



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.05.2024 Patentblatt 2024/21

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H05B 3/40 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22207556.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H05B 3/40; H05B 2203/022; H05B 2214/03

(22) Anmeldetag: **15.11.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **Millner, Robert**
3382 Loosdorf (AT)
- **Rische, Marco**
44534 Lünen (DE)
- **Walther, Axel**
45731 Waltrop (DE)
- **Ennen, Martin**
30163 Hannover (DE)

(71) Anmelder:

- **Primetals Technologies Austria GmbH**
4031 Linz (AT)
- **ABP Induction Systems GmbH**
44147 Dortmund (DE)

(74) Vertreter: **Metals@Linz**
Primetals Technologies Austria GmbH
Intellectual Property Upstream IP UP
Turmstraße 44
4031 Linz (AT)

(72) Erfinder:

- **Hauzenberger, Franz**
4030 Linz (AT)

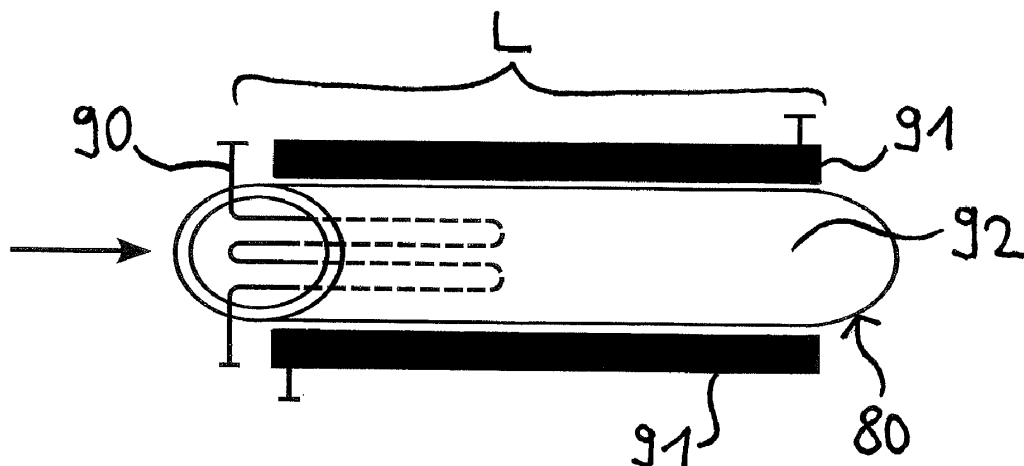
(54) **ELEKTRISCHE AUFHEIZUNG VON GAS**

(57) Verfahren zur Aufheizung eines durch ein Rohr (80) strömenden Gases mittels elektrischen Stroms, wobei Wärmeenergie von einem Widerstandsheizelement (90, 91) direkt und/oder indirekt auf das Gas übertragen wird.

Mit zumindest einem Widerstandsheizelement (90,

91) versehenes Rohr (80), geeignet zur Aufheizung eines durch das Rohr strömenden Gases mittels elektrischen Stromes durch direkte und/oder indirekte Übertragung von Wärmeenergie vom Widerstandsheizelement (90, 91) auf das aufzuheizende Gas.

Fig. 1e



Beschreibung

Gebiet der Technik

- 5 **[0001]** Die Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Aufheizung eines durch ein Rohr strömenden Gases mittels elektrischen Stroms, sowie ein mit Heizelement versehenes Rohr.

Stand der Technik

- 10 **[0002]** Bei der Direktreduktion von Metalloxiden mittels eines Reduktionsgases wird oft katalytische Reformierung bei der Zubereitung des Reduktionsgases genutzt. Das Reduktionsgas basiert auf einem oder mehreren Vorläufergasen. Zumindest ein Vorläufergas basiert auf durch katalytische Reformierung von kohlenwasserstoffhaltigem Gas in einem Reformer erhaltenem Reformergas. Bei der katalytischen Reformierung wird kohlenwasserstoffhaltiges Gas in einem Reformer reformiert, dabei wird Wärmeenergie benötigt, die dem Reformer zugeführt werden muss. Bei der Reformierung strömt das dem Reformer zwecks Reformierung zugeführte Gas durch mit Katalysator befüllte Reformerrohre. Damit
15 die für ökonomisch sinnvollen Ablauf der vom Katalysator katalysierten Reformierungsreaktionen erforderlichen thermodynamischen und kinetischen Bedingungen herrschen, werden der Reformer beziehungsweise die Reformerrohre beheizt. Es ist üblich, mittels Brennern zu erhitzen, was jedoch zu gegebenenfalls ungewünschten Abgasen führt; beispielsweise wird bei Verwendung fossiler kohlenstoffbasierter Energieträger in den Brennern CO₂ emittiert. Aus
20 WO2014040997A1 ist es auch grundsätzlich bekannt, einen Reformer elektrisch zu beheizen.

Zusammenfassung der Erfindung

Technische Aufgabe

- 25 **[0003]** Es sollen ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgestellt werden, die Aufheizung eines durch ein Rohr strömenden Gases, beziehungsweise Beheizung eines Reformerrohres eines Reformers - beziehungsweise Aufheizung eines durch ein Reformerrohr eines Reformers strömenden Gases - mit elektrischem Strom erlauben.

Technische Lösung

- [0004]** Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Aufheizung eines durch ein Rohr strömenden Gases mittels elektrischen Stroms, wobei Wärmeenergie von einem Widerstandsheizelement direkt und/oder indirekt auf das Gas übertragen wird.
35 **[0005]** In der Formulierung "von einem Widerstandsheizelement" ist "einem" ein unbestimmter Artikel; es kann von einem einzigen Widerstandsheizelement oder von mehreren Widerstandsheizelementen Wärmeenergie übertragen werden.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

- 40 **[0006]** Die Rohre, durch die das aufzuheizende Gas strömt, sind beispielsweise Reformerrohre eines Reformers; das aufzuheizende Gas strömt zwecks Reformierung durch die Reformerrohre.
[0007] Das durch das Rohr strömende Gas kann aus einem einzigen Bestandteil bestehen, oder es kann ein Gemisch mehrerer Bestandteile sein. Beispielsweise kann der Gasstrom, der durch das Gas strömt, ein Gemisch sein, das
45 Wasserstoff und eine oder mehrere andere Komponenten enthält, wie beispielsweise Methan CH₄ oder höhere Kohlenwasserstoffe. Vorzugsweise wird das Verfahren eingesetzt bei der Direktreduktion von Metalloxiden unter Verwendung eines Reduktionsgases, das auf zumindest teilweise auf durch katalytische Reformierung von kohlenwasserstoffhaltigem Gas in einem Reformer erhaltenem Reformergas basiert. Das dem Reformer zwecks Reformierung zugeführte Gas ist kohlenwasserstoffhaltig; die Kohlenwasserstoffe werden den Reformierungsreaktionen unterworfen. Das dem
50 Reformer zwecks Reformierung zugeführte Gas kann beispielsweise ein Gemisch aus Abgas eines Direktreduktionsreaktors mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Gas wie beispielsweise Erdgas sein.
[0008] Das Verfahren kann dazu dienen, zur Reformierung in den Reformer einzuleitendes kohlenwasserstoffhaltiges Gas in Rohren einer Kohlenwasserstoffgasrohrzuleitung aufzuheizen. Das Verfahren kann dazu dienen, in dem Reformer zwecks Reformierung durch Reformerrohre strömendes Gas aufzuheizen. Das Verfahren kann dazu dienen, ein dem Reformergas zuzumischendes Vorläufergas in einer Vorläufergasrohrzuleitung aufzuheizen; beispielsweise kann Wasserstoff H₂ beziehungsweise ein Wasserstoff H₂-haltiges Gas dem Reformergas zugemischt werden.
55 **[0009]** Der elektrische Strom dient der Aufheizung beziehungsweise Beheizung basierend auf dem Prinzip der Widerstandsheizung. Widerstandsheizelemente werden vom elektrischen Strom durchflossen und erhitzen sich dadurch;

Wärmeenergie kann dann von ihnen auf andere Körper beziehungsweise Medien übertragen werden. Die Übertragung kann direkt sein, wobei Wärmeenergie nach dem Verlassen des Widerstandsheizelementes direkt in den aufzuheizenden Körper beziehungsweise das aufzuheizende Medium - also beispielsweise das durch ein Rohr strömendes Gas - übergeht; oder sie kann indirekt sein, wobei Wärmeenergie vom Widerstandsheizelement nicht direkt in den Körper beziehungsweise das Medium übergeht, für welche die Aufheizung eine gewünschte Temperatur einstellen soll, sondern vom Widerstandsheizelement direkt in einen anderen Körper und/oder ein anderes Medium übergeht, und danach erst von dem anderen Körper und/oder dem anderen Medium direkt oder indirekt über weitere Körper und/oder Medien in den Körper beziehungsweise das Medium übergeht, für welche die Aufheizung eine gewünschte Temperatur einstellen soll.

[0010] Die Aufheizung beziehungsweise Beheizung kann nur mit elektrischem Strom erfolgen, oder es können zusätzlich dazu auch eine oder mehrere andere Methoden zur Aufheizung beziehungsweise Beheizung eingesetzt werden; beispielsweise Brenner.

[0011] Nach einer Variante kann das vom Gas durchströmte Rohr selbst das Widerstandsheizelement sein. Dann ist das durchströmende Gas in direktem Kontakt mit dem Widerstandsheizelement. Dann wird die Wärmeenergie direkt vom Widerstandsheizelement Rohr auf das Gas übertragen.

[0012] Nach einer anderen Variante kann das vom Gas durchströmte Rohr, welches selbst kein Widerstandsheizelement ist, mit einem Widerstandsheizelement direkt oder indirekt in Kontakt stehen, so dass Wärmeenergie von dem Widerstandsheizelement auf das Rohr übertragen wird, und vom Rohr auf das Gas übertragen wird. Das Gas wird also indirekt vom Widerstandsheizelement aufgeheizt.

[0013] Das Rohr kann beispielsweise von außen mittels Heizspiralen oder andersartigen Widerstandsheizelementen erwärmt werden, was zur Erwärmung des Gases im Inneren des Rohres führt.

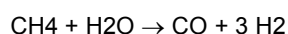
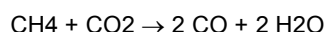
[0014] Nach einer anderen Variante ist im Rohr zumindest ein vom aufzuheizenden Gas umströmtes Widerstandsheizelement vorhanden - als vom Rohr separates Bauelement. Dann ist das durchströmende Gas in direktem Kontakt mit dem Widerstandsheizelement. Dann wird die Wärmeenergie direkt vom Widerstandsheizelement auf das Gas übertragen.

[0015] Es ist auch möglich, dass bei einem Rohr für ein Gas sowohl direkter als auch indirekter Kontakt mit Widerstandsheizelementen gegeben sind. Aufheizung des Gases durch Übertragung von Wärmeenergie erfolgt dann sowohl direkt als auch indirekt. Dabei ist es bevorzugt, wenn direkte Aufheizung erfolgt, bevor indirekte Aufheizung erfolgt. Für direktes und indirektes Vorgehen wird beispielsweise eine Kombination von zwei oder mehr der voranstehend genannten Varianten eingesetzt.

[0016] Nach einer Variante des Verfahrens ist das Rohr mit Katalysator für die gewünschte Reformierungsreaktion befüllt. In so einem Fall handelt es sich beispielsweise um ein Reformerrohr eines Reformers.

[0017] Das Reformerrohr eines Reformers kann wie voranstehend für die Aufheizung eines Gases in einem Rohr ausgeführt beheizt werden, wobei es also entweder selbst als Widerstandsheizelement dient oder mit einem Widerstandsheizelement direkt oder indirekt in Kontakt steht. Wie bezüglich Rohr ausgeführt, ist es auch möglich, dass bei einem Reformerrohr sowohl direkter als auch indirekter Kontakt mit Widerstandsheizelementen gegeben sind.

[0018] Durch einen Katalysator, beispielsweise Nickel (Ni) basiert, unterstützte Reformierungsreaktionen sind beispielsweise Reformierung von CH₄ Methan mit CO₂ Kohlendioxid oder H₂O Wasser unter Bildung von CO Kohlenmonoxid und H₂ Wasserstoff nach



[0019] Vorzugsweise kann die Temperatur des Widerstandsheizelementes und/oder die Heizleistung des Widerstandsheizelementes entlang der Längserstreckung des vom Gas durchströmten Rohres gesteuert und/oder geregelt werden. Somit kann die Aufheizung beziehungsweise Beheizung je nach Position entlang der Längserstreckung ausgehend von verschiedener Temperatur des Widerstandsheizelementes und/oder mit verschiedener Heizleistung erfolgen. Auf diese Weise kann beispielsweise beeinflusst werden, welche Temperaturdifferenz zum Gas besteht - was den Wärmefluss beeinflusst -, beziehungsweise welche Temperatur das Rohr maximal erreichen kann - einer Überschreitung der maximal zulässigen Temperatur für das Rohrmaterial kann so entgegengewirkt werden. Die Heizleistung (in Watt (W)) ist als Produkt von Spannung (in Volt (V)) * Stromstärke (in Ampere (A)) * Wirkungsgrad (η) definiert. Entsprechend ist es bevorzugt, wenn die Temperatur des Widerstandsheizelementes und/oder die Heizleistung des Widerstandsheizelementes entlang der Längserstreckung des Reformerrohres gesteuert und/oder geregelt werden kann. Somit kann die Aufheizung beziehungsweise Beheizung je nach Position entlang der Längserstreckung ausgehend von verschiedener Temperatur des Widerstandsheizelementes und/oder mit verschiedener Heizleistung erfolgen. Dadurch kann beispielsweise beeinflusst werden, wie schnell oder vollständig die Umsetzungen an einem Katalysator im Rohr ablaufen.

[0020] Vorzugsweise wird zumindest ein Parameter des aufgeheizten Gases aus der Gruppe von Parametern beste-

hend aus

- Gastemperatur,
- Methan CH₄-Gehalt,
- Kohlendioxid CO₂-Gehalt,

bestimmt

und

zur Regelung und/oder Steuerung zumindest eines Parameters
aus der Gruppe von Parametern bestehend aus.

- Temperatur des Widerstandsheizelementes,
- Heizleistung des Widerstandsheizelementes,
- Wasserdampfgehalt des in das Rohr eintretenden Gases,
- Erdgasanteil im in das Rohr eintretenden Gas,
herangezogen.

[0021] Auf diese Weise kann beispielsweise Wasserdampfgehalt oder Erdgasanteil in einem kohlenwasserstoffhaltigen Gas, das einem Reformer zugeführt wird, geregelt werden auf Basis von Methangehalt oder CO₂-Gehalt des Reformergases; das Reformergas ist das aus dem Reformerrohr austretende Gas. Letztere Parameter geben Auskunft über das Ausmaß der Reformierungsreaktion im Reformer. Insgesamt kann so die Effektivität und Effizienz der Reformierung geregelt werden.

[0022] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Anmeldung ist ein mit zumindest einem Widerstandsheizelement versehenes Rohr, geeignet zur Aufheizung eines durch das Rohr strömenden Gases mittels elektrischen Stromes durch direkte und/oder indirekte Übertragung von Wärmeenergie vom Widerstandsheizelement auf das aufzuheizende Gas. Das Rohr weist einen Rohrkörper mit Hohlraum zur Leitung des aufzuheizenden Gases auf.

[0023] Ein Rohr versehen mit einem Widerstandsheizelement kann auf verschiedene Arten ausgeführt sein.

[0024] Eine Art der Ausführung ist beispielsweise

dass das Rohr neben einem Rohrkörper mit Hohlraum zur Leitung des aufzuheizenden Gases ein separat vom Rohrkörper konstruiertes Widerstandsheizelement umfasst - das mit dem Rohrkörper bezüglich Wärmeleitung beispielsweise direkt oder indirekt in Kontakt steht.

[0025] Eine Art der Ausführung ist beispielsweise,

dass der Rohrkörper selbst das Widerstandsheizelement - wenn das Rohr mit nur einem Widerstandsheizelement versehen ist beziehungsweise eines von mehreren vorhandenen Widerstandsheizelementen ist.

[0026] Eine Art der Ausführung ist beispielsweise,

dass ein separat vom Rohrkörper konstruiertes Widerstandsheizelement im Hohlraum des Rohres angeordnet ist, ohne dass es mit dem Rohrkörper bezüglich Wärmeleitung in Kontakt steht.

[0027] Bei der letztgenannten Anordnung eines separat vom Rohrkörper konstruierten Widerstandsheizelements im Hohlraum ohne Kontakt mit dem Rohrkörper zum Zweck einer Wärmeleitung kann eine Verbindung mit dem Rohrkörper zwecks Abstützung am Rohrkörper oder hinsichtlich durch den Rohrkörper zum Widerstandsheizelement geführter Drähte für elektrischen Strom vorhanden sein.

[0028] Eine Art der Ausführung ist beispielsweise ein Rohr, das beliebige zwei oder alle der voranstehend genannten drei Varianten von Arten der Ausführung aufweist - also sowohl neben einem Rohrkörper mit Hohlraum zur Leitung des Gases ein separat vom Rohrkörper konstruiertes Widerstandsheizelement als auch einen selbst als Widerstandsheizelement wirkenden Abschnitt des Rohrkörpers.

[0029] Das Rohr kann eine mehrschichtige Konstruktion aufweisen. Es handelt sich dabei um eine "Rohr in Rohr"-Konstruktion. Durch ein inneres Rohrelement strömt das Gas, anschließend vom Hohlraum des inneren Rohrelementes in Richtung nach außen gesehen befinden sich Widerstandsheizelemente und / oder eine Isolierung - Isolierung im Sinne von Wärmeisolierung. Falls nur eine Isolierung vorhanden ist, kann beispielsweise das innere Rohrelement selbst als Widerstandsheizelement dienen, oder das Rohr umfasst im Hohlraum des inneren Rohrelementes ein separat vom Rohrkörper konstruiertes Widerstandsheizelement. Anschließend folgt ein äußeres Rohrelement, das beispielsweise die Funktion eines drucktragenden Teils übernimmt.

[0030] Um den Druck im Zwischenraum zwischen den beiden Rohrelementen definiert einzustellen, kann ein aktiv geregelter oder passiver Druckausgleich zwischen Hohlraum im inneren Rohrelement und Zwischenraum zwischen inneren Rohrelement und äußerem Rohrelement vorgesehen werden.

[0031] Es soll der Druck im Zwischenraum nur geringfügig vom Druck im inneren Rohrelement abweichen, damit das innere Rohrelement praktisch keinem Druck standhalten muss. Dies wird durch eine Gasverbindung zwischen Hohlraum des inneren Rohrelementes und dem Zwischenraum erreicht.

[0032] Die Gasverbindung muss jedoch für eine nur geringe Menge ausgelegt sein, damit sich das äußere Rohrelement im Falle, dass heißes Gas in den Zwischenraum strömt, nur vernachlässigbar erwärmt. Vorteilhafterweise ist die Atmosphäre im Zwischenraum inert, beispielsweise eine Stickstoffatmosphäre.

[0033] Beispielsweise mögliche Varianten einer Gasverbindung zwischen Hohlraum des inneren Rohrelementes und Zwischenraum:

Variante 1: Vorhandensein zumindest eines kleinen Lochs in der Wand des inneren Rohrelementes, das eine Verbindung zum Zwischenraum darstellt. Optional auch separate Gaseinspeisung, beispielsweise Stickstoff (N₂), in den Zwischenraum, geregelt oder ungeregelt. Vorteilhafterweise befinden sich das kleine Loch und die Gaseinspeisung in Längsrichtung des Rohres gesehen möglichst weit voneinander entfernt. Optional Messung des Differenzdruckes zwischen Zwischenraum und Hohlraum des inneren Rohrelementes und Regelung des Drucks im Zwischenraum auf einen Sollwert durch Regelung der Menge der Gaseinspeisung.

Variante 2: Vorhandensein einer Verbindungsleitung zwischen Hohlraum des inneren Rohrelementes und Zwischenraum; optional mit Durchflussbegrenzung wie beispielsweise Ventilen. Die Verbindungsleitung ist dabei nicht durch die Wand des inneren Rohrelementes geführt. In die Verbindungsleitung kann eine Gaseinspeisung erfolgen, um die bei Variante 1 bezüglich Gaseinspeisung erläuterten Spielarten zu ermöglichen. Optional sind Verbindungsleitung und Gaseinspeisung getrennt, vorteilhafterweise ist der Abstand zwischen Verbindungsleitung und Gaseinspeisung möglichst groß.

[0034] Der Druckausgleich kann zum Beispiel aktiv geregelt werden, indem der Zwischenraum zwischen innerem Rohrelement und äußerem Rohrelement mit Stickstoff beaufschlagt wird, sodass der Druck des Stickstoffes geringfügig - beispielsweise 1 - 25 kPa - über dem Druck des durch das innere Rohrelement strömenden Gas eingestellt wird.

[0035] Die Realisierung eines passiven Druckausgleiches kann dahingehend realisiert werden, dass es eine kleine Verbindung zwischen dem Innenraum des inneren Rohrelementes und dem Zwischenraum zwischen innerem Rohrelement und äußerem Rohrelement gibt, die den Gasaustausch begrenzt, sodass praktisch nur eine vernachlässigbare Erwärmung des äußeren Rohrelements erfolgt.

[0036] In den Zwischenraum kann auch zusätzlich Stickstoff eingeleitet werden, sodass sich hier eine großteils inerte Atmosphäre befindet.

[0037] Der Vorteil einer mehrschichtigen Konstruktion nach dem "Rohr-im-Rohr"-Prinzip ist, dass das äußere Rohrelement weniger stark erwärmt wird als das innere Rohrelement - beispielsweise weist das äußere Rohrelement eine Temperatur < 200 °C auf, während das innere Rohrelement eine Temperatur > 800 °C aufweist. Das äußere Rohrelement wirkt als drucktragender Bauteil, was bei niedrigeren Temperaturen einfacher zu realisieren ist.

[0038] Das Rohr hat an jeder Stelle seiner Längserstreckung einen inneren Durchmesser und einen äußeren Durchmesser. Durch den Hohlraum des Rohres strömt das Gas, er wird durch eine Wand begrenzt. Die den Hohlraum, durch welchen das Gas strömt, begrenzende Wand des Rohres weist an jeder Stelle ihrer Längserstreckung ein bestimmtes Materialvolumen pro Längeneinheit auf.

[0039] Wenn die Wand über die Längserstreckung des Rohres konstante Dicke aufweist und innerer Durchmesser des Rohres und äußerer Durchmesser des Rohres ebenfalls über die Längserstreckung des Rohres konstant bleiben, ist auch das Materialvolumen pro Längeneinheit über die Längserstreckung des Rohres konstant. Wenn sich innerer Durchmesser und äußerer Durchmesser des Rohres über die Längserstreckung des Rohres ändern, während die Dicke der Wand über die Längserstreckung des Rohres gleich bleibt, ändert sich das Materialvolumen pro Längeneinheit über die Längserstreckung des Rohres. Wenn sich nur innerer Durchmesser oder nur äußerer Durchmesser des Rohres über die Längserstreckung des Rohres ändern, und der jeweils andere Durchmesser über die Längserstreckung des Rohres gleich bleibt, ändert sich die Dicke der Wand des Rohres und entsprechend auch das Materialvolumen pro Längeneinheit über die Längserstreckung des Rohres.

[0040] Bevorzugt ist es, wenn das Materialvolumen pro Längeneinheit für die den Hohlraum begrenzende Wand entlang der Längserstreckung des Rohres verschiedene Werte aufweist. Dadurch ändert sich der elektrische Widerstand in Längsrichtung, was eine unterschiedliche elektrische Heizleistung in Längsrichtung bewirkt, wenn das Rohr selbst als Heizelement wirkt. Nach einer Ausführungsform weist das Rohr eine über seine Längserstreckung inkonstante Dicke der den Hohlraum begrenzenden Wand auf. Dabei kann beispielsweise der innere Durchmesser des Rohres - also der Durchmesser des Hohlraums, durch den das aufzuheizende Gas strömt - konstant bleiben und sich nur der äußere Durchmesser des den Hohlraum begrenzenden Rohres ändern, oder umgekehrt oder beides. Durch die in Längsrichtung verschiedene Dicke der Wand und/oder verschiedenen Umfang in Längsrichtung ändern sich die Materialmasse und das Materialvolumen pro Längeneinheit und somit der elektrische Widerstand in Längsrichtung des Rohres, was eine unterschiedliche elektrische Heizleistung in Längsrichtung bewirkt, wenn das Rohr selbst als Heizelement wirkt.

[0041] Eine bevorzugte Ausführungsform ist, dass das Rohr eine über seine Längserstreckung inkonstante Dicke der den Hohlraum begrenzenden Wand aufweist bei inkonstantem äußerem Durchmesser des Rohres.

[0042] Nach einer Ausführungsform weist das Rohr eine über seine Längserstreckung konstante Dicke der den Hohlraum begrenzenden Wand auf bei inkonstantem äußerem Durchmesser des Rohres.

[0043] Das Rohr kann also auch in Längsrichtung unterschiedliche äußere Durchmesser bei konstanter Dicke der den Hohlraum begrenzenden Wand aufweisen. Änderung des äußeren Durchmessers des Rohres kann kontinuierlich sein - beispielsweise bei einem kegelstumpfförmigen Rohr-, oder sprunghaft. Durch die unterschiedlichen Durchmesser ergibt sich ein verschiedener Umfang und damit verbunden wird für eine Längeneinheit verschieden viel Rohrmaterial eingesetzt. Somit ergeben sich unterschiedliche Materialmassen des Rohres und unterschiedliches Materialvolumina pro Längeneinheit in Längsrichtung des Rohres. Durch diese unterschiedliche Materialmassen beziehungsweise Materialvolumina ergibt sich ebenfalls ein sich ändernder elektrischer Widerstand in Längsrichtung, was bei gleichbleibender Stromstärke eine unterschiedliche elektrische Heizleistung in Längsrichtung bewirkt, wenn das Rohr selbst als Heizelement wirkt.

[0044] Nach einer Ausführungsform ist das Rohr ein mit Katalysator befülltes Reformerrohr.

[0045] Mehrere Reformerrohre können in einer Umhüllung untergebracht sein, die beispielsweise Reformbox genannt wird.

[0046] Bevorzugt ist eine mehrere Reformerrohre enthaltende Reformbox, in der die Atmosphäre so eingestellt werden kann, dass die Lebensdauer der Widerstandsheizelemente möglichst verlängert beziehungsweise maximiert wird; beispielsweise kann eine Stickstoff- oder Argon-Atmosphäre durch Einleiten von Stickstoff oder Argon in die Reformbox eingestellt werden. Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Anmeldung ist eine mehrere Reformerrohre enthaltende Reformbox, die eine Vorrichtung zur Einstellung der Atmosphäre in der Reformbox aufweist. Durch diese Vorrichtung kann die Atmosphäre in der Reformbox so eingestellt werden, dass die Lebensdauer von Widerstandsheizelementen möglichst verlängert beziehungsweise maximiert wird; sie kann dazu beispielsweise eine oder mehrere Gaszuleitungen zur Einleitung von Stickstoff- und/oder Argon-haltigem Gas in die Reformbox umfassen.

[0047] Beim Betrieb der Reformbox kann eine Kühlung erforderlich sein, um die Temperatur in der Reformbox und/oder der Reformbox zu begrenzen. Die bei der Kühlung abgeführte Wärme kann genutzt werden, beispielsweise zur Vorwärmung von gegebenenfalls bei der Direktreduktion verwendeten Gasen, oder zur Erzeugung von gegebenenfalls bei der Direktreduktion verwendetem Heißwasser, oder zur Erzeugung von gegebenenfalls bei der Direktreduktion verwendetem Dampf. Dasselbe gilt für Reformerrohre, die nicht in einer Reformbox untergebracht sind; auch bei diesen kann eine Kühlung im Betrieb erforderlich sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0048] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung von Ausführungsformen, die im Zusammenhang mit den schematischen und beispielhaften Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen:

Fig. 1a - 1j Ausführungsformen mit verschiedenen Varianten der Ausführung und Anordnung von Widerstandsheizelementen und Rohr.,

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform mit mehrschichtiger Konstruktion des Rohres.

Fig. 3a und 3b zeigen eine Ausführungsform, bei der das Rohr eine über seine Längserstreckung L inkonstante Wanddicke aufweist.

Fig 4a und 4b zeigen eine Ausführungsform, bei der das Rohr 240 eine über seine Längserstreckung L inkonstante Wanddicke aufweist.

Beschreibung der Ausführungsformen

Beispiele

[0049] Figur 1a zeigt eine Ausführungsform eines mit einem Widerstandsheizelement - hier einem Heizdraht 10 - versehenen Rohres 20, das geeignet ist, durch das Rohr 20 strömendes Gas - dargestellt durch einen Pfeil - mittels elektrischen Stromes aufzuheizen. Dargestellt ist ein Rohr 20, das mit einem Heizdraht 10 spiralförmig umwickelt ist. Das Gas strömt durch den Hohlraum 30 des Rohres 20. Wenn der Heizdraht 10 von Strom durchflossen wird, wird er das Rohr 20 beheizen, und der durch den Hohlraum 30 strömende Gasstrom im Rohr 20 wird indirekt - übertragen durch das aufgeheizte Rohr 20 - Wärmeenergie vom Widerstandsheizelement Heizdraht 10 empfangen. Der Heizdraht 10 verbindet Zuleitung und Ableitung für elektrischen Strom. Der Heizdraht 10 als separat vom Rohrkörper 21 konstruiertes Widerstandsheizelement steht mit dem Rohrkörper 21 direkt in Kontakt. Wenn zwischen Widerstandsheizelement Heizdraht 10 und Rohrkörper 21 ein Abstand besteht - wobei der Abstand mit einem wärmeleitenden Material ausgefüllt sein kann, oder sich in dem Abstand einfach nur ein Gas wie beispielsweise Luft oder ein Inertgas wie etwa Stickstoff befinden

kann -, würde der Heizdraht 10 indirekt mit dem Rohrkörper 21 in Kontakt stehen.

[0050] Figur 1b zeigt einen Längsschnitt durch das in Figur 1a dargestellte Rohr 20.

[0051] Figur 1c zeigt schematisch ein Rohr 40, bei dem der Rohrkörper 41 selbst das Widerstandsheizelement ist; am Rohr 40 sind Zuleitung 51 und Ableitung 52 für elektrischen Strom vorhanden.

[0052] Figur 1d zeigt schematisch ein Rohr 60, bei dem die beiden in Figuren 1a und 1c dargestellten Varianten verwirklicht sind; der Abschnitt A der Längserstreckung L des Rohrkörpers 61 wirkt selbst als Widerstandsheizelement, im Abschnitt B der Längserstreckung L des Rohrkörpers wirkt ein Heizdraht 70 als Widerstandsheizelement.

[0053] Figur 1e zeigt schematisch ein Rohr 80, bei dem ein separat vom Rohrkörper konstruiertes, vom aufzuheizenden Gas umströmtes Widerstandsheizelement 90 im Hohlraum 92 vorhanden ist, das mit dem Rohrkörper nicht in Kontakt steht. Dieses Widerstandsheizelement ist ein vom Rohr 80 separates Bauelement. Das Widerstandsheizelement 90 heizt den Gasstrom in einem vorderen Teil der Längserstreckung L des Rohres 80 - gesehen in Richtung des Gasstroms - direkt auf.

[0054] Zusätzlich erfolgt in der dargestellten Variante über die gesamte Längserstreckung L des Rohres 80 eine indirekte Aufheizung mittels eines weiteren Widerstandsheizelementes 91. Dieses kann durch eine Isolierung gegen nicht in das Rohr 80 gerichteten Wärmefluss isoliert sein.

[0055] Figur 1f zeigt schematisch ein Rohr 100, bei dem ein separat vom Rohrkörper konstruiertes Widerstandsheizelement 110 - das mit dem Rohrkörper nicht in Kontakt steht - im Hohlraum 111 den Gasstrom nur im ersten - gesehen in Gasflussrichtung - Teil C der Längserstreckung L des Rohres 100 direkt aufheizt. Nur im zweiten Teil D der Längserstreckung des Rohres 100 erfolgt indirekte Aufheizung mittels eines weiteren Widerstandsheizelementes 120.

[0056] Figure 1g zeigt schematisch ein Rohr 130, bei dem im ersten - gesehen in Gasflussrichtung - Teil E der Längserstreckung L des Rohres 130 der Gasstrom direkt aufgeheizt wird, wobei das Rohr 130 selbst als Widerstandsheizelement dient. Über die gesamte Längserstreckung L des Rohres 130 wird auch indirekt mittels Widerstandsheizelement 140 aufgeheizt. Die Kombination aus mehreren Heizmethoden parallel bietet sich an, wenn eine Heizmethode allein nicht die gewünschte Heizleistung liefern kann. Im zweiten - gesehen in Gasflussrichtung - Teil F der Längserstreckung L des Rohres 130 wird nur indirekt mittels separatem Widerstandsheizelement 140 aufgeheizt.

[0057] Figure 1h zeigt schematisch ein Rohr 150, bei dem im ersten Teil G - gesehen in Gasflussrichtung - der Längserstreckung L des Rohres 150 der Gasstrom nur direkt aufgeheizt wird, wobei das Rohr 150 selbst als Heizelement dient, und im zweiten Teil H der Längserstreckung des Rohres 150 nur indirekte Aufheizung mittels Widerstandsheizelement 160 erfolgt.

[0058] Figur 1i zeigt schematisch ein Rohr 170, bei dem über die gesamte Längserstreckung L des Rohres 170 der Gasstrom direkt aufgeheizt wird, wobei das Rohr 170 selbst als Widerstandsheizelement dient, und im ersten - gesehen in Gasflussrichtung - Teil I der Längserstreckung L des Rohres 170, nicht aber im zweiten - gesehen in Gasflussrichtung - Teil J der Längserstreckung L des Rohres 170, auch indirekte Aufheizung mittels Widerstandsheizelement 180 erfolgt. Die Kombination aus mehreren Heizmethoden parallel bietet sich an, wenn eine Heizmethode allein nicht die gewünschte Heizleistung liefern kann.

[0059] Figur 1j zeigt schematisch ein Rohr 190, bei dem im Hohlraum 191 ein separat vom Rohrkörper konstruiertes Widerstandsheizelement 200, das mit dem Rohrkörper bezüglich Wärmeleitung nicht in Kontakt steht. Eine Verbindung mit dem Rohrkörper hinsichtlich durch den Rohrkörper zum Widerstandsheizelement 200 geführter Drähte für elektrischen Strom ist vorhanden. Das Widerstandsheizelement 200 heizt den Gasstrom im ersten - gesehen in Gasflussrichtung - Teil K der Längserstreckung L des Rohres 200 direkt auf. Zusätzlich erfolgt über die Längserstreckung L des Rohres 190 indirekte Aufheizung mittels Widerstandsheizelement 210. Zusätzlich erfolgt über die Längserstreckung L des Rohres 190 direkte Aufheizung, wobei das Rohr 190 selbst als Widerstandsheizelement dient. Die Kombination aus mehreren Heizmethoden parallel bietet sich an, wenn eine Heizmethode allein nicht die gewünschte Heizleistung liefern kann.

[0060] Figur 2 zeigt eine Ausführungsform mit mehrschichtiger Konstruktion des Rohres. Durch ein inneres Rohrelement X strömt der Gasstrom. Das innere Rohrelement X ist als Widerstandsheizelement ausgeführt und ist mit Zuleitung und Ableitung für elektrischen Strom versehen. Das innere Rohrelement X ist von einer Isolierung Y umhüllt. Inneres Rohrelement X und Isolierung Y befinden sich innerhalb des äußeren Rohrelementes Z; dieses kann als drucktragendes Teil dienen. Um den Druck im Raum zwischen den beiden Rohrelementen X und Z definiert einzustellen, kann ein aktiv geregelter oder passiver Druckausgleich zwischen dem Raum im Rohrelement X und dem Raum zwischen den Rohrelementen X und Z vorgesehen werden; was nicht extra zeichnerisch dargestellt ist.

[0061] Figur 3a zeigt eine Ausführungsform, bei der das Rohr 220 eine über seine Längserstreckung L inkonstante Wanddicke aufweist. Figur 3b zeigt diese Ausführungsform seitlich im Schnitt. Der innere Durchmesser d, also der Durchmesser des Hohlraums 230, durch den Gas strömen kann, bleibt konstant, während der äußere Durchmesser D sich einmal sprunghaft ändert - die Wanddicke des Rohres 220 ist also inkonstant, sie ändert sich sprunghaft über die Längserstreckung L des Rohres 220.

[0062] Figur 4a zeigt eine Ausführungsform, bei der das Rohr 240 eine über seine Längserstreckung L inkonstante Wanddicke aufweist. Figur 4b zeigt diese Ausführungsform seitlich im Schnitt. Der innere Durchmesser d, also der Durchmesser des Hohlraums 250, durch den Gas strömen kann, nimmt von links nach rechts, also in Richtung des

Gasstroms stetig ab, während der äußere Durchmesser D konstant bleibt - die Wanddicke des Rohres 240 ist also inkonstant, sie ändert sich stetig über die Längserstreckung L des Rohres 240.

[0063] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Liste der Bezugszeichen

[0064]

10	10	Heizdraht
	20	Rohr
	21	Rohrkörper
	30	Hohlraum
15	40	Rohr
	41	Rohrkörper
	51	Zuleitung für elektrischen Strom
	52	Ableitung für elektrischen Strom
	60	Rohr
20	61	Rohrkörper
	70	Heizdraht
	80	Rohr
	90	Widerstandsheizelement
	91	Widerstandsheizelement
25	92	Hohlraum
	100	Rohr
	110	Widerstandsheizelement
	111	Hohlraum
	120	Widerstandsheizelement
30	130	Rohr
	140	Widerstandsheizelement
	150	Rohr
	160	Widerstandsheizelement
	170	Rohr
35	180	Widerstandsheizelement
	190	Rohr
	191	Hohlraum
	200	Widerstandsheizelement
	210	Widerstandsheizelement
40	220	Rohr
	230	Hohlraum
	240	Rohr
	250	Hohlraum
45	L	Längserstreckung
	A	Abschnitt der Längserstreckung
	B	Abschnitt der Längserstreckung
	C	Teil der Längserstreckung
	D	Teil der Längserstreckung
50	E	Teil der Längserstreckung
	F	Teil der Längserstreckung
	G	Teil der Längserstreckung
	H	Teil der Längserstreckung
	I	Teil der Längserstreckung
55	J	Teil der Längserstreckung
	K	Teil der Längserstreckung
	X	inneres Rohrelement

Y Isolierung
Z äußeres Rohrelement

5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufheizung eines durch ein Rohr (80) strömenden Gases mittels elektrischen Stroms, wobei Wärmeenergie von einem Widerstandsheizelement (90, 91) direkt und/oder indirekt auf das Gas übertragen wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vom Gas durchströmte Rohr (130, 150, 170, 190) selbst das Widerstandsheizelement ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vom Gas durchströmte Rohr (80) mit einem Widerstandsheizelement (91) direkt oder indirekt in Kontakt steht, und dass Wärmeenergie von diesem Widerstandsheizelement auf das Rohr übertragen wird, und vom Rohr auf das Gas übertragen wird.
- 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Rohr (80) zumindest ein vom aufzuheizenden Gas umströmtes Widerstandsheizelement (90) vorhanden ist als vom Rohr (80) separates Bauelement.
- 20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Gas sowohl direkter als auch indirekter Kontakt mit Widerstandsheizelementen (90, 91) gegeben sind.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr mit Katalysator für eine Reformierungsreaktion befüllt ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Widerstandsheizelementes (90, 91) und/oder die Heizleistung des Widerstandsheizelementes (90, 91) entlang der Längserstreckung des vom Gas durchströmten Rohres (80) gesteuert und/oder geregelt wird.
- 30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Parameter des aufgeheizten Gases aus der Gruppe von Parametern bestehend aus
 - Gastemperatur,
 - 35 - Methan CH₄-Gehalt,
 - Kohlendioxid CO₂-Gehalt,bestimmt und zur Regelung und/oder Steuerung zumindest eines Parameters aus der Gruppe von Parametern bestehend aus.
 - Temperatur des Widerstandsheizelementes,
 - Heizleistung des Widerstandsheizelementes,
 - 45 - Wasserdampfgehalt des in das Rohr eintretenden Gases,
 - Erdgasanteil im in das Rohr eintretenden Gas, herangezogen wird.
- 50 9. Mit zumindest einem Widerstandsheizelement (90, 91) versehenes Rohr (80), geeignet zur Aufheizung eines durch das Rohr strömenden Gases mittels elektrischen Stromes durch direkte und/oder indirekte Übertragung von Wärmeenergie vom Widerstandsheizelement (90, 91) auf das aufzuheizende Gas.
10. Rohr nach Anspruch 9, wobei das Rohr (130, 150, 170, 190) einen Rohrkörper mit Hohlraum zur Leitung des aufzuheizenden Gases aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohrkörper selbst das Widerstandsheizelement beziehungsweise eines von mehreren vorhandenen Widerstandsheizelementen ist.
- 55 11. Rohr nach einem der Ansprüche 9 bis 10, wobei das Rohr einen Rohrkörper mit Hohlraum zur Leitung des aufzuheizenden Gases aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein separat vom Rohrkörper konstruiertes Wider-

standsheizelement (90) im Hohlraum (92) des Rohres (80) angeordnet ist, ohne dass es mit dem Rohrkörper bezüglich Wärmeleitung in Kontakt steht.

5 **12.** Rohr nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr eine mehrschichtige Konstruktion aufweist.

10 **13.** Rohr nach einem der Ansprüche 9 bis 12, das einen Rohrkörper mit Hohlraum (92) zur Leitung des aufzuheizenden Gases aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Materialvolumen pro Längeneinheit für die den Hohlraum begrenzende Wand entlang der Längserstreckung des Rohres verschiedene Werte aufweist.

14. Rohr nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein mit Katalysator befülltes Reformerrrohr ist.

15 **15.** Eine mehrere Reformerröhre nach Anspruch 14 enthaltende Reformbox, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Vorrichtung zur Einstellung der Atmosphäre in der Reformbox aufweist.

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1a

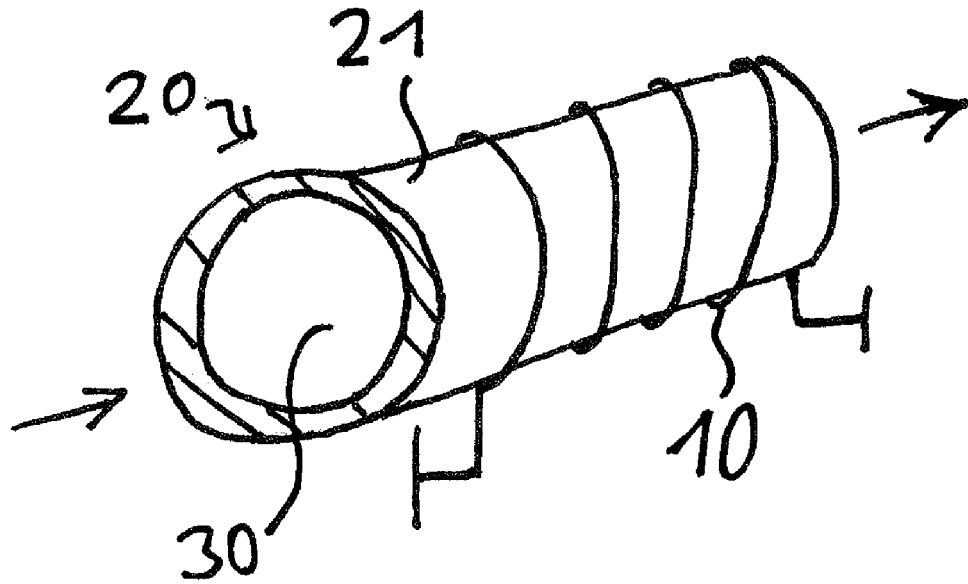


Fig. 1b

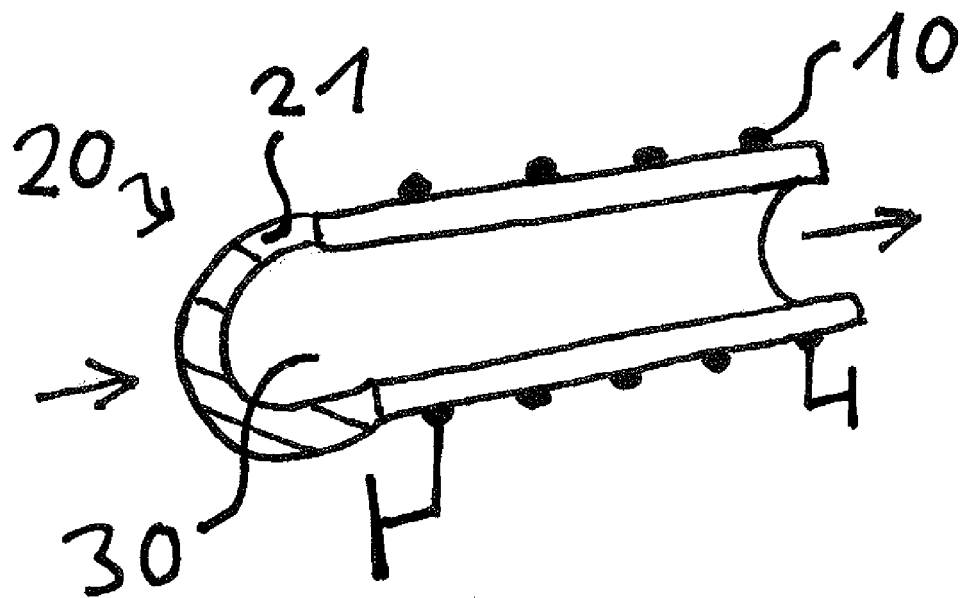


Fig. 1c

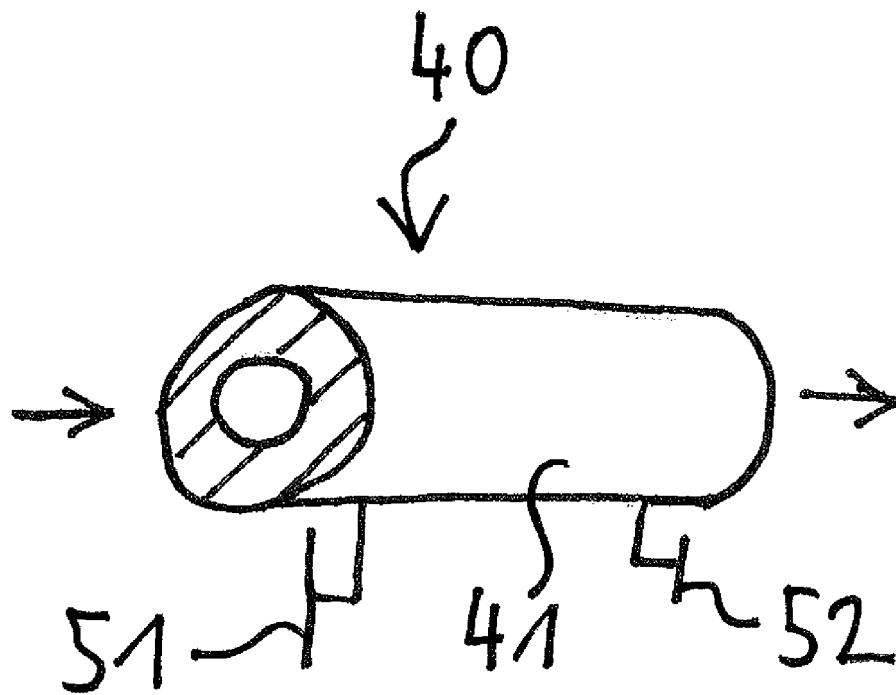


Fig. 1d

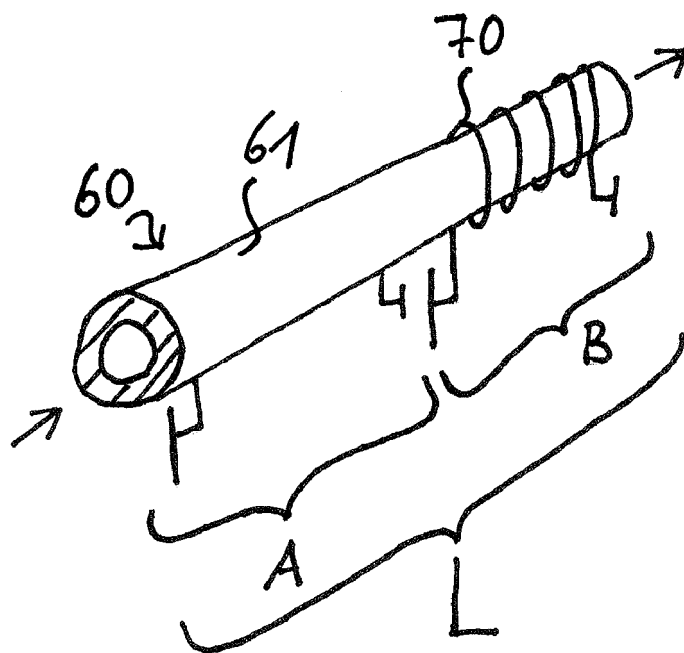


Fig. 1e

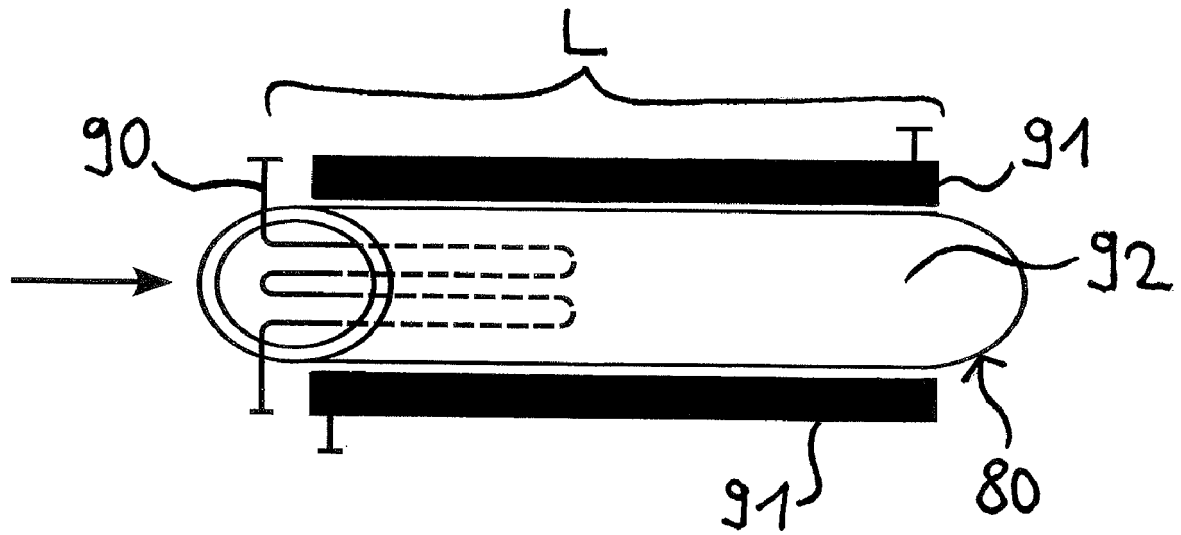


Fig. 1f

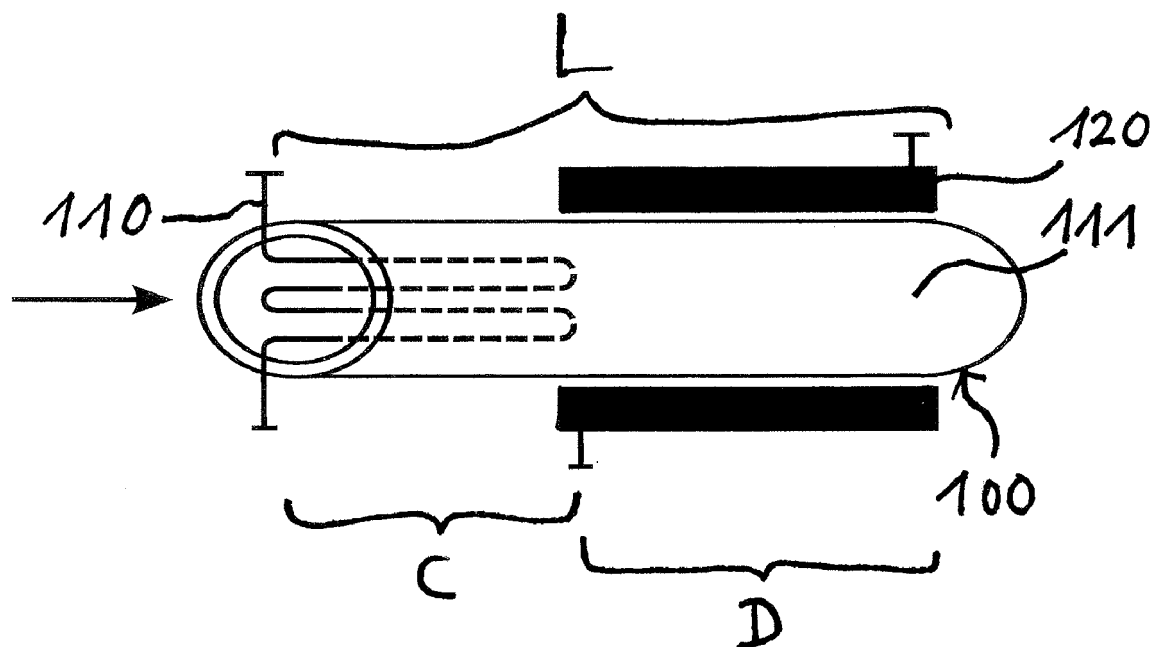


Fig. 1g

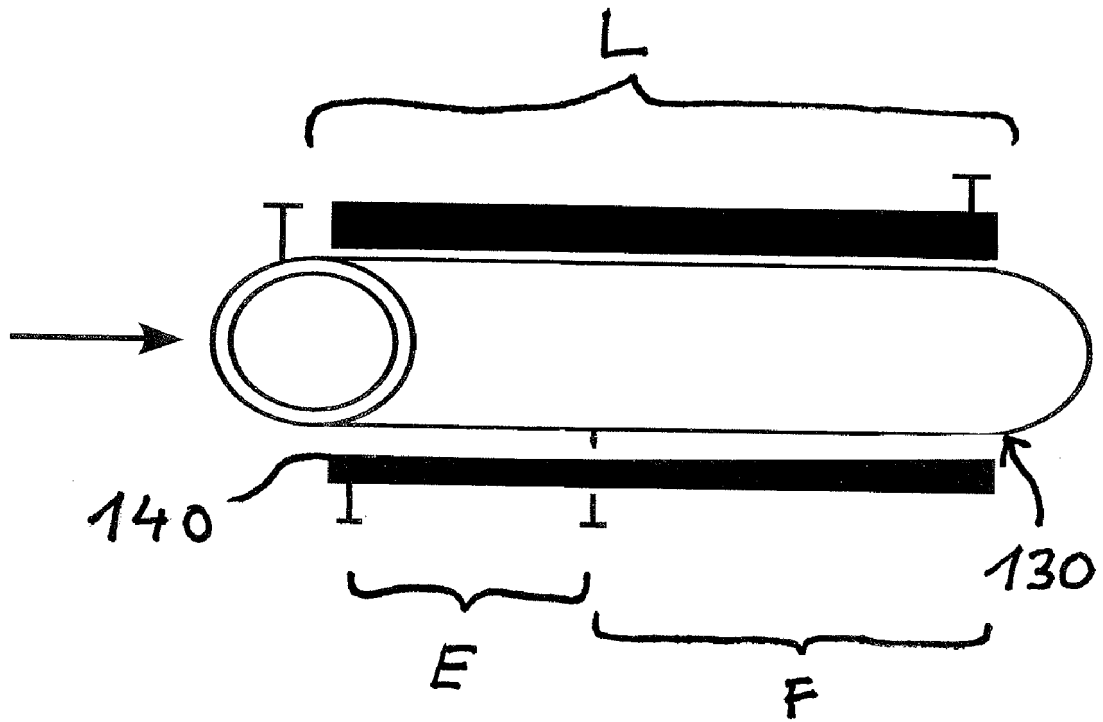


Fig. 1h

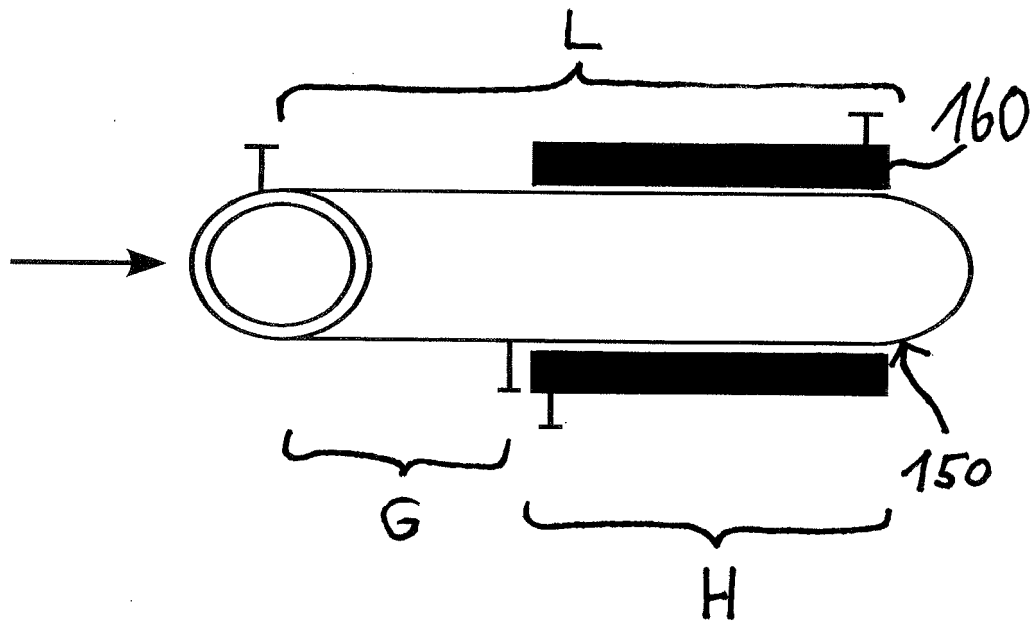


Fig. 1i

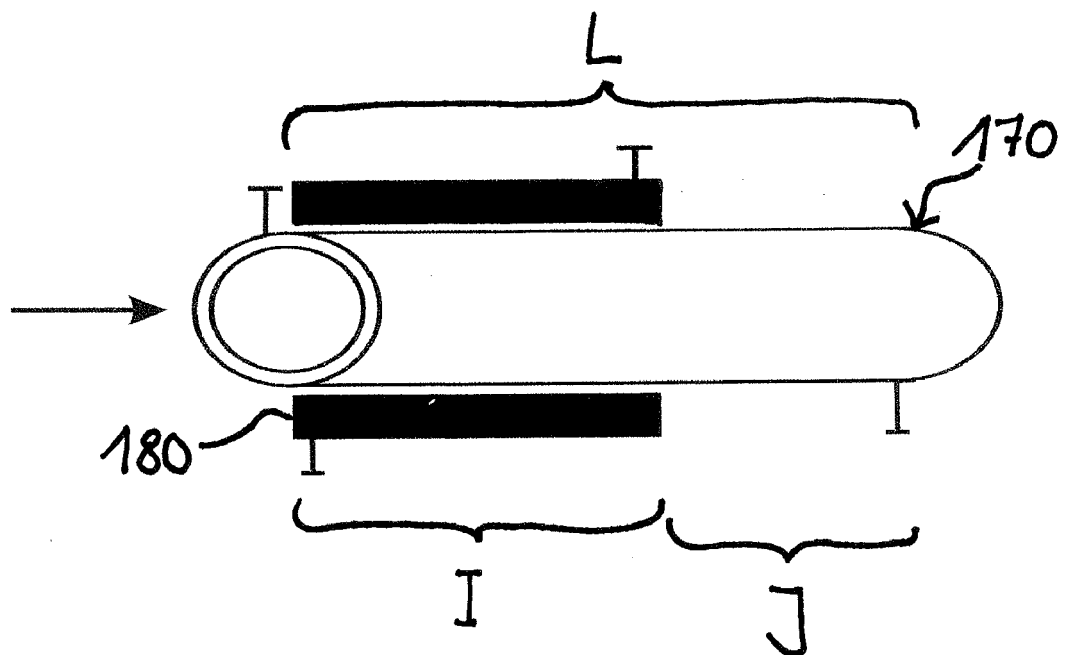


Fig. 1j

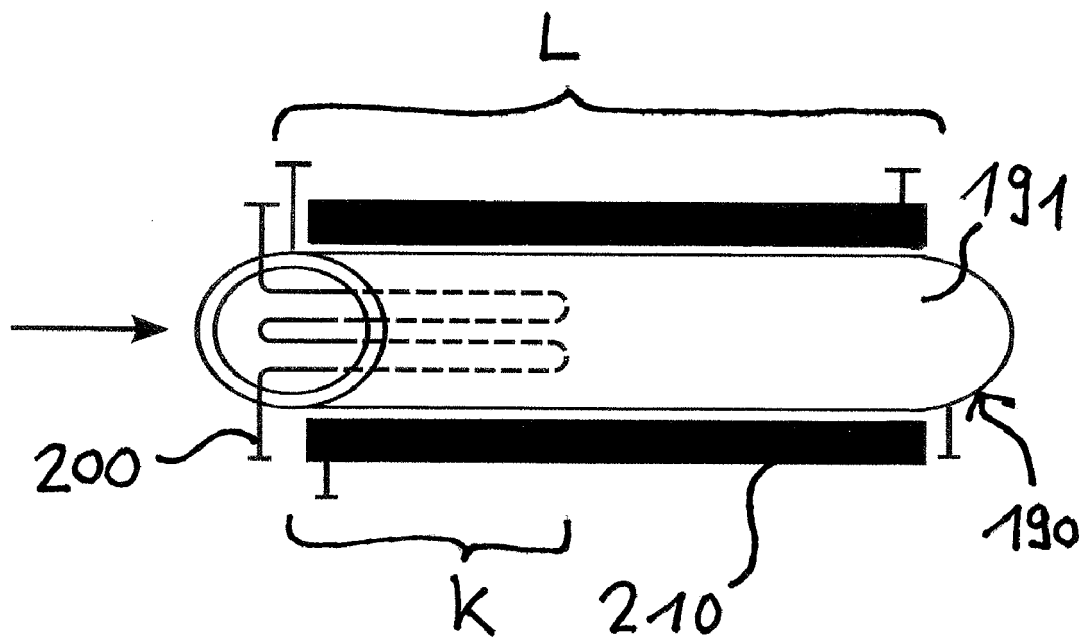


Fig. 2

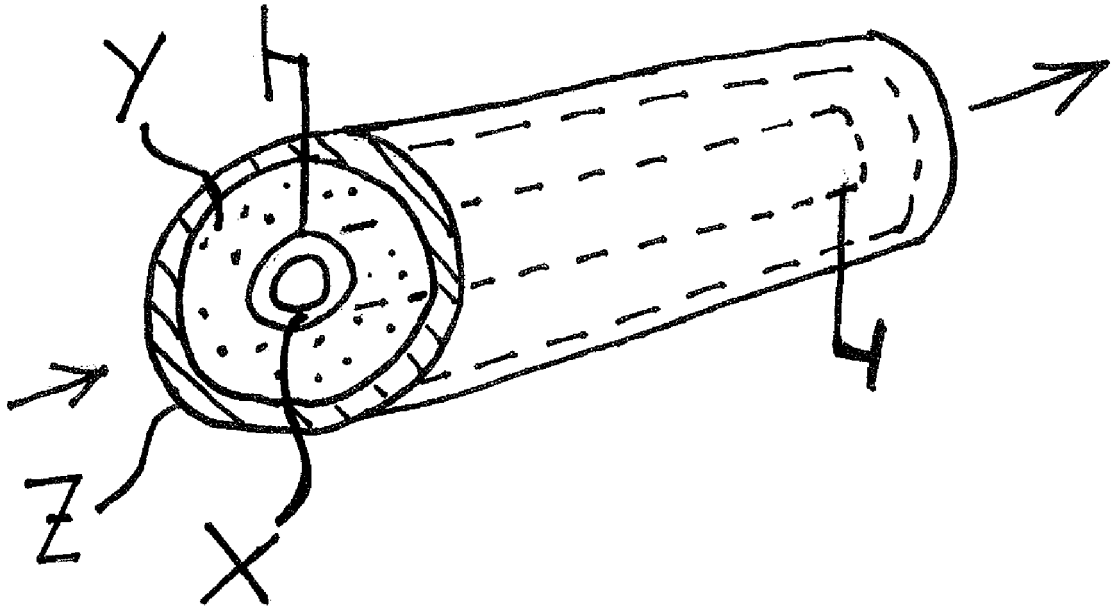


Fig. 3a

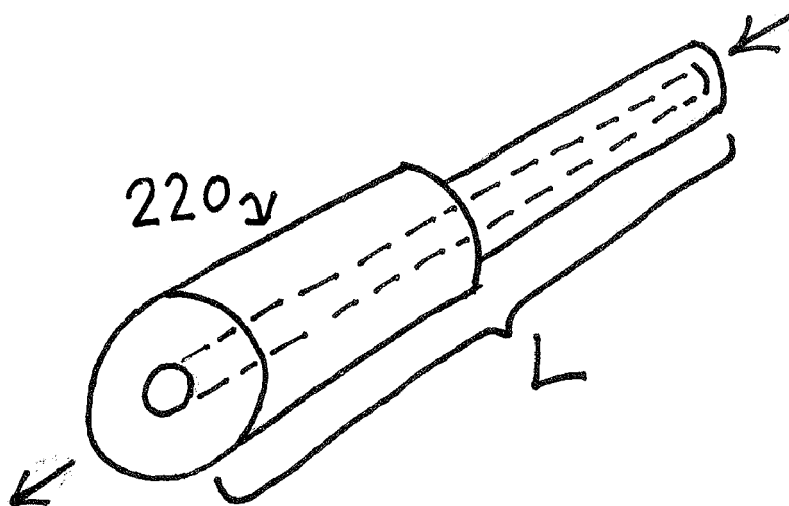


Fig. 3b

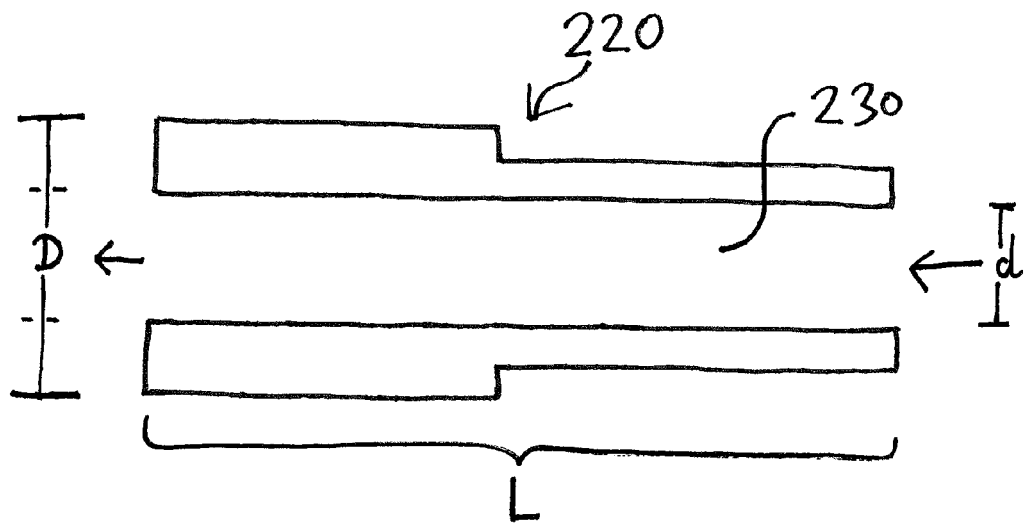


Fig. 4a

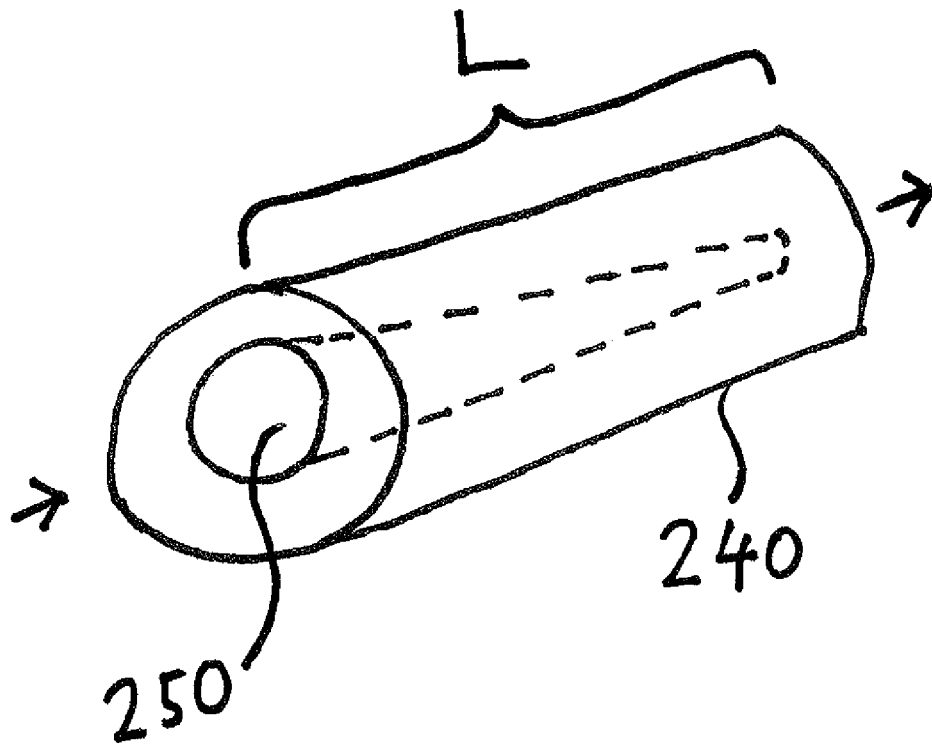
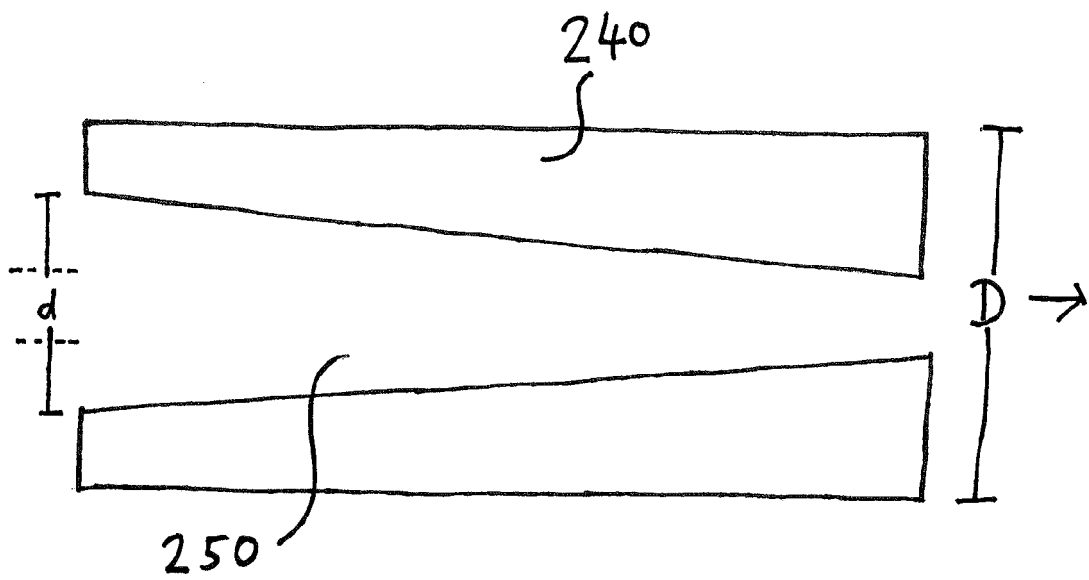


Fig. 4b





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 20 7556

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2021/179948 A1 (KOCHENDOERFER KIARA AENNE [DE] ET AL) 17. Juni 2021 (2021-06-17) * Absatz [0074] - Absatz [0075]; Abbildung 1a * * Absatz [0084]; Abbildung 3 * * Absatz [0079] * -----	1-15	INV. H05B3/40
X	WO 2021/160777 A1 (BASF SE [DE]; LINDE AG [DE]) 19. August 2021 (2021-08-19) * Seite 14, Zeile 21 - Zeile 38; Abbildung 1a * * Seite 19, Zeile 6 - Zeile 14 * -----	1, 2, 7, 9, 14, 15	
X	FR 2 722 359 A1 (ELECTRICITE DE FRANCE [FR]) 12. Januar 1996 (1996-01-12) * Seite 1 - Seite 2; Abbildungen 1, 1bis, 2-6 * -----	9, 10, 13	
X	US 10 190 715 B2 (NIFCO INC [JP]) 29. Januar 2019 (2019-01-29) * Spalte 4, Zeile 46 - Zeile 65; Abbildungen 1(a), 1(b) * -----	1, 9, 10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	DE 10 2008 053494 B4 (HIGHTERM RES GMBH [DE]) 25. August 2011 (2011-08-25) * Absatz [0024] - Absatz [0026]; Abbildungen 1, 2 * -----	1-15	H05B F16L B01J
A	WO 2022/069711 A1 (BASF SE [DE]; LINDE GMBH [DE]) 7. April 2022 (2022-04-07) * Seite 17, Zeile 31 - Seite 18, Zeile 21; Abbildung 1a * -----	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 13. April 2023	Prüfer Gea Haupt, Martin
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 20 7556

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-04-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2021179948 A1	17-06-2021	CA 3109598 A1	20-02-2020
		CN 112805509 A	14-05-2021
		EA 202190515 A1	24-06-2021
		EP 3837476 A1	23-06-2021
		EP 4080133 A1	26-10-2022
		ES 2928351 T3	17-11-2022
		HU E060056 T2	28-01-2023
		JP 2021534548 A	09-12-2021
		KR 20210042969 A	20-04-2021
		US 2021179948 A1	17-06-2021
		WO 2020035575 A1	20-02-2020
WO 2021160777 A1	19-08-2021	CA 3171015 A1	19-08-2021
		CN 115088389 A	20-09-2022
		EP 4104643 A1	21-12-2022
		KR 20220139368 A	14-10-2022
		US 2023098601 A1	30-03-2023
		WO 2021160777 A1	19-08-2021
FR 2722359 A1	12-01-1996	KEINE	
US 10190715 B2	29-01-2019	EP 3193067 A1	19-07-2017
		JP 6285829 B2	28-02-2018
		JP 2016056874 A	21-04-2016
		US 2017254465 A1	07-09-2017
		WO 2016039132 A1	17-03-2016
DE 102008053494 B4	25-08-2011	KEINE	
WO 2022069711 A1	07-04-2022	KEINE	

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2014040997 A1 [0002]