

(19)



(11)

EP 3 735 564 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

04.10.2023 Patentblatt 2023/40

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F27B 5/16 ^(2006.01) **D01F 9/32** ^(2006.01)
F27B 9/08 ^(2006.01) **F27B 9/28** ^(2006.01)
F27B 9/30 ^(2006.01) **F27D 17/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18731090.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F27B 9/082; D01F 9/32; F27B 5/16; F27B 9/28;
F27B 9/3005; F27D 17/008

(22) Anmeldetag: **13.06.2018**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2018/065716

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2018/234126 (27.12.2018 Gazette 2018/52)

(54) **OFEN**

FURNACE

FOUR

(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 MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **19.06.2017 DE 102017113342**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

11.11.2020 Patentblatt 2020/46

(73) Patentinhaber: **ONEJOON GmbH**

37120 Bovenden (DE)

(72) Erfinder:

- **MUCK, Matthias**
37139 Adelebsen (DE)
- **SABELFELD, Dimitri**
37077 Göttingen (DE)

(74) Vertreter: **Ostertag & Partner Patentanwälte mbB**

Azenbergstraße 35
70174 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 2 738 292 DE-B3-102010 044 296
JP-A- 2000 088 464

EP 3 735 564 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Ofen zur thermischen Behandlung gemäß Anspruch 1.

[0002] Derartige Öfen werden insbesondere bei der Herstellung von Kohlenstofffasern eingesetzt, welche in einem drei oder vierstufigen Verfahren aus Fasern aus Polyacrylnitril-Fasern gebildet werden. Polyacrylnitril wird nachfolgend meist als PAN abgekürzt. Auch Filze und Vliese können in solchen Öfen behandelt werden. Andere Materialien als PAN sind beispielsweise Viskose und Lignin. Dokumente EP2738292A1, JP2000 088464A und DE102010044296B3 offenbaren Öfen des technischen Gebiets der vorliegenden Erfindung.

[0003] In einer ersten Herstellungsstufe wird Polyacrylnitril in einem Oxidationsofen bei Temperaturen zwischen etwa 200°C bis 400°C in Anwesenheit von Sauerstoff zu oxidierten PAN-Fasern oxidiert.

[0004] Diese oxidierten PAN-Fasern werden dann in einer zweiten Herstellungsstufe in einem Ofen bei etwa 400°C bis 1000°C einer thermischen Behandlung in einer sauerstofffreien Inertgas-Atmosphäre unterzogen, um den Anteil des Kohlenstoffs in den Fasern durch eine Carbonisierung zu steigern, der bei den oxidierten PAN-Fasern bei etwa 62 Gew.-% liegt. In der Regel werden Stickstoff N₂ oder Argon Ar als Inertgas verwendet.

[0005] Bei einer dritten Herstellungsstufe erfolgt die thermische Behandlung in einem Ofen der eingangs genannten Art, der als Hochtemperaturofen bezeichnet wird, zwischen 800°C und 1800°C unter Stickstoffatmosphäre, wobei eine Carbonisierung erfolgt, bei welcher die PAN-Fasern pyrolysieren, bis sie einen Kohlenstoffanteil von etwa 92 Gew.-% bis 95 Gew.-% aufweisen.

[0006] Gegebenenfalls werden die nach der dritten Herstellungsstufe erhaltenen Kohlenstofffasern in einer vierten Herstellungsstufe in einem Ofen der eingangs genannten Art einer weiteren thermischen Behandlung in einer sauerstofffreien Inertgas-Atmosphäre bei Temperaturen zwischen 1800°C und 3000°C unterzogen; bei diesen Temperaturen erfolgt eine Graphitisierung der Kohlenstofffasern, die danach einen Kohlenstoffanteil von über 99 Gew.-% haben und als sogenannte Graphit-Fasern bezeichnet werden. In der Regel wird bei der Graphitisierung Argon Ar als Inertgas verwendet.

[0007] Wenn oxidierte PAN-Fasern in einer sauerstofffreien Inertgas-Atmosphäre bei Temperaturen über 700°C thermisch behandelt werden, wird aus den PAN-Fasern ein Pyrolysegas freigesetzt, welches unter anderem Blausäure HCN, Stickstoff N₂, Ammoniak NH₃, Kohlendioxid CO₂, Kohlenmonoxid CO und Methan CH₄ enthält. Da insbesondere die enthaltene Blausäure HCN hochtoxisch ist, wird die mit dem Pyrolysegas beladene Prozessraumatmosfera mittels des Abzugsystems aus dem Prozessraum abgesaugt und einer nachgelagerten Aufbereitungsbehandlung zugeführt. In den meisten Fällen wird die abgesaugte und mit Pyrolysegas beladene Prozessgasatmosphäre verbrannt, es gibt aber auch Anlagen, bei welchen die Blausäure chemisch umgesetzt

wird, um die Blausäure als Materialressource zu erhalten.

[0008] Der Prozessraum ist bei bekannten Hochtemperaturofen mit einer Muffel aus einem Material ausgekleidet, welches von dem aus den PAN-Fasern freigesetzten Pyrolysegas chemisch reagiert und angegriffen wird. Bei vom Markt her bekannten Öfen besteht die Muffel aus Graphit, welches bei Temperaturen oberhalb von etwa 1000°C von dem Pyrolysegas angegriffen wird. Auch Abgaskanäle oder -leitungen des Abzugsystems, durch welche die mit Pyrolysegas beladene Prozessraumatmosfera von dem Prozessraum weggeführt wird, sind in der Regel mit dem Muffelmaterial ausgekleidet; auch die Abgaskanäle oder -leitungen reagieren folglich bei entsprechenden Temperaturen mit der abgezogenen, mit Pyrolysegas beladenen Prozessatmosphäre und werden angegriffen. Im Laufe der Zeit kommt es durch das Pyrolysegas so zu Schäden an der Muffel und an den Abgaskanälen oder -leitungen.

[0009] Es gibt Ansätze, die Muffel im Prozessraum ihrerseits noch ergänzend mit sogenannten Opfergraphitplatten zu verkleiden, die dann in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden. Die Probleme bei den Abgaskanälen bleiben jedoch bestehen.

[0010] Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Ofen der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei welchem die Belastung des Prozessraumes und von Kanälen oder Leitungen, durch welche mit Pyrolysegas beladene Prozessatmosphäre geführt wird, zu vermindern.

[0011] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass

e) das Abzugssystem wenigstens eine Absaugeinrichtung mit einem durch eine Kanalwand begrenzten Absaugkanal aufweist, der über eine Absaugöffnung mit dem Prozessraum verbunden ist;

f) die Absaugöffnung in einem Bereich des Prozessraumes angeordnet ist, in dem im Betrieb des Ofens eine Temperatur herrscht, bei der es zu keiner oder nur zu moderaten chemischen Reaktionen zwischen dem Pyrolysegas und dem Prozessraumgehäuse und/oder der Kanalwand kommt.

[0012] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Belastung für die Bauteile und Komponenten, die mit dem Pyrolysegas in Kontakt kommen und die mit dem Pyrolysegas in unerwünschter Weise reagieren, beträchtlich gesenkt werden kann, wenn dafür gesorgt wird, dass das Pyrolysegas in einer frühen Phase der thermischen Behandlung mit einer Temperatur abgesaugt wird, bei welcher es keine Reaktion der beteiligten Komponenten gibt. Hierfür wird die Absaugstelle, die durch die Position der Absaugöffnung des Absaugkanals definiert wird, gezielt in einen Bereich des Prozessraumes gelegt, in dem eine entsprechend niedrige Temperatur herrscht.

[0013] Erfindungsweise herrscht in diesem Bereich im Betrieb des Ofens eine Temperatur von weniger als 1000°C, vorzugsweise von weniger als 900°C und besonders bevorzugt von weniger als 800°C. Gemäß der

Erfindung befindet sich der Bereich neben oder nahe einer Einlassöffnung des Prozessraumgehäuses für das zu behandelnde Material. Auf diese Weise kann vorteilhaft ausgenutzt werden, dass die Temperatur in dem Prozessraum in der Regel sukzessive vom Einlass bis zum Auslass gesteigert wird, jedenfalls in dem Bereich nach dem Einlass eine Temperatur herrschen kann, bei der keine unerwünschten Reaktionen ablaufen. Am Anfang des Prozessraumes wird in der Regel bereits der größte Anteil Pyrolysegas aus den Fasern freigesetzt, der auf diese Weise effektiv entfernt wird, ohne größeren Schaden anrichten zu können. Die Menge an Pyrolysegas, die in nachfolgenden Bereichen des Prozessraumes bei höheren Temperaturen freigesetzt wird, ist demgegenüber auf vertretbare Weise vernachlässigbar.

[0014] Gemäß der Erfindung ist es technisch mit verhältnismäßig wenig Aufwand realisierbar, dass sich der Absaugkanal durch die Einlassöffnung in den Prozessraum hinein erstreckt.

[0015] In unterschiedlichen Betriebsmodi ein und desselben Ofens kann es vorkommen, dass der Bereich, in dem die gewünschten, verhältnismäßig niedrigen Temperaturen herrschen, sich an verschiedenen Stellen im Prozessraum ausbildet. Daher ist es günstig, wenn der Absaugkanal derart eingerichtet ist, dass die Position der Absaugöffnung veränderbar ist.

[0016] Vorzugsweise umfasst der Absaugkanal hierzu mehrere Kanalabschnitte, die lösbar miteinander verbunden sind, derart, dass die Länge des Absaugkanals durch der Anzahl der vorgesehenen Kanalabschnitte einstellbar ist. Der Absaugkanal kann somit modularartig verlängert oder verkürzt werden.

[0017] Es ist günstig, wenn der Absaugkanal an einem von der Absaugöffnung abliegenden Ende mit einem Sammelkanal verbunden ist, der seinerseits mit einer thermischen Nachverbrennungseinrichtung verbunden ist. Wenn mehrere Absaugkanäle vorhanden sind, können diese in einem gemeinsamen Sammelkanal zusammengeführt oder mit jeweils einem eigenen Sammelkanal verbunden sein.

[0018] Es ist günstig, wenn vor einem Eingangsdurchgang des Gehäuses des Ofens eine Durchgangseinhausung der Absaugeinrichtung angeordnet ist, in welcher sich der Sammelkanal zumindest bereichsweise erstreckt. Eine solche Einhausung kann in einfacher Weise zwischen dem Gehäuse des Ofens einerseits und einer meist vorhandenen Eingangsschleuse andererseits angeordnet und so in das Gesamtsystem integriert werden.

[0019] Das Absaugsystem ist besonders gut anwendbar, wenn das Prozessraumgehäuse als Muffel, insbesondere als Muffel aus Graphit, ausgebildet ist.

[0020] Auch wenn der Absaugkanal und/oder der Sammelkanal aus Graphit ausgebildet oder mit Graphit ausgekleidet sind, arbeitet das Absaugsystem besonders effektiv.

[0021] Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

In diesen zeigen:

- | | |
|----------|--|
| Figur 1 | eine perspektivische Ansicht eines Ofens zur thermischen Behandlung von Kohlenstofffasern mit einem Abzugssystem für Prozessgasatmosphäre, das eine Absaugeinrichtung umfasst; |
| Figur 2 | eine perspektivische Ansicht der Absaugeinrichtung mit geschnittenem Gehäuse, so dass Absaugkanäle zu erkennen sind, die durch einen Einlass in den Prozessraum ragen; |
| Figur 3 | einen Teilschnitt des Ofens, bei dem einer der Absaugkanäle der Absaugeinrichtung zu erkennen ist, der über eine Absaugöffnung mit dem Prozessraum verbunden ist; |
| Figur 4 | einen Teilschnitt des Ofens, wobei die Position der Absaugöffnung des Absaugkanals gegenüber der Position in Figur 3 verändert ist; |
| Figur 5 | einen Teilschnitt des Ofens, wobei die Position der Absaugöffnung des Absaugkanals nochmals gegenüber den Positionen in den Figuren 3 und 4 verändert ist; |
| Figur 6 | einen Teilschnitt des Ofens, wobei ein Absaugkanal in einer abgewandelten Anordnung gezeigt ist; |
| Figur 7 | einen Teilschnitt des Ofens, wobei zwei Absaugkanäle zu erkennen sind; |
| Figur 8 | eine perspektivische Ansicht der Absaugeinrichtung mit geschnittenem Gehäuse einer Variante der Absaugeinrichtung; |
| Figur 9 | eine perspektivische Ansicht der Absaugeinrichtung mit geschnittenem Gehäuse einer weiteren Variante der Absaugeinrichtung; |
| Figur 10 | einen Teilschnitt eines abgewandelten Ofens. |

[0022] In den Figuren ist ein Ofen 10 zur thermischen Behandlung von Material gezeigt, bei dem es bei dem in
50 den Figuren 1 bis 9 gezeigten Ausführungsbeispielen um Fasern 12 und beispielhaft um Fasern 14 aus oxidiertem Polyacrylnitril handelt, welche nachfolgend als oxPAN-Fasern 14 bezeichnet werden.

[0023] Der Ofen 10 umfasst ein thermisch isoliertes Ofengehäuse 16, welches einen Innenraum 18 begrenzt. Das Ofengehäuse 16 hat an einer Stirnseite einen Faser-Eingangsdurchgang 20 und an einer gegenüberliegenden Stirnseite einen Faser-Ausgangsdurchgang, welche

auf Grund der gezeigten Ansichten in den Figuren nicht zu erkennen ist.

[0024] In dem Innenraum 18 des Ofengehäuses 16 befindet sich ein Prozessraum 22, der seinerseits von einem Prozessraumgehäuse 24 in Form einer Muffel 26 begrenzt ist. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Muffel 26 aus Graphit gebildet. Das Prozessraumgehäuse 24, d.h. die Muffel 26, hat an einer Stirnseite eine Faser-Einlassöffnung 28 und an einer gegenüberliegenden Stirnseite eine Faser-Auslassöffnung, welche ebenfalls in den Figuren nicht zu erkennen ist. Im Betrieb des Ofens 10 herrscht in dem Prozessraum 22 eine Prozessraumatmosfera 30.

[0025] Der Ofen 10 umfasst ein Heizsystem 32, mit dem die Prozessraumatmosfera 28 aufgeheizt wird. Dabei werden in dem Prozessraum 22 zwischen der Faser-Einlassöffnung 22 und der Faser-Auslassöffnung der Muffel 26 aufeinanderfolgende Heizzonen 34 ausgebildet, von denen in Figur 1 fünf Heizzonen 34.1, 34.2, 34.3, 34.4 und 34.5 zu erkennen sind. Die Temperatur steigt von Heizzone zu Heizzone derart, dass in dem Prozessraum 22 ein Temperaturgradient von etwa 800°C bis etwa 1800°C vorliegt. Jeder Heizzone 34 ist jeweils eine gesonderte Heizeinrichtung 36 zugeordnet, welche die Muffel 26 in der zugehörigen Heizzone 34 entsprechend aufheizt, wie es an und für sich bekannt ist. Hierzu ist die Muffel 26 in jeder Heizzone 34 beispielsweise von einem nicht eigens gezeigten Heizkäfig umgeben, der in dem Raum zwischen der Muffel 26 und dem Ofengehäuse 16 angeordnet ist. Dieser Raum definiert einen die Muffel 26 umgebenden Heizraum 38.

[0026] Der Heizraum 38 ist stirnseitig durch eine schematisch lediglich durch eine Linie angedeutete Isolierung 39 begrenzt. In dem Heizraum 38 herrscht eine Inertgas-Atmosphäre, wozu dieser mittels einer nicht eigens gezeigten Inertgaseinrichtung mit einem Inertgas gespeist wird; in der Regel wird Stickstoff N₂ als Inertgas für den Heizraum 38 verwendet.

[0027] Eingangsseitig umfasst der Ofen 10 eine Eingangsschleuse 40 mit einem gesonderten Schleusengehäuse 42 und eine, wieder auf Grund der gezeigten Ansichten nicht zu erkennende Ausgangsschleuse mit einem gesonderten Schleusengehäuse. Über die Eingangsschleuse 40 wird dem Innenraum 18 des Ofengehäuses 16, und dadurch dem Heizraum 38 und dem Prozessraum 22, mit Hilfe einer Inertgaseinrichtung 44 ein Inertgas 46 zugeführt, so dass die thermische Behandlung der oxPAN-Fasern 14 unter Inertgas-Atmosphäre abläuft. Wie eingangs erwähnt, werden in der Praxis Stickstoff N₂ oder Argon Ar als Inertgas verwendet. Die Prozessraumatmosfera 30 ist folglich ein Gemisch aus dem Inertgas und dem bei der Behandlung der oxPAN-Fasern 14 freigesetzten Pyrolysegas.

[0028] Der Ofen 10 umfasst außerdem ein insgesamt mit 48 bezeichnetes Abzugssystem, mittels welchem die Prozessraumatmosfera 30 aus dem Prozessraum 22 absaugbar ist.

[0029] Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist zwi-

schen der Eingangsschleuse 40 und dem Ofengehäuse 16 eine Durchgangs-Einhausung 50 einer Absaugeinrichtung 52 des Abzugsystems 48 angeordnet, welche einen Strömungsraum 54 begrenzt. Dieser Strömungsraum 54 ist auf einer Seite gasdicht mit der Eingangsschleuse 40 und auf der anderen Seite gasdicht mit dem Ofengehäuse 16 verbunden, so dass das Inertgas 46 von der Eingangsschleuse 40 durch den Strömungsraum 54 in den Prozessraum 22 einströmen kann.

[0030] Die oxPAN-Fasern 14 werden mit Hilfe eines nicht eigens gezeigten, an und für sich bekannten Fördersystems als Faserteppich 56 durch die Eingangsschleuse 40, durch den Strömungsraum 54 und weiter durch den Faser-Eingangsdurchgang 20 des Ofengehäuses 16 in dessen Innenraum 18 und dort durch die Faser-Einlassöffnung 26 des Prozessraumgehäuses 24 in den Prozessraum 22 geführt. Der Faserteppich 56 durchläuft den Prozessraum 22 und die dort etablierten Heizzonen 34 und wird hiernach durch die Faser-Auslassöffnung des Prozessraumgehäuses 24 und durch den Faser-Ausgangsdurchgang des Ofengehäuses 16 und schließlich durch die damit verbundene Ausgangsschleuse aus dem Ofen 10 herausgeführt.

[0031] Um nun die mit Pyrolysegas beladene Prozessraumatmosfera 30 abzusaugen, umfasst die Absaugeinrichtung wenigstens einen durch eine Kanalwand 58 begrenzten Absaugkanal 60 auf, der über eine Absaugöffnung 62 mit dem Prozessraum 22 verbunden ist. Bei den gezeigten Ausführungsbeispielen gibt es zwei solche Absaugkanäle 60, welche dieselben Bezugszeichen tragen; grundsätzlich kann ein einziger Absaugkanal 60 ausreichen. Die Absaugkanäle 60 sind wie die Muffel 26 aus Graphit gefertigt bzw. mit Graphit ausgekleidet.

[0032] Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel sind als Variante ergänzende Absaugöffnungen 63 auf der zum Faserteppich 56 weisenden Seite in der Kanalwand 58 vorgesehen; auf diese Absaugöffnungen 63 kann in den meisten Fällen jedoch verzichtet werden.

[0033] Die Absaugkanäle 60 weisen die Absaugöffnung 62 an einem freien Ende auf und sind an ihren von der Absaugöffnung 62 abliegenden Ende in dem Strömungsraum 54 der Absaugeinrichtung 52 mit einem Sammelkanal 64 verbunden, der sich durch die Durchgangs-Einhausung 50 hindurch zu beiden Seiten nach außen erstreckt und dort zu jeweils einer thermischen Nachverbrennungseinrichtung 66 führt. Auch der Sammelkanal 64 ist aus Graphit bzw. mit Graphit ausgekleidet.

[0034] Weitere Bauteile, Komponenten und Abgaskanäle oder -leitungen des Abzugsystems 48, durch welche die entstehende Abgase von der thermischen Nachverbrennungseinrichtung 66 weitergeleitet werden, sind der Übersichtlichkeit halber nicht eigens gezeigt.

[0035] Die Absaugkanäle 60 erstrecken sich aus dem Strömungsraum 54 der Absaugeinrichtung 52 durch den Faser-Eingangsdurchgang 20 des Ofengehäuses 16 und durch die Faser-Einlassöffnung 28 der Muffel 26 in den Prozessraum 22 hinein, wobei die Absaugkanäle 60

oberhalb des Faserteppichs 56 angeordnet sind.

[0036] Die Absaugöffnungen 62 der Absaugkanäle 60 befinden sich auf diese Weise in dem Prozessraum 22, wobei sie in einem Bereich 68 des Prozessraumes 22 positioniert sind, der einen Inert-Absaugbereich definiert und in welchem eine Temperatur herrscht, bei der es zu keiner oder zumindest nur zu einer moderaten chemischen Reaktion zwischen dem Pyrolysegas in der Prozessraumatmosphäre 30 und der Muffel 26 sowie den Absaugkanälen 60 kommt. Auch eine chemische Reaktion des Pyrolysegases mit dem Sammelkanal 64 sowie den weiteren, nicht gezeigten Leitungen des Abzugssystems 48 ist dann verhindert bzw. herabgesetzt. Bezogen auf Graphit als Material der Muffel 26 und der Absaugkanäle 60 darf die Temperatur in dem Bereich 68 nicht größer als etwa 1000°C sein, da bei dieser Temperatur die unerwünschten chemischen Reaktionen zwischen Graphit und dem Pyrolysegas ablaufen.

[0037] In der Praxis wird darauf geachtet, dass in dem Bereich 68 eine Temperatur von weniger als 900°C, besser weniger als 800°C herrscht. Der Bereich 68 ist dabei meist unmittelbar neben der Faser-Einlassöffnung 28 des Prozessraumes 22 angesiedelt.

[0038] Abhängig von der Betriebsart des Ofens 10 kann sich die Position des durch die dort herrschende Temperatur definierten Bereichs 68 innerhalb des Prozessraums 22 aber auch verändern bzw. kann sich die Länge dieses Bereichs verändern, abhängig von dem eingestellten Temperaturprofil in dem Prozessraum 22. Aus diesem Grund sind die Absaugkanäle 60 derart eingerichtet, dass die Position der Absaugöffnung 62 veränderbar ist.

[0039] Bei den vorliegenden Ausführungsbeispielen sind die Absaugkanäle 60 hierzu in einem die Absaugöffnung 62 umfassenden Endabschnitt 70 aus Kanalabschnitten 72 zusammengefügt, welche lösbar miteinander verbunden sind, so dass die Länge der Absaugkanäle 60 durch der Anzahl der vorgesehenen Kanalabschnitte 72 einstellbar ist.

[0040] In Figur 3 ist ein Endabschnitt 70 aus drei Kanalabschnitten 72 gezeigt. Figur 4 zeigt einen Absaugkanal 60, dessen Endabschnitt 70 aus vier Kanalabschnitten 72 gebildet ist, so dass die Absaugöffnung 62 im Vergleich zu Figur 3 weiter weg von der Faser-Einlassöffnung 28 und weiter im Inneren des Prozessraumes 22 angeordnet ist. Figur 5 zeigt einen Absaugkanal 60, dessen Endabschnitt 70 aus nur zwei Kanalabschnitten 72 gebildet ist, so dass die Absaugöffnung 62 im Vergleich zu den Figuren 3 und 4 näher an der Faser-Einlassöffnung 28 und damit weniger weit innen im Prozessraum 22 angeordnet ist.

[0041] Der jeweils endständige dieser Kanalabschnitte 72 definiert folglich jeweils die Absaugöffnung 62 des Absaugkanals 60. Wenn die ergänzenden Absaugöffnungen 63 vorgesehen sind, sind diese entsprechend bei den Kanalabschnitten 72 vorhanden.

[0042] Bei nicht eigens gezeigten Abwandlungen können die Absaugkanäle 60 auch in ihrer Gestalt veränder-

bar ausgebildet sein, so dass die Position der Absaugöffnung 62 verlagert werden kann, indem der Verlauf der Absaugkanäle 60 variiert wird und diese beispielsweise in eine Bogenform gebracht werden können.

[0043] Figur 6 zeigt eine abgewandelte Absaugeinrichtung 52, bei welcher die Absaugkanäle 60 unterhalb des Faserteppichs 56 angeordnet sind. Ansonsten gilt das oben Gesagte sinngemäß entsprechend.

[0044] Figur 7 zeigt eine weitere abgewandelte Absaugeinrichtung 52. Einerseits verläuft dort ein Absaugkanal 52 oberhalb und ein Absaugkanal 52 unterhalb des Faserteppichs 56. Andererseits weisen die Absaugkanäle 52 keine Absaugöffnung an ihrem freien Ende auf, sondern mehrere seitliche Absaugöffnungen 62, worunter seitlich an den Flanken und/oder auf der zum Faserteppich 56 weisenden Seite in der Kanalwand 58 vorgesehene Absaugöffnungen 62 zu verstehen sind.

[0045] Eine Absaugöffnung am freien Ende der Absaugkanäle 60 ist dann vorgesehen, wenn die Absaugkanäle 60 wie bei den vorherigen Ausführungsbeispielen durch entsprechende Kanalabschnitte 70 in ihrer Länge veränderbar sind. Die Kanalabschnitte 70 können dann entsprechende seitliche Absaugöffnungen 62 in der Kanalwand 58 aufweisen.

[0046] Figur 8 veranschaulicht eine Variante, bei welcher jeder der beiden Absaugkanäle 60 mit einem eigenen Sammelkanal 64 verbunden ist, die jeweils zu einer eigenen thermischen Nachverbrennungseinrichtung führen, die in Figur 8 nicht nochmals gesondert gezeigt sind.

[0047] Figur 9 veranschaulicht eine Variante, bei welcher wieder beide vorhandenen Absaugkanäle 60 mit einem gemeinsamen Sammelkanal 64 verbunden sind; dieser erstreckt sich jedoch nur an einer Seite durch die Durchgangs-Einhausung 50 der Absaugeinrichtung 52 hindurch.

[0048] In Figur 10 ist eine Abwandlung eines Ofens 10 gezeigt, der nicht für die thermische Behandlung von Fasern 12, sondern für die thermische Behandlung von plattenförmigen Materialien 74 ausgelegt ist, bei dessen thermischer Behandlung ein Pyrolysegas freigesetzt wird. Zu solchen Materialien zählen beispielsweise Hartfilze. Aber auch Endlosmaterialien wie Vliese und Weichfilze als Rollenware sind plattenförmigen Materialien zuzuordnen.

[0049] Dieses plattenförmige Material 74 wird über eine nicht eigens gezeigte Fördervorrichtung, bei der es sich beispielsweise um ein Schubsystem handeln kann, durch den Prozessraum 22 gefördert. Bei der in Figur 10 gezeigten Variante verlaufen die Absaugkanäle 60, von denen auf Grund des Schnittes nur einer zu sehen ist, oberhalb von dem Material 74 und weisen wieder seitliche Absaugöffnungen an den Flanken und der dem Material 74 zugewandten Seite der Kanalwand 58 auf. Der Sammelkanal 64 erstreckt sich bei dieser Abwandlung außerdem nicht zur Seite, sondern nach oben durch die Durchgangs-Einhausung 50 der Absaugeinrichtung 52 hindurch.

[0050] Bei nicht eigens gezeigten Abwandlungen der oben erläuterten Ausführungsbeispiele können die Absaugkanäle 60 ergänzend mit Schutzplatten aus Siliciumcarbid SiC ausgelegt sein. Sofern es an der Absaugöffnung 62 doch zu Temperaturen kommen sollte, bei denen eine chemische Reaktion des Pyrolysegases mit der Muffel 26 oder den Absaugkanälen 60 kommen kann, wird das SiC chemisch reduziert, wobei die Muffel 26 geschützt bleibt.

Patentansprüche

1. Ofen zur thermischen Behandlung, insbesondere zur Carbonisierung und/oder Graphitisierung, von Fasern (12), insbesondere von Fasern (14) aus oxidiertem Polyacrylnitril PAN, wobei aus den Fasern (12) bei der thermischen Behandlung ein Pyrolysegas freigesetzt wird, mit

- a) einem Gehäuse (16);
- b) einem im Innenraum (18) des Gehäuses (16) befindlichen Prozessraum (22), der durch ein Prozessraumgehäuse (24) begrenzt ist und durch welchen die Fasern (12) hindurchführbar ist, wobei das Prozessraumgehäuse (24) an einer Stirnseite eine Faser-Einlassöffnung (28) und an einer gegenüberliegenden Stirnseite eine Faser-Auslassöffnung hat;
- c) einem Heizsystem (32), mittels welchem eine in dem Prozessraum (22) herrschende Prozessraumatmosfera (30) aufheizbar ist, wobei durch das Heizsystem (32) in dem Prozessraum (22) zwischen der Faser-Einlassöffnung (28) und der Faser-Auslassöffnung aufeinanderfolgende Heizzonen (34) ausgebildet sind;
- d) einem Abzugssystem (48), mittels welchem mit Pyrolysegas beladene Prozessraumatmosfera (30) aus dem Prozessraum (22) abgesaugbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- e) das Abzugssystem (48) wenigstens eine Absaugeinrichtung (52) mit einem durch eine Kanalwand (58) begrenzten Absaugkanal (60) aufweist, der über eine Absaugöffnung (62) mit dem Prozessraum (22) verbunden ist;
- f) die Absaugöffnung (62) in einem Bereich (68) des Prozessraumes (22) angeordnet ist, der ausgehend von der Faser-Einlassöffnung (28) die erste Heizzone (34.1) ist und in dem im Betrieb des Ofens (10) eine Temperatur herrscht, bei der es zu keiner oder nur zu moderaten chemischen Reaktionen zwischen dem Pyrolysegas und dem Prozessraumgehäuse (24) und/oder der Kanalwand (58) kommt;

wobei

g) im Betrieb des Ofens (10) in diesem Bereich (68) eine Temperatur von weniger als 1000°C, vorzugsweise von weniger als 900°C und besonders bevorzugt von weniger als 800°C herrscht.

2. Ofen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Absaugkanal (60) durch die Einlassöffnung (28) in den Prozessraum (22) hinein erstreckt.

3. Ofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Absaugkanal (60) derart eingerichtet ist, dass die Position der Absaugöffnung (62) veränderbar ist.

4. Ofen nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Absaugkanal (60) mehrere Kanalabschnitte (72) umfasst, die lösbar miteinander verbunden sind, derart, dass die Länge des Absaugkanals (60) durch die Anzahl der vorgesehenen Kanalabschnitte (72) einstellbar ist.

5. Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Absaugkanal (60) an einem von der Absaugöffnung (62) abliegenden Ende mit einem Sammelkanal (64) verbunden ist, der seinerseits mit einer thermischen Nachverbrennungseinrichtung (66) verbunden ist.

6. Ofen nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor einem Eingangs-Durchgang (20) des Gehäuses (16) eine Durchgangs-Einhausung (50) der Absaugeinrichtung (52) angeordnet ist, in welcher sich der Sammelkanal (64) zumindest bereichsweise erstreckt.

7. Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Prozessraumgehäuse (24) als Muffel (26), insbesondere als Muffel (26) aus Graphit, ausgebildet ist.

8. Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Absaugkanal (60) und/oder der Sammelkanal (64) aus Graphit ausgebildet oder mit Graphit ausgekleidet sind.

Claims

1. Furnace for thermal treatment, in particular for carbonization and/or graphitization of fibers (12), in particular of fibers (14) of oxidized polyacrylonitrile PAN, wherein a pyrolysis gas is released from the material fibers (12) during the thermal treatment, with

- a) a housing (16);
- b) a process space (22), which is located in the

inner space (18) of the housing (16) and which is bounded by a process space housing (24) and through which the fibres (12) can be guided, wherein the process space housing (24) has a fiber inlet opening (28) at an end face and a fiber outlet opening at an opposite end face;

c) a heating system (32), by means of which a process space atmosphere (30) which prevails in the process space (22) can be heated, wherein by means of the heating system (32) in the process space (22) between the fiber inlet opening (28) and the fiber outlet opening successive heating zones (34) are formed;

d) an extraction system (48), by means of which process space atmosphere (30) loaded with pyrolysis gas can be exhausted from the process space (22),

characterized in that

e) the extraction system (48) comprises at least one exhaust device (52) with an exhaust duct (60) which is bounded by a duct wall (58) and which is connected to the process space (22) via an exhaust opening (62);

f) the exhaust opening (62) is arranged in a region (68) of the process space (22) which, starting from the fibre inlet opening (28), is the first heating zone (34.1) and in which, during operation of the furnace (10), a temperature prevails at which no or only moderate chemical reactions occur between the pyrolysis gas and the process space housing (24) and/or the duct wall (58);

wherein

g) during operation of the furnace (10), a temperature of less than 1000°C, preferably of less than 900°C and particularly preferably of less than 800°C prevails in this region (68).

2. Furnace according to claim 1, **characterized in that** the exhaust duct (60) extends through the inlet opening (28) into the process space (22).

3. Furnace according to one of the preceding claims, **characterized in that** the exhaust duct (60) is configured such that the position of the exhaust opening (62) can be changed.

4. Furnace according to claim 3, **characterized in that** the exhaust duct (60) comprises a plurality of duct sections (72) which are detachably connected to each other such that the length of the exhaust duct (60) can be adjusted by the number of provided duct sections (72).

5. Furnace according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** the exhaust duct (60) is connected

at an end, which is remote from the exhaust opening (62), to a collecting duct (64) which for its part is connected to a thermal afterburning device (66).

6. Furnace according to claim 5, **characterized in that** a passage housing (50) of the exhaust device (52), in which the collecting duct (64) extends at least region-wise, is arranged in front of an inlet passage (20) of the housing (16).

7. Furnace according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the process space housing (24) is configured as a muffle (26), in particular as a muffle (26) made of graphite.

8. Furnace according to one of claims 1 to 7, **characterized in that** the exhaust duct (60) and/or the collecting duct (64) are made of graphite or are lined with graphite.

Revendications

1. Four pour le traitement thermique, notamment pour la carbonisation et/ou graphitisation, de fibres (12), notamment de fibres (14) en polyacrylonitrile PAN oxydé, dans lequel un gaz de pyrolyse est libéré des fibres (12) lors du traitement thermique, avec

a) un logement (16) ;

b) un espace de processus (22) se trouvant dans l'espace interne (18) du logement (16) qui est limité par un logement d'espace de processus (24) et à travers lequel les fibres (12) peuvent être guidées, dans lequel le logement d'espace de processus (24) a sur un côté frontal une ouverture d'entrée de fibre (28) et sur un côté frontal opposé une ouverture de sortie de fibre ;
c) un système de chauffage (32) au moyen duquel une atmosphère d'espace de processus (30) régnant dans l'espace de processus (22) peut être chauffée, dans lequel des zones de chauffage successives (34) sont formées par le système de chauffage (32) dans l'espace de processus (22) entre l'ouverture d'entrée de fibre (28) et l'ouverture de sortie de fibre ;

d) un système de prélèvement (48) au moyen duquel l'atmosphère d'espace de processus (30) chargée de gaz de pyrolyse peut être aspirée de l'espace de processus (22),

caractérisé en ce que

e) le système de prélèvement (48) présente au moins un dispositif d'aspiration (52) avec un canal d'aspiration (60) limité par une paroi de canal (58) qui est connecté à l'espace de processus (22) par le biais d'une ouverture d'aspiration

(62) ;

f) l'ouverture d'aspiration (62) est disposée dans une région (68) de l'espace de processus (22) qui est la première zone de chauffage (34.1) en partant de l'ouverture d'entrée de fibre (28) et dans laquelle une température règne lors du fonctionnement du four (10), à laquelle il ne se produit aucune ou que des réactions chimiques modérées entre le gaz de pyrolyse et le logement d'espace de processus (24) et/ou la paroi de canal (58) ;

dans lequel

g) une température de moins de 1000 °C, de préférence de moins de 900°C et de manière particulièrement préférée de moins de 800 °C règne dans cette région (68) lors du fonctionnement du four (10).

2. Four selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le canal d'aspiration (60) s'étend à travers l'ouverture d'entrée (28) dans l'espace de processus (22).
3. Four selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le canal d'aspiration (60) est configuré de telle sorte que la position de l'ouverture d'aspiration (62) peut être modifiée.
4. Four selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le canal d'aspiration (60) comprend plusieurs sections de canal (72) qui sont connectées l'une à l'autre de manière amovible de telle sorte que la longueur du canal d'aspiration (60) peut être réglée par le nombre des sections de canal prévues (72).
5. Four selon une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le canal d'aspiration (60) est connecté à une extrémité éloignée de l'ouverture d'aspiration (62) à un canal collecteur (64) qui est connecté de son côté à un dispositif de postcombustion thermique (66).
6. Four selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'une** enceinte de passage (50) du dispositif d'aspiration (52) dans laquelle le canal collecteur (64) s'étend au moins par régions est disposée avant un passage d'entrée (20) du logement (16).
7. Four selon une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le logement d'espace de processus (24) est réalisé en tant que moufle (26), notamment en tant que moufle (26) en graphite.
8. Four selon une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le canal d'aspiration (60) et/ou le canal collecteur (64) sont réalisés en graphite ou recouverts de graphite.

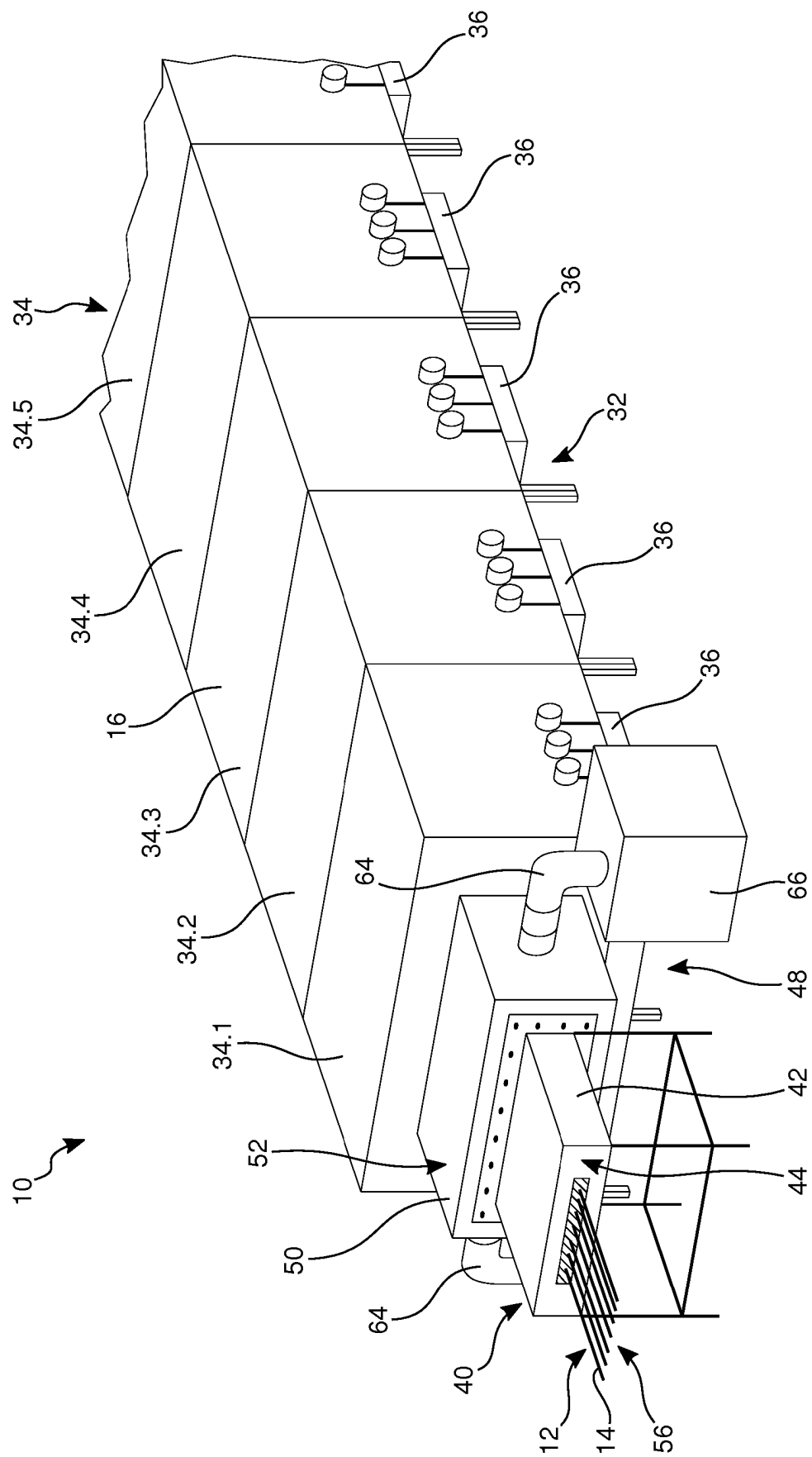


Fig. 1

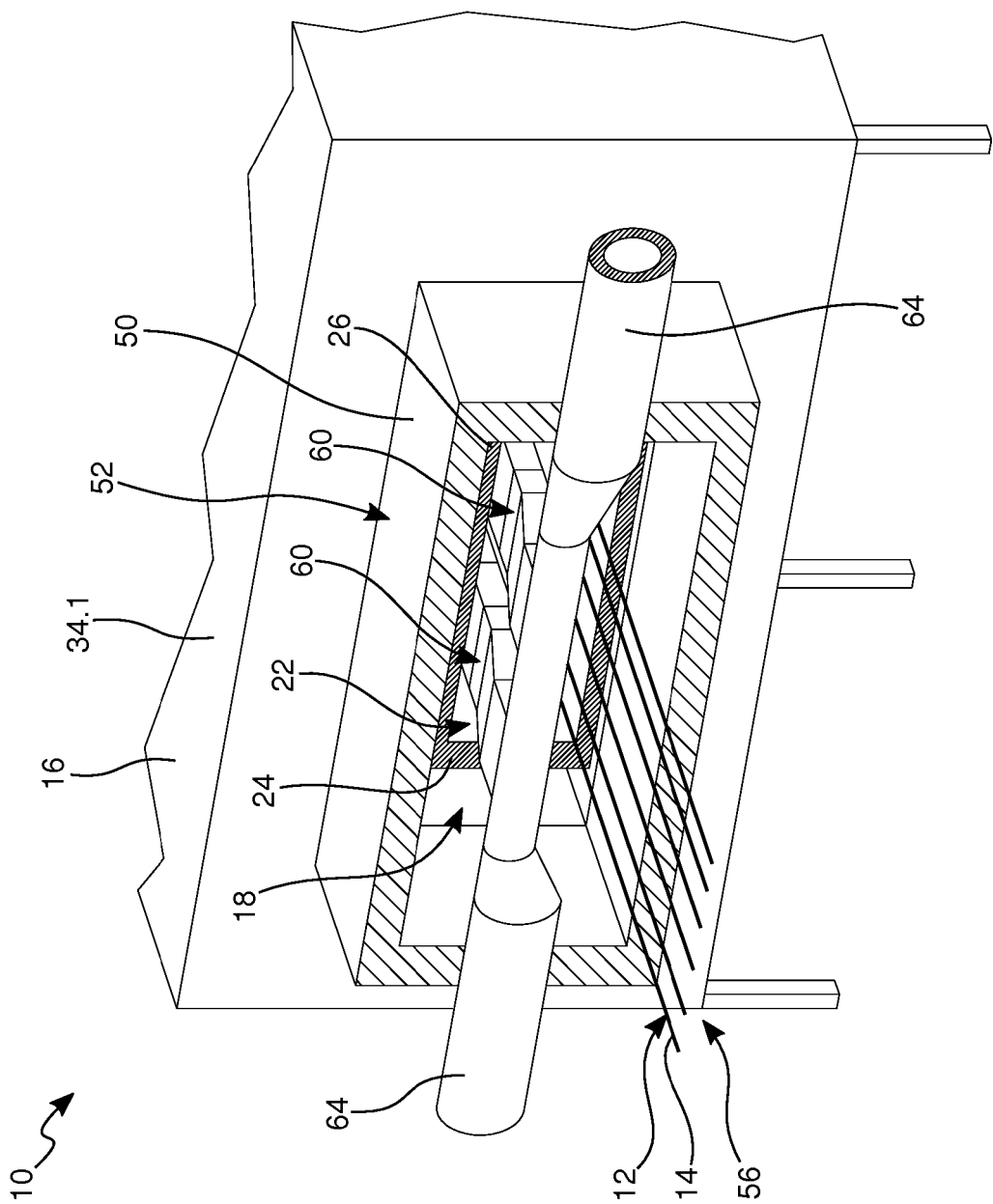


Fig. 2

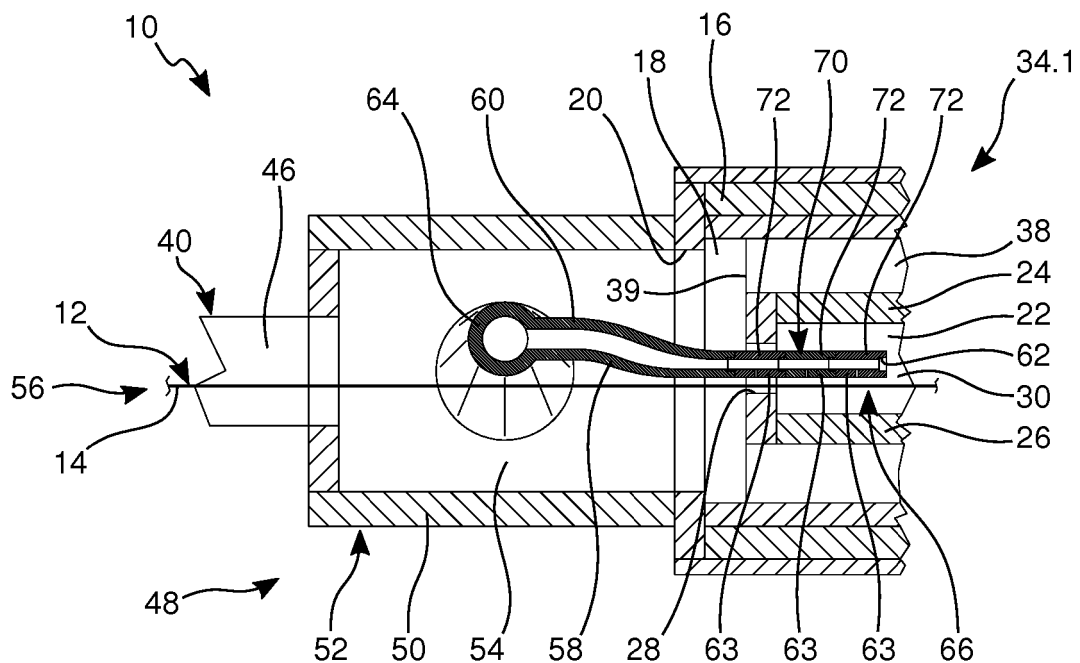


Fig. 3

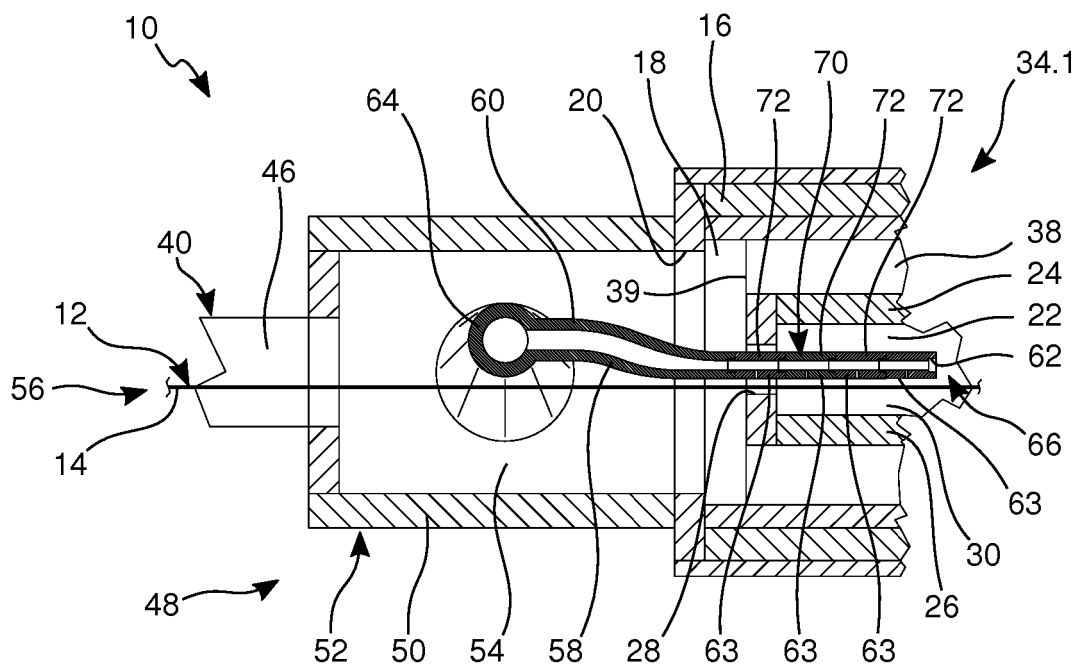


Fig. 4

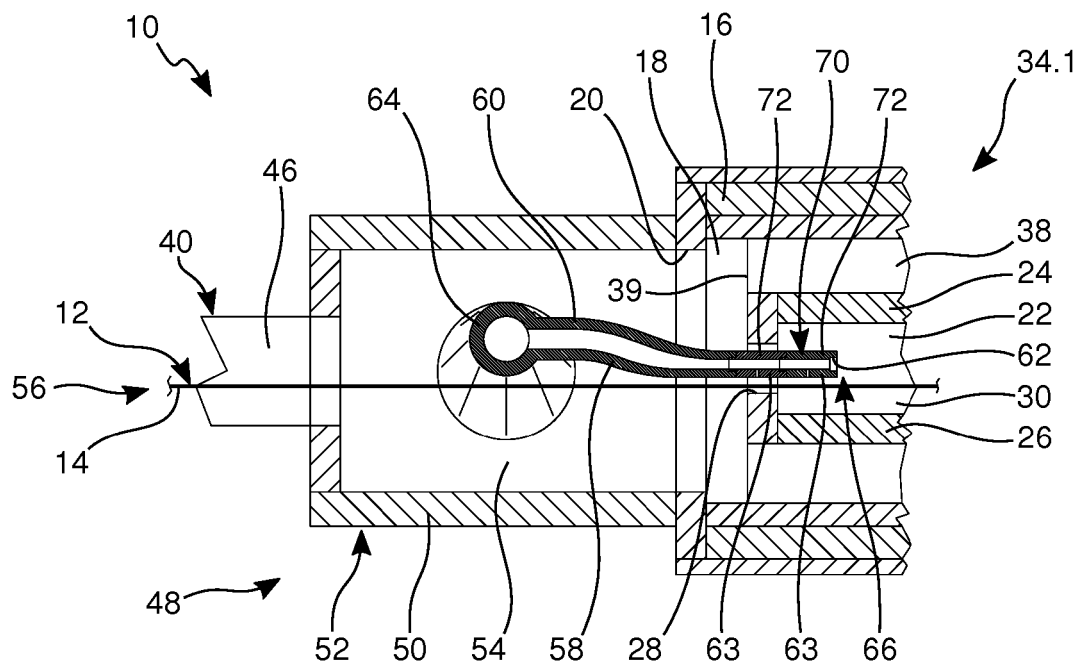


Fig. 5

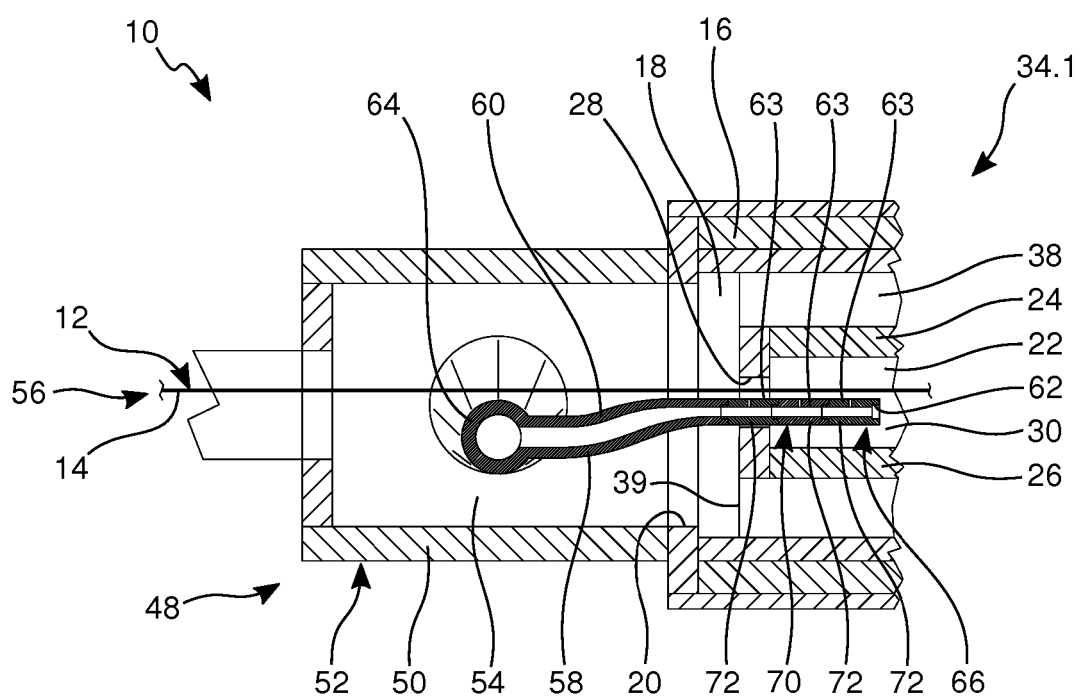


Fig. 6

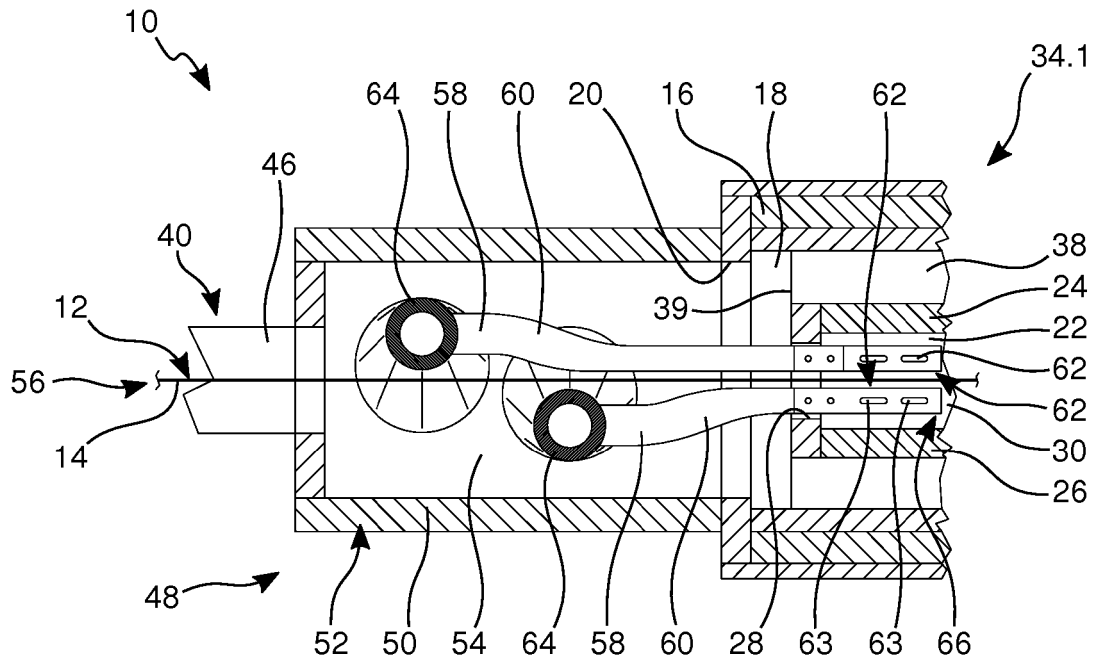


Fig. 7

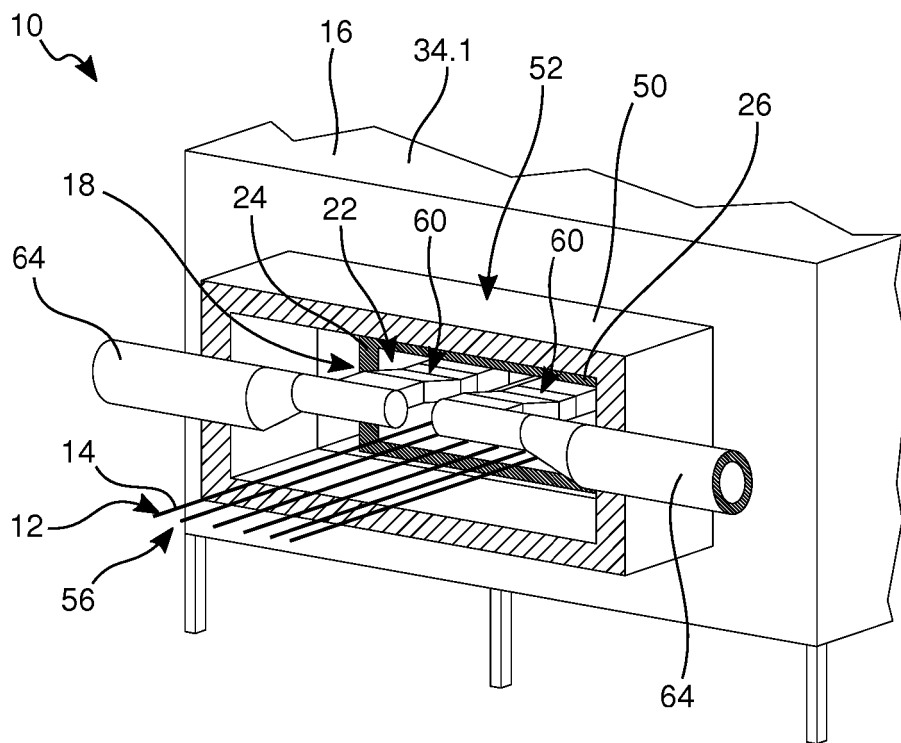


Fig. 8

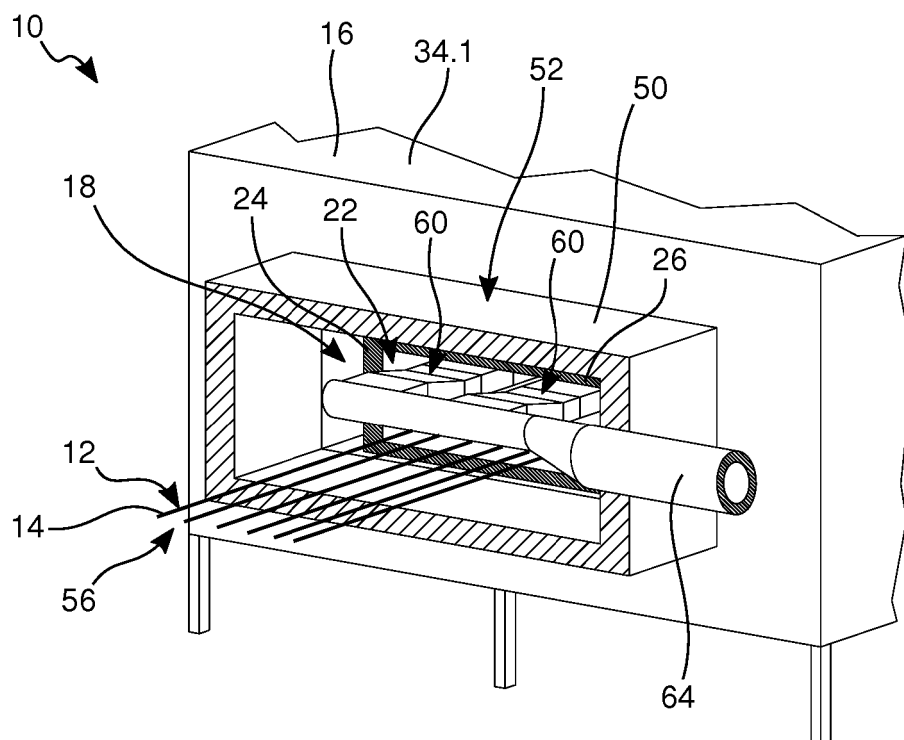


Fig. 9

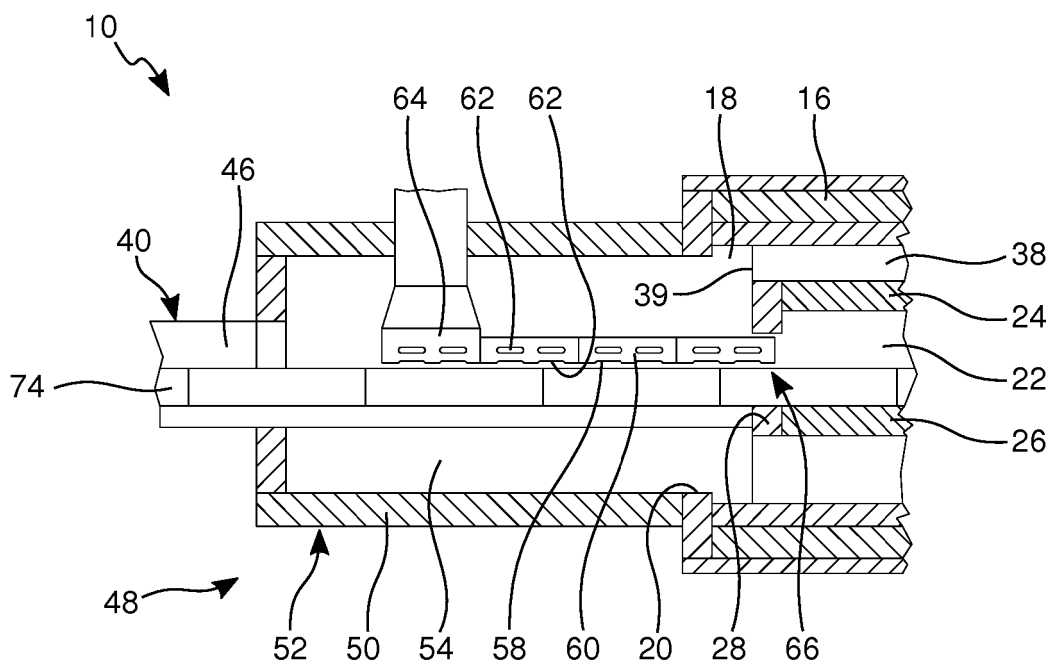


Fig. 10

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

- EP 2738292 A1 [0002]
- JP 2000088464 A [0002]
- DE 102010044296 B3 [0002]