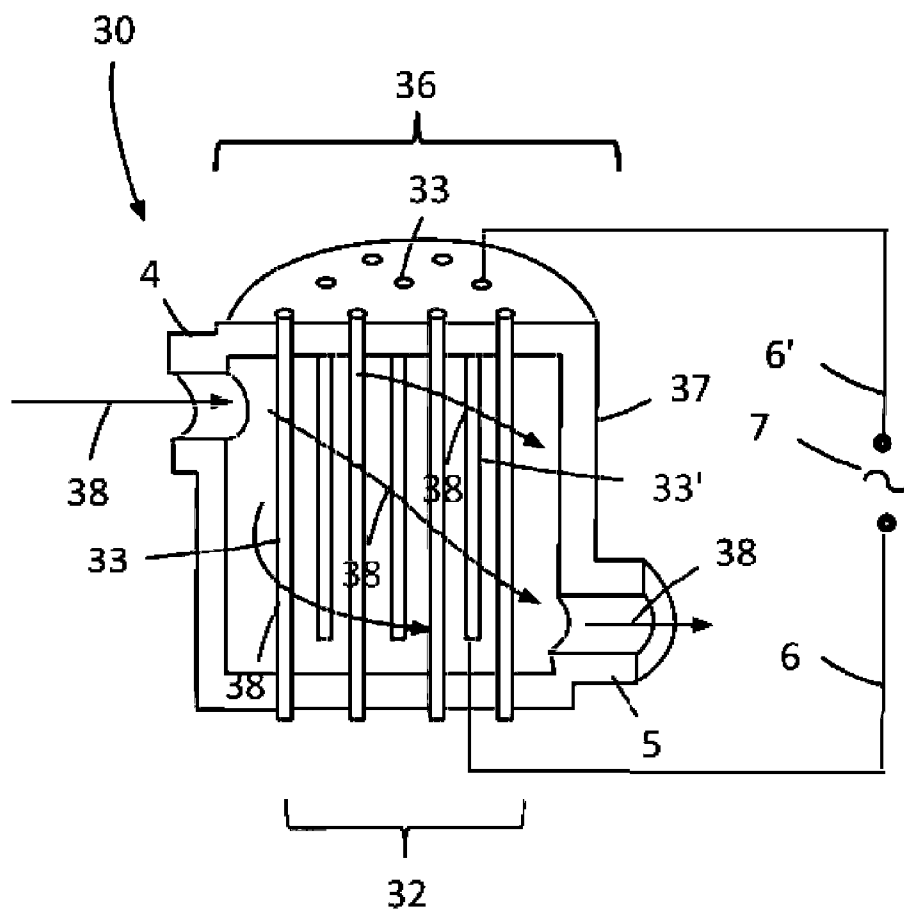


Fig. 3b

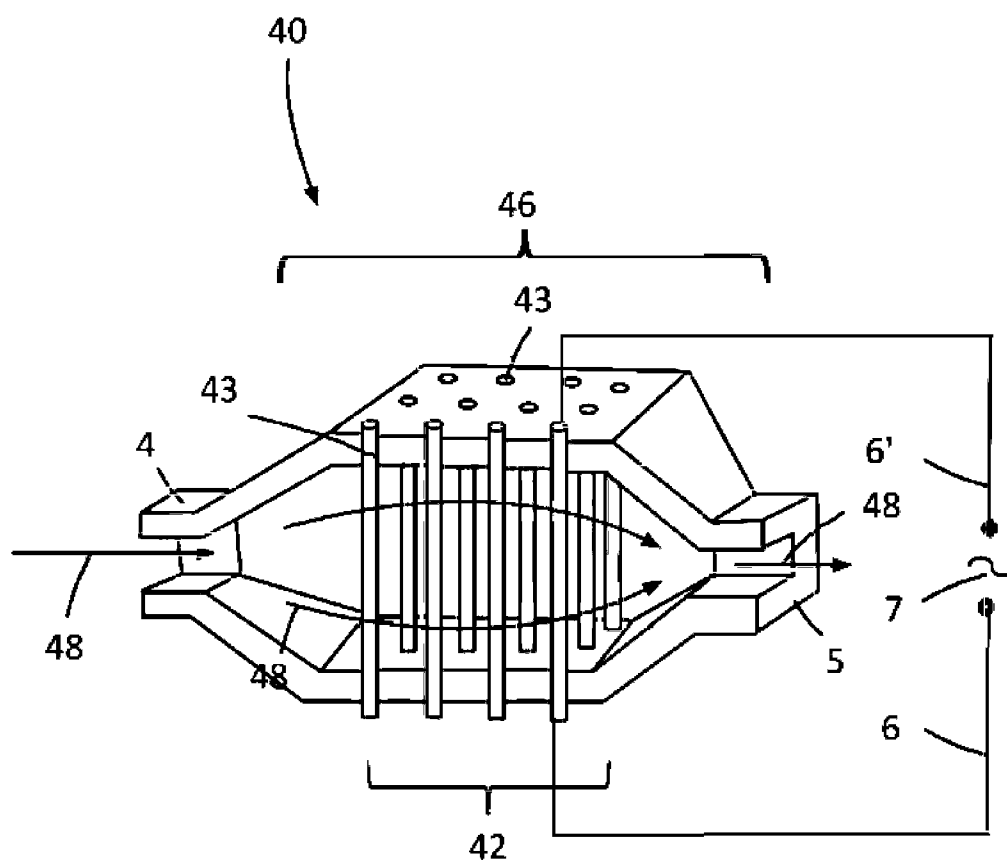


Fig. 3c

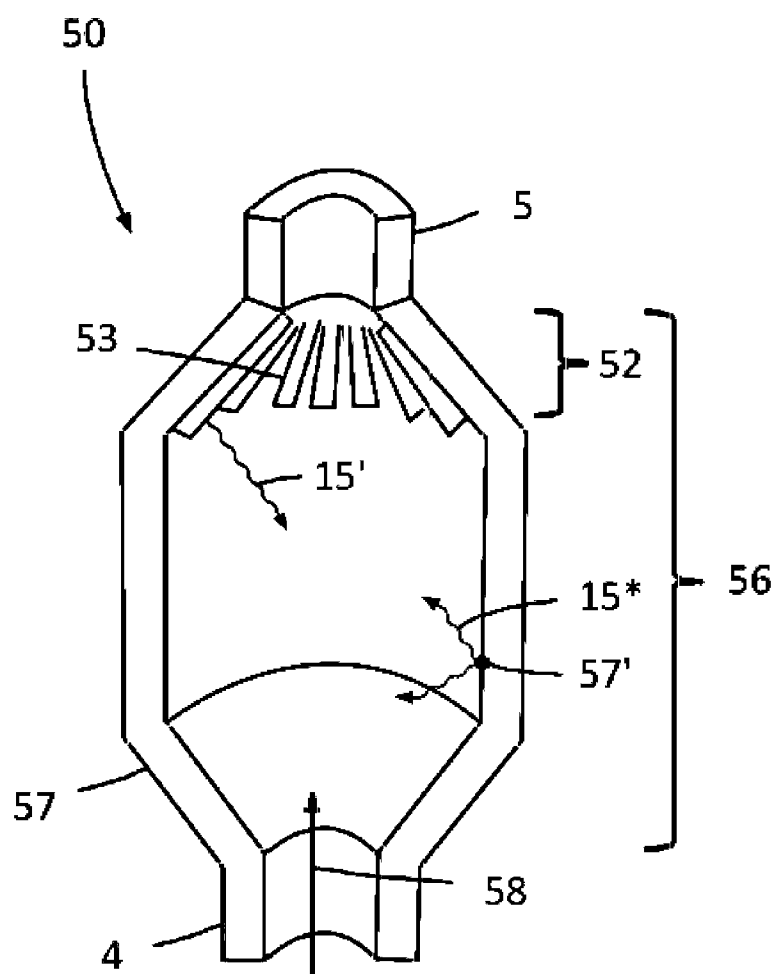


Fig. 3d

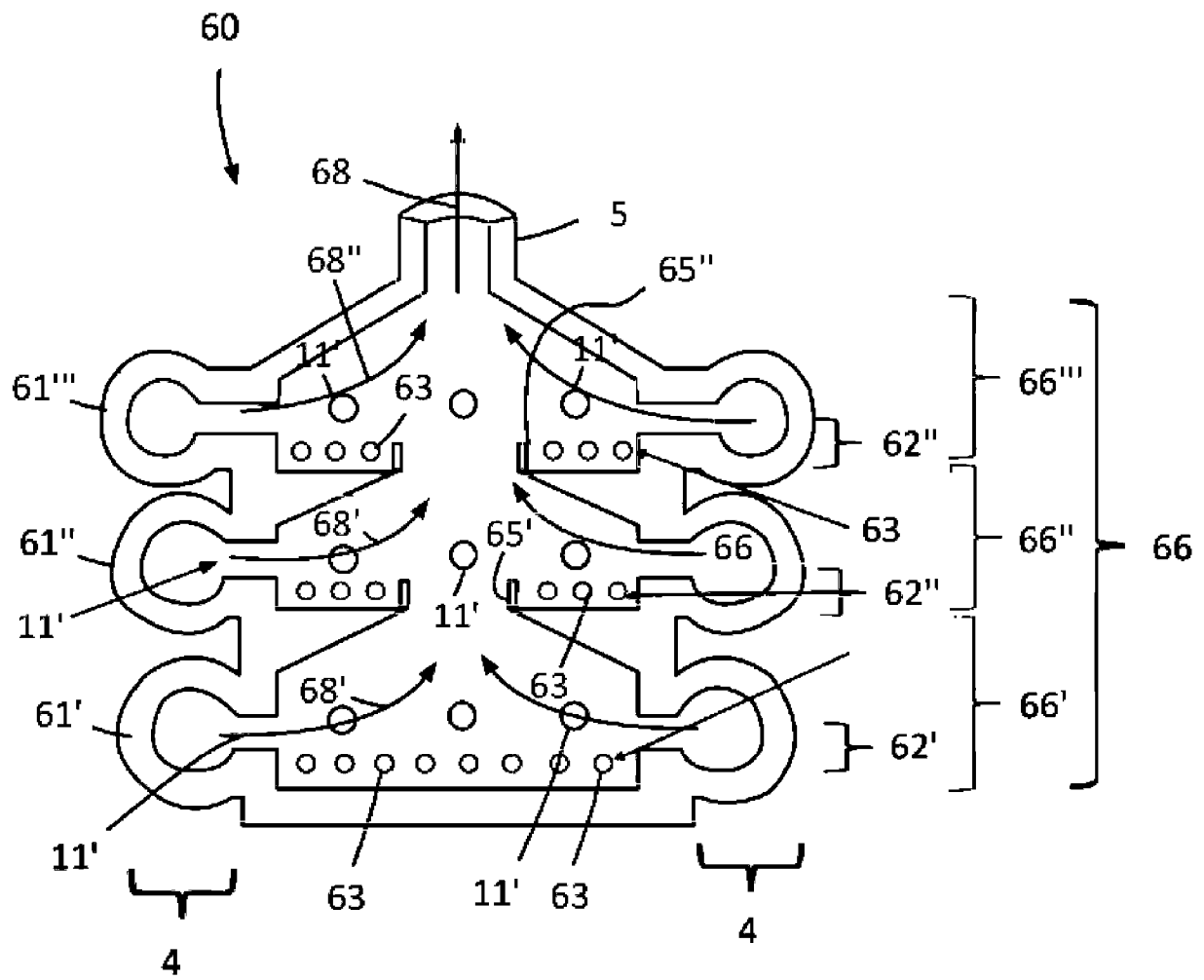


Fig. 3e

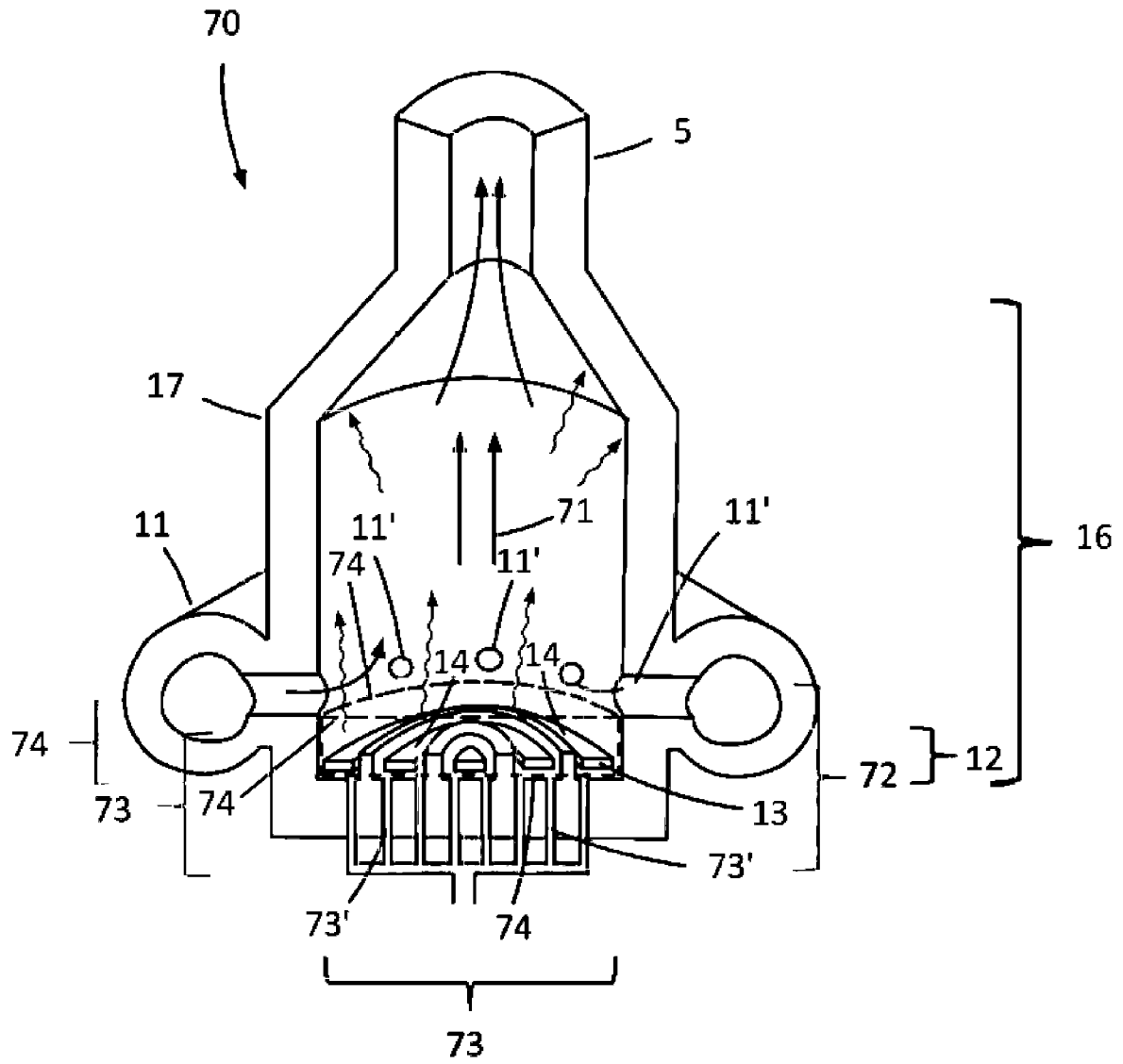


Fig. 4

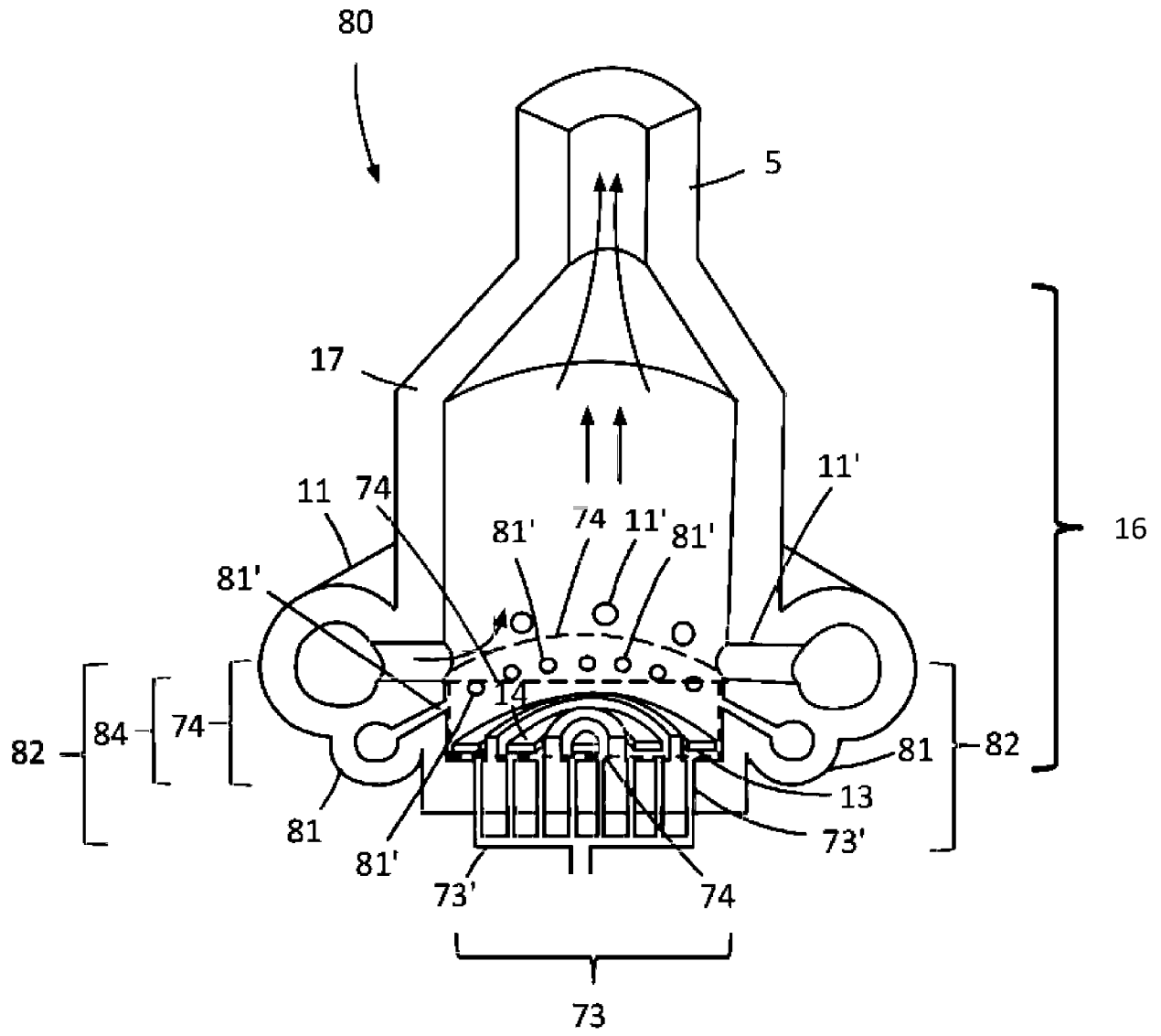


Fig. 5

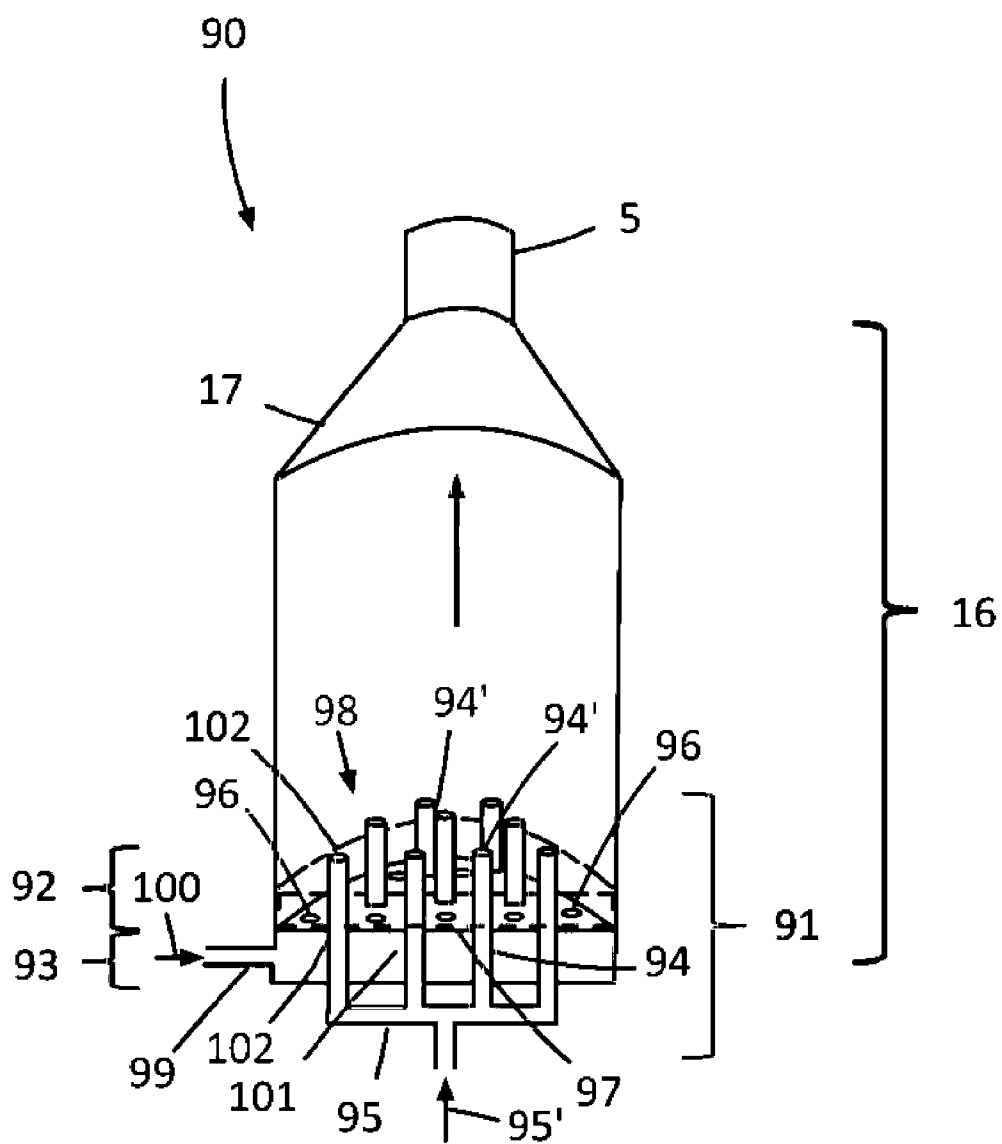


Fig. 6

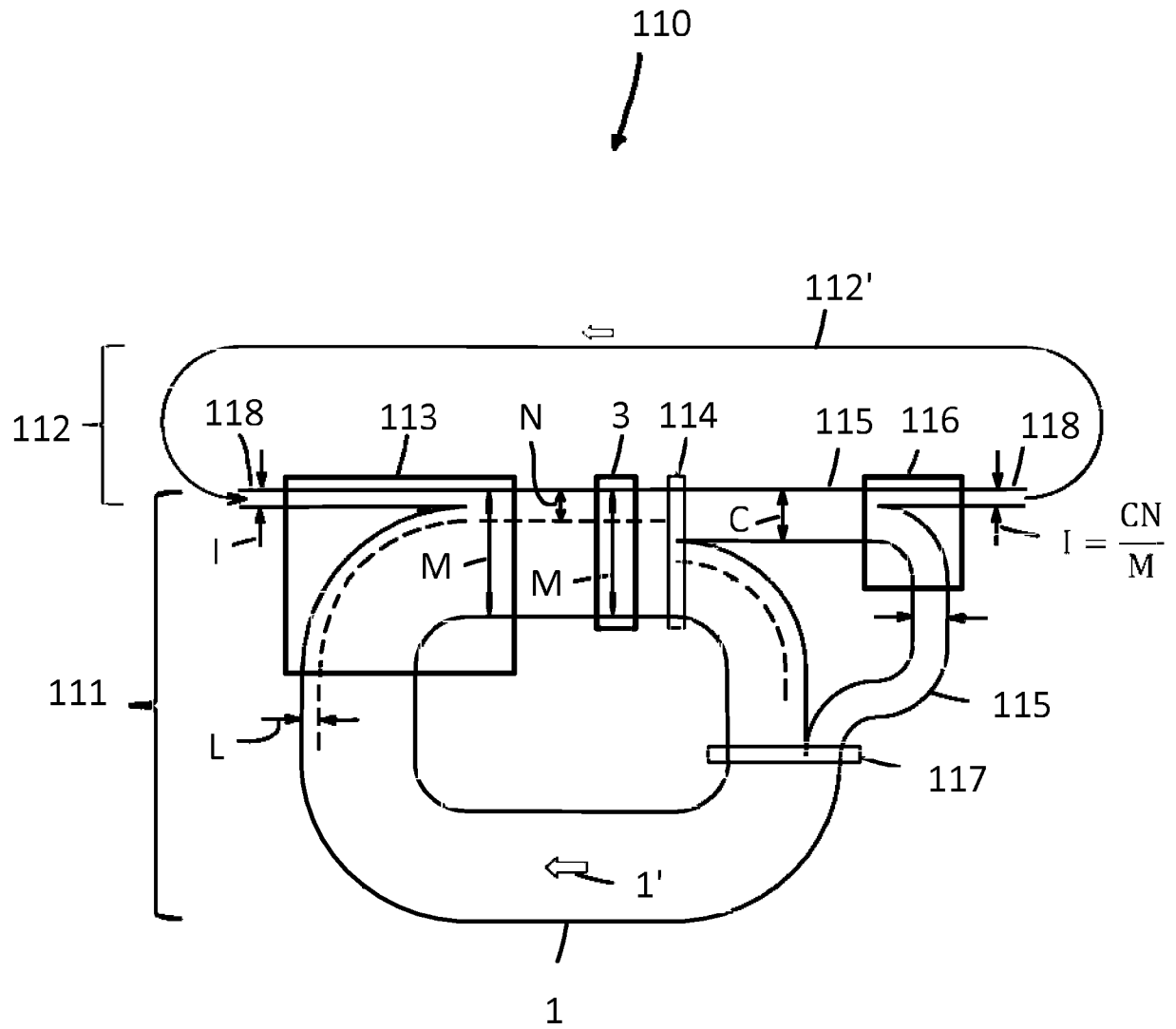


Fig. 7