

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1731/2010
(22) Anmeldetag: 18.10.2010
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2012

(51) Int. Cl. : **B09B 3/00** (2006.01)
B29B 17/02 (2006.01)
C22B 1/214 (2006.01)
C22B 4/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE102007056907 A1
CN 10101773923 A
JP 09170034 A

(73) Patentinhaber:
EDLINGER ALFRED DIPL.ING.
6780 BARTHOLOMÄBERG (AT)
ÖKO-BOX SAMMELGESELLSCHAFT M.B.H.
1040 WIEN (AT)
M.A.L. METALLBAU
ANLAGENSERVICE - LEITUNGSBAU
GESELLSCHAFT M.B.H.
8682 MÜRZZUSCHLAG (AT)

(54) VERFAHREN ZUM AUFARBEITEN VON METALLHALTIGEN VERBUNDMATERIALIEN

(57) Bei einem Verfahren zum Aufarbeiten von metallhaltigen Verbundmaterialien, wie z.B. Getränkeverpackungen wird das Verbundmaterial einem Pyrolyseschritt bei anoxischen Bedingungen und bei einer Temperatur von maximal der Sintertemperatur der Metallfraktion unterworfen wird, wobei die Metallfraktion aggregiert wird, die gebildeten Metallteile ausgetragen und die Pyrolysegase abgetrennt und gesondert aufgearbeitet werden. Der Pyrolyseschritt wird in einem Reaktor (1) in einem zumindest teilweise induktiv beheizten Bett (3) aus zur induktiven Kopplung anregbaren Elementen, insbesondere Stahlkugeln (4) durchgeführt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist gekennzeichnet durch einen Reaktor (1) enthaltend ein zumindest teilweise induktiv beheizbares Bett (3) aus zur induktiven Kopplung anregbaren Elementen, insbesondere Stahlkugeln (4), mit einer Fördereinrichtung (13) zum Eintragen der aufzuarbeitenden Materialien in den Reaktor und einer Umwälzeinrichtung (7) für die zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente (4) und die aufzuarbeitenden Materialien, einer gasdichten Austragsschleuse (16) für das Metall und einer Abzugöffnung (19) für die gebildeten Pyrolysegase.

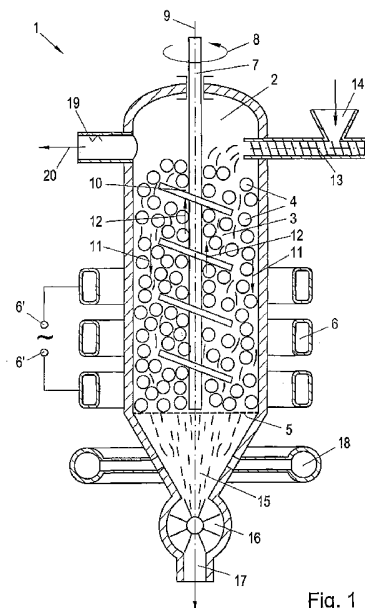


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Aufarbeiten von metallhaltigen Verbundmaterialien, wie z.B. Getränkeverpackungen, wobei das Verbundmaterial einem Pyrolyseschritt bei anoxischen Bedingungen und bei einer Temperatur von maximal der Sinter-temperatur der Metallfraktion unterworfen wird und wobei die Metallfraktion aggregiert wird, die gebildeten Metallteile ausgetragen und die Pyrolysegase abgetrennt und gesondert aufgearbeitet werden.

[0002] Metallhaltige Verbundmaterialien finden insbesondere in der Lebensmittelindustrie Verwendung, wo derartige Materialien beispielsweise zur Herstellung von Getränkeverpackungen eingesetzt werden. Diese beispielsweise unter dem Markennamen Tetra Pak bekannten Verbundmaterialien bestehen in der Regel aus einer Papier- bzw. Kartonlage, einer Aluminiumschicht und einer darüber aufgebracht Polyethylenschicht und werden in großen Mengen eingesetzt, sodass sie einen erheblichen Anteil des Hausmülls bilden, der in Müllverbrennungsanlagen und Zementwerken verbrannt wird. Auch Spitals- und Flughafenabfälle und nicht zuletzt Kaffeekapseln weisen bedeutende Anteile von metallhaltigen Verbundmaterialien auf. Wenngleich die Verbrennung von metallhaltigen Verbundmaterialien hinsichtlich der Rauchgasentwicklung umweltfreundlich durchgeführt werden kann und alle der genannten Fraktionen der Verbundmaterialien in einer Müllverbrennungsanlage exotherm reagieren, so ist das Verbrennen dieser Verbundmaterialien insofern einerseits ungünstig, als der relativ hohe Papier- bzw. Kartonanteil, also der zellulosehaltige Anteil, zu relativ großen Aschenmengen führt und andererseits bei einer Verbrennung der Verbundmaterialien das Aluminium der Metallschicht ebenfalls verbrennt und als Rohstoff für eine Wiederverwertung verloren geht.

[0003] Um das Verfahren zuverlässig anoxisch durchführen zu können, ist die Bereitstellung der genannten Temperatur mittels Brennern ungünstig. Bei der Verwendung von Brennern, die mit Luft als Oxidationsmittel für die Verbrennung betrieben werden, würde nämlich neben Aluminiumoxid (Al_2O_3) durch die Aufstickung mit dem Stickstoff der Luft auch Aluminiumnitrid (AlN) entstehen, sodass der Wertstoff Aluminium wiederum nicht in der gewünschten Form vorliegen würde.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein kostengünstig durchzuführendes Verfahren anzugeben, mit welchem die oben genannten Nachteile vermieden werden und dem Umweltschutz dennoch Rechnung getragen wird.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass der Pyrolyseschritt in einem Reaktor in einem zumindest teilweise induktiv beheizten Bett aus zur induktiven Kopplung anregbaren Elementen, insbesondere Stahlkugeln durchgeführt wird. In einem solchen Reaktor, in den keine Flammen gerichtet sind, kann die Atmosphäre zuverlässig anoxisch gehalten werden, wobei die induktive Beheizung durch stückige Elemente, wie beispielsweise Stahlkugeln, welche an ein an der Außenseite des Reaktors angelegtes Induktionsfeld ankoppeln, eine besonders gleichmäßige Wärmeerbringung in den gesamten Querschnitt des Reaktors gewährleistet. Dadurch, dass keine Verbrennung, sondern eine Pyrolyse bei anoxischen Bedingungen durchgeführt wird, wird verhindert, dass das wertvolle Metall der metallhaltigen Verbundmaterialien verbrennt, wobei bei der erfindungsgemäßen Einhaltung einer Temperatur von maximal der Sintertemperatur ein Schmelzen des Metalls verhindert wird, sodass bei gegenseitiger Berührung feiner Metallfolienteile eine Aggregation erfolgt und das Metall in mehr oder weniger grobstückiger Form aus dem Verfahren ausgetragen werden kann.

[0006] Die Pyrolysegase können aus dem erfindungsgemäßen Verfahren gesondert ausgetragen werden, wobei diese Gase zum einen verbrannt (z.B. verstromt oder als Ersatzbrennstoff in der Zementherstellung) werden oder als Synthesegase für die chemische Industrie oder in der metallherzeugenden Industrie Verwendung finden können.

[0007] Da das betreffende Metall bei den genannten Abfallstoffen zumeist Aluminium ist, wird das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt dahingehend weitergebildet, dass der Pyrolyse-

schritt bei einer Temperatur von maximal 580 °C durchgeführt wird. Dies entspricht der Sinter-temperatur von Aluminium, wodurch das Schmelzen und die überaus nachteilige Bildung von Aluminiumcarbid (Al_4C_3) verhindert und eine Aggregation wie oben beschrieben ermöglicht wird. Bei der Aufarbeitung von Abfallstoffen, die andere Metalle enthalten, ist die dem jeweiligen Metall entsprechende Sinter-temperatur zu wählen, die ungefähr zwei Drittel der jeweiligen Schmelztemperatur beträgt.

[0008] Bei den erfindungsgemäß zu verarbeitenden metallhaltigen Verbundmaterialien haften die Schichten mehr oder weniger fest aneinander. Um während des Pyrolyseschrittes die Trennung zu beschleunigen und um die genannte Aggregation der durch die Pyrolyse gebildeten Metallteile der Metallfraktion zu fördern, ist das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt derart weitergebildet, dass das Bett während des Pyrolyseschrittes umgewälzt wird. Durch das Umwälzen des Bettes wirken die zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente, die wie bereits erwähnt, insbesondere von Stahlkugeln gebildet sind, wie die Kugeln einer Rührwerkskugelmühle, sodass zusätzlich zur Hitze eine mechanische Beanspruchung der eingebrachten Verbundmaterialien erfolgt. Hierdurch werden die einzelnen Schichten im Zuge der thermischen Zersetzung voneinander gelöst und durch Transportvorgänge während der Umwälzung die gebildeten Metallteile der Metallfraktion immer wieder miteinander in Kontakt gebracht, wodurch eine Aggregation im Sinne einer Ansinterung dieser Metallteile erfolgt. Das Temperaturprofil in dem Reaktor wird durch die Umwälzung weiter vergleichmäßigt.

[0009] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist das Verfahren dahingehend weitergebildet, dass die Umwälzung mechanisch oder mit elektromotorischer Kraft erfolgt.

[0010] Wie bereits erwähnt, soll die Verbrennung des wertvollen Metalls, insbesondere wertvollen Aluminiums durch die Einstellung von anoxischen Bedingungen beim Pyrolyseschritt verhindert werden. Um dies weiter sicher zu stellen, wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung derart vorgegangen, dass in den Reaktor reduzierende oder inerte Gase, insbesondere H_2 , NH_3 , N_2H_4 und/oder Ar für die Durchführung einer sogenannten hydrierenden Pyrolyse eingebracht werden. Durch diese Maßnahme kann Sauerstoff wirkungsvoll aus dem Reaktor verdrängt werden, wobei über die Wahl der eingebrachten Gase nicht nur die Verbrennung der Metallfraktion verhindert, sondern auch Einfluss auf die chemische Zusammensetzung des Pyrolysegases bzw. Produktgases genommen werden kann, das beim Pyrolyseschritt gebildet wird. Beispielsweise kann durch Einbringen von H_2 , N_2H_4 und/oder anderen Wasserstoffträgern bzw. reduzierenden Gasen eine Methanisierungsreaktion des gebildeten Pyrolysekokes erzielt werden, wodurch Methan als Brennstoff gewonnen werden kann. Wenn die Metallfraktion aus Aluminium besteht oder dieses enthält, wirkt das Aluminium zusätzlich als Katalysator für diese Reaktion.

[0011] Weiters kann eine Katalyse der Methanisierungsreaktion gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dadurch bewirkt werden, dass das zumindest teilweise induktiv beheizte Bett Ni und/oder Mo-hältige Kugeln enthält. Eine weitere Möglichkeit der Katalyse der Methanbildung ist die Zugabe von $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ -Keramik Kugeln und auch eine Druckerhöhung im Reaktor führt zur Steigerung der Methanausbeute. Bereits im Reaktor gebildetes Aluminium fördert die Methanbildung durch Autokatalyse.

[0012] Um die Aschebildung beim erfindungsgemäßen Verfahren während des Pyrolyseschrittes zu reduzieren, kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung derart vorgegangen werden, dass die Verbundmaterialien vor dem Pyrolyseschritt einer Vorbehandlung zur Abtrennung von cellulosehaltigen Bestandteilen, insbesondere einem flüssigen Aufschluss unterworfen werden. Durch einen solchen flüssigen Aufschluss, der in aller Regel in einer mechanischen Nasszerkleinerung mit anschließender Abtrennung durch Flotation besteht, können die relativ großen Anteile von Papier bzw. Karton vor dem Pyrolyseschritt abgetrennt und einer weniger aufwendigen Entsorgung bzw. Verwertung, beispielsweise in der Papierherstellung zugeführt werden. Der flüssige Aufschluss erfolgt hierbei dergestalt, dass die Verbundmaterialien in Wasser, welches eventuell oberflächenaktive Substanzen enthält, aufge-

schlämmt werden, wobei die zellulosehaltigen Bestandteile, d.h. Papier und Karton von der Metallfolie und der Plastik- bzw. Polyethylenfolie abgelöst werden. Durch Flotation können die Fraktionen voneinander getrennt und die Papierfraktion ausgetragen werden. Vor oder nach dem Aufschlussschritt, aber jedenfalls vor dem Einbringen der Verbundmaterialien in das erfindungsgemäße Verfahren, erfolgt ggf. eine Zerkleinerung der Metall- und Plastiksichten.

[0013] Bei entsprechenden Strömungsgeschwindigkeiten der eingebrachten Gase und der Produktgase können kleine Metallaggregate zusammen mit dem Gasstrom abgezogen werden. Um auch in diesem Fall die Abtrennung der Metallteile sicherzustellen ist das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt dahingehend weitergebildet, dass die Produktgase einem Filtersystem zur Abscheidung von Metallpartikeln zugeführt werden.

[0014] Bevorzugt wird das Verfahren hierbei derart durchgeführt, dass die Abscheidung an zumindest einem elektrisch beheizbaren Nickelnetz erfolgt. Die Metallpartikel bleiben dabei an dem Nickelnetz oder einer Mehrzahl von Nickelnetzen hängen, wodurch der Druckabfall in dem Filtersystem zunimmt. Wenn ein gewisser Druckabfall gemessen wird, mit anderen Worten, wenn die Nickelnetze wegen der angelagerten Metallpartikel keine ausreichende Durchlässigkeit mehr aufweisen, wird ein Strom an die Netze angelegt, wodurch sich diese erhitzen und das angelagerte Aluminium abrinnen und gesammelt werden kann. Danach wird der Strom abgeschaltet und die Anlagerung von Metallpartikeln beginnt von neuem. Um einen möglichst kontinuierlichen Betrieb zu gestatten, kann das Filtersystem aus zwei parallel angeordneten Filtereinheiten bestehen, sodass während der soeben beschriebenen Regeneration der Nickelnetze der Gasstrom durch die diese zweite, Filtereinheit geführt werden kann, in welcher die Abscheidung in gleicher Weise erfolgt. Die Verwendung von Nickel für die Filternetze hat den Vorteil, dass Nickel als Katalysator für die Methanisierungsreaktion der Produktgase fungiert, sodass eine verbesserte Qualität des gebildeten Gases erreicht werden kann.

[0015] Die Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist gekennzeichnet durch einen Reaktor enthaltend ein zumindest teilweise induktiv beheiztes Bett aus zur induktiven Kopplung anregbaren Elementen, insbesondere Stahlkugeln, mit einer Fördereinrichtung zum Eintragen der aufzuarbeitenden Materialien in den Reaktor und einer Umwälzeinrichtung für die zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente und die aufzuarbeitenden Materialien, einer gasdichten Austragsschleuse für das Metall und einer Abzugöffnung für die gebildeten Pyrolysegase. Der Reaktor weist hierbei zumindest eine Induktionsspule auf, mit der ein Induktionsfeld erzeugt wird, an das die zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente ankopeln und dadurch erhitzt werden. Die zumindest eine Induktionsspule kann hierbei außen am Reaktor oder im Inneren des Reaktors angeordnet sein. Mit Hilfe einer Fördereinrichtung werden die aufzuarbeitenden Materialien wenn nötig vorzerkleinert in den Reaktor eingebracht. Der Pyrolyseschritt findet im zumindest teilweise induktiv erhitzten Bett statt, wobei durch die Umwälzeinrichtung ein ständiges Umschichten der zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente und der mit diesen Elementen transportierten Verbundmaterialien erfolgt, sodass die zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente wie eine Rührwerkskugelmühle wirken und die zu verarbeitenden Materialien sowohl thermisch, als auch mechanisch aufgearbeitet, pyrolysiert und aggregiert bzw. gesintert werden. Beim Umwälzen des Bettes entstehen auch nicht unerhebliche Wärmemengen aus der Reibung der zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente, wodurch die erforderliche Heizleistung durch Induktion reduziert wird. Am Boden des Reaktors ist eine gasdichte Austragsschleuse für die Metallfraktion angebracht und die Pyrolysegase können über eine Abzugöffnung aus dem Verfahren ausgetragen werden.

[0016] Für den Eintrag von zusätzlichen Gasen ist die erfindungsgemäße Vorrichtung bevorzugt dahingehend weitergebildet, dass der Reaktor Anschlüsse für reduzierende oder inerte Gase, insbesondere H_2 , NH_3 , N_2H_4 und/oder Ar und zumindest eine Abzugöffnung für die gebildeten Produktgase aufweist. Die Gase können hierbei im Gleichstrom oder im Gegenstrom zu den Metallen geführt werden, wobei bei den bei der vorliegenden Erfindung vorgesehenen Temperaturen im Reaktor noch keine unvorteilhafte Aufstickung des metallischen Aluminiums zu AlN durch die eingeführten Stickstoffspezies erfolgt. Wenn die Ströme des gesinterten Metalls im Gegenstrom zu den eingebrachten Gasen laufen, wirkt das Kugelbett im unteren Be-

reich, d.h. im Bereich der der gasdichten Austragsschleuse benachbart liegt als Kühlstrecke für die gesinterten Metalle.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dahingehend weitergebildet, dass die im Reaktor angeordnete Umwälzeinrichtung als Hubschnecke ausgebildet ist, wodurch die zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente, die insbesondere als Stahlkugeln ausgebildet sein können ständig von unten nach oben gefördert werden, sodass eine effektive Umschichtung im Reaktor erfolgt.

[0018] Bevorzugt ist die Erfindung hierbei dahingehend weitergebildet, dass die Umwälzeinrichtung unter Ausbildung eines Ringraums im Reaktor angeordnet ist, der mit dem Austragsbereich der Umwälzeinrichtung in Verbindung steht.

[0019] Alternativ kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Vorrichtung auch derart ausgebildet sein, dass die Umwälzeinrichtung in Form von radial angeordneten Hubbalken gebildet ist. Eine solche Ausführungsform weist hinsichtlich der Umwälzung eine hohe Ähnlichkeit zu einer Rührwerkskugelmühle auf.

[0020] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann die vorliegende Erfindung dahingehend weitergebildet sein, dass die Umwälzeinrichtung von einer Induktionsspule gebildet ist. Bei entsprechenden Frequenzen von etwa 50 - 300 Hz wirkt die elektromotorische Kraft bzw. die Lorentz-Kraft derart, dass es zu einer Bewegung der zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente innerhalb des Reaktors im Sinne der elektrischen Feldlinien der jeweiligen Induktionsspule kommt, wodurch eine effektive Umwälzung des Bettes ohne irgendwelche mechanischen Rührwerke erzielt wird, sodass in diesem Fall von einer induktiv erzeugten Wirbelschicht gesprochen werden kann. Die Heizfrequenz zum induktiven Beheizen des Bettes und die Frequenz zum Umwälzen der zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente kann entweder von zwei verschiedenen Spulen oder von einer einzigen Spule in den Reaktor eingetragen werden, wobei im zweiten Fall die Bestromung von geeigneten elektronischen Schaltkreisen geregelt wird.

[0021] Bevorzugt ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dahingehend weitergebildet, dass an die Abzugöffnung ein Filtersystem zur Abscheidung von Metallpartikeln angeschlossen ist, wobei bevorzugt ein elektrisch beheizbares Nickelnetz als Filter vorgesehen ist. Die daraus resultierenden Vorteile wurden bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert.

[0022] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigen

[0023] Figur 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0024] Fig. 2 eine abgewandelte Ausführungsform mit einer im Reaktor angeordneten Kühlstrecke,

[0025] Fig. 3 eine alternative Ausführung mit einer Gasführung im Gleichstrom mit den aufzuarbeitenden Abfallstoffen und die

[0026] Fig. 4 und 5 abgewandelte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei denen die Umwälzeinrichtung von einer Induktionsspule gebildet ist.

[0027] Figur 6 zeigt eine mögliche Ausführungsform des Filtersystems.

[0028] In Fig. 1 ist ein Reaktor mit 1 bezeichnet, in dessen Innenraum 2 ein Bett 3 aus zur induktiven Kopplung anregbaren Elementen angeordnet ist. Die zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente sind beispielsweise von Stahlkugeln 4 oder Stahlstücken gebildet, die auf einem Rost 5 abgestützt sind. Mit 6 ist eine Induktionsspule bezeichnet, die über Klemmen 6' mit Wechselstrom einer Frequenz von ungefähr 0,5 bis 10 kHz beaufschlagt wird. Die Stahlkugeln 4 koppeln an das elektrische Feld an, wobei es durch die elektrischen Widerstände und die

entstehenden Wirbelströme in den einzelnen Stahlkugeln 4 zu einer Wärmeentwicklung kommt. Die Wand des Reaktors 1 muss dabei zwingend als Nichtleiter ausgebildet sein, damit das Ankoppeln der Elemente gelingt. Mit Hilfe der Umwälzeinrichtung 7, die im Fall der Vorrichtung gemäß Fig. 1 als Hubschnecke ausgebildet ist und die sich in Richtung des Pfeils 8 um die Achse 9 dreht, werden die Stahlkugeln 4 im Inneren des Bettes 3 angehoben, wobei um den Austragsbereich 10 der Umwälzeinrichtung 7 ein Ringraum gebildet ist, in welchen die angehobenen Stahlkugeln 4 abgegeben werden. Es erfolgt somit eine Umwälzung der Stahlkugeln 4 im Sinne der Pfeile 11 und 12, sodass die zu verarbeitenden Materialien, die über die Eintragschleuse 13 in den Reaktor 1 eingebracht werden, zusätzlich zur thermischen Belastung auch mechanisch beansprucht werden, sodass es zu einer schnelleren Pyrolyse der Plastik- bzw. Polyethylenfolien bei einer gleichzeitigen Aggregation der aus den Verbundmaterialien freigesetzten Metallteile kommt. Die aufzuarbeitenden Verbundmaterialien werden an der Stelle 14 in die Eintragschleuse 13 eingebracht, wobei in aller Regel eine vorhergehende Zerkleinerung der Verbundmaterialien von Nöten ist. Im Bereich des Rostes 5 liegen die Metall- bzw. Aluminiumteile bereits aggregiert vor und fallen durch einen Austragskonus 15 in eine gasdichte Zellradschleuse 16, die die Metallfraktion in eine Austragsleitung 17 fördert. Mit 18 ist eine Ringleitung bezeichnet, welche an geeigneten Stellen des Umfangs des Reaktors 1 in den Austragskonus 15 mündet, in welchem durch die durch die Ringleitung eingetragenen Gase eine Kühlung der Metallteile erfolgt. Andererseits können die Gase auch vorgewärmt eingebracht werden, wodurch die notwendige Induktionsenergie minimiert wird. Die gebildeten Pyrolysegase werden am oberen Ende des Reaktors durch eine Abzugöffnung 19 in Richtung des Pfeils 20 ausgetragen und einer weiteren Verarbeitung bzw. Entsorgung zugeführt. Um eine Gasströmung durch das Bett 3 zu erreichen, sind die Ringleitung 18 und die Abzugöffnung 19 an einander gegenüberliegenden Enden des Bettes 3 angeordnet.

[0029] In Fig. 2 ist im Wesentlichen derselbe Aufbau wie in Fig. 1 gezeigt und gleiche Bauteile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Der Reaktor 1 ist in Achsrichtung verlängert und im Bereich 21 ist eine Kühlstrecke angeordnet, in welcher keine weitere induktive Beheizung erfolgt. In diesem Bereich 21 kann das aggregierte Metall abkühlen, wobei eine zusätzliche Kühlung durch das Einbringen von ggf. gekühlten Gasen erfolgen kann.

[0030] In Fig. 3 ist zu erkennen, dass im Rahmen der Erfindung auch eine Gasführung im Gleichstrom mit den aufzuarbeitenden Materialien möglich ist. Die Edukte werden hierbei wie bereits beschrieben an der Position 14 in den Reaktor 1 eingebracht. An der Position 21' am oberen Ende des Reaktors 1 werden nun entweder Reaktivgase wie H_2 , N_2H_4 oder Inertgase wie beispielsweise Edelgase eingebracht. Der Transport der Stahlkugeln 4 erfolgt wie bereits beschrieben und die aggregierten Metallteile der Verbundmaterialien werden im Gleichstrom mit den Gasen in einen Staubzyklon 23 eingetragen, in welchen der Reaktor 1 mit seinem unteren Ende 22 im Sinne eines Tauchrohres eintaucht. Der Vorteil einer solchen Vorgehensweise liegt darin, dass das Produktgas des Verfahrens ausreagiert ist und im Gleichgewicht mit den andern Komponenten des Prozesses steht und dass gleichzeitig kein nennenswerter Partikelaustrag durch das Produktgas aus dem Prozess erfolgt. An der Position 24 werden die Produktgase abgesaugt.

[0031] In Fig. 4 ist im Inneren 2 des Reaktors 1 eine von der für die induktive Beheizung vorgesehenen Induktionsspule 6 unabhängige Induktionsspule 25 dargestellt, die mit einer Frequenz von 50-300 Hz beaufschlagt wird. Eine derart niedrige Frequenz führt zu keiner nennenswerten Erhitzung der Stahlkugeln 4, sondern es resultiert lediglich eine elektromotorische Kraft, durch welche die Stahlkugeln 4 in Richtung der Pfeile umgewälzt werden. Zum Schutz vor der abrasiven Wirkung der Stahlkugeln, die wie eine Rührwerkskugelmühle wirken, ist die Induktionsschleife 25 mit einer Panzerung 26 versehen. Die Funktionen der beiden Spulen 6 und 25 können durch geeignete Wahl der jeweiligen Frequenzen auch vertauscht werden.

[0032] In Fig. 5 ist die Induktionsspule 25 außerhalb zwischen den Windungen der Induktionsspule 6 angeordnet.

[0033] Wie in Fig. 6 dargestellt, können die abgezogenen Gase nachdem sie beispielsweise an

der Position 24 in Fig. 3 abgesaugt wurden durch eine Leitung 27 einem Filtersystem 28 zugeführt werden. Das Filtersystem 28 besteht aus zwei parallel abgeordneten Filtereinheiten 29 und 29', wobei in Fig. 6 die Filtereinheit 29' nur angedeutet ist. Es ist jedoch klar, dass die beiden Einheiten gleich aufgebaut sind. In der Filtereinheit 29 sind Filternetze bzw. Lagen eines Filternetzes 30 aus Nickel angeordnet. Das Filternetz 30 ist an eine Stromquelle angeschlossen und kann dadurch im Sinne einer Widerstandsheizung erhitzt werden. Durch Betätigung der Absperrventile 31 und 31' sowie 32 und 32' kann der Abgasstrom wahlweise durch eine der beiden Filtereinheiten 29 geleitet werden, wobei im Abgasstrom suspendierte Metallteile bzw. aggregate am Filternetz 30 angelagert werden. Die Maschenweite des Filternetzes 30 verringert sich in Strömungsrichtung. Wenn ein gewisser Druckabfall in der Filtereinheit 29 gemessen wird, werden die Ventile 31, 31', 32 und 32' geeignet betätigt, um den Abgasstrom auf die andere Filtereinheit umzulenken. Hierauf wird ein Heizstrom an das Filternetz 30 angelegt, sodass die Erhitzung zu einem Schmelzen der angelagerten Metallpartikel kommt, wodurch das Metall abrinnt und am Boden der Filtereinheit gesammelt werden kann. Über einen Abstich 33 kann das Metall abgelassen und gesammelt werden. Das verbleibende Produktgas wird über die Leitung 34 abgezogen. Zusätzlich kann den Filtereinheiten 29 und 29' ein Edelgas als Inertgas zugeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufarbeiten von metallhaltigen Verbundmaterialien, wie z.B. Getränkeverpackungen, wobei das Verbundmaterial einem Pyrolyseschritt bei anoxischen Bedingungen und bei einer Temperatur von maximal der Sintertemperatur der Metallfraktion unterworfen wird und wobei die Metallfraktion aggregiert wird, die gebildeten Metallteile ausgezogen und die Pyrolysegase abgetrennt und gesondert aufgearbeitet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Pyrolyseschritt in einem Reaktor (1) in einem zumindest teilweise induktiv beheizten Bett (3) aus zur induktiven Kopplung anregbaren Elementen, insbesondere Stahlkugeln (4) durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Pyrolyseschritt bei einer Temperatur von maximal 580 °C durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bett (3) während des Pyrolyseschrittes umgewälzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umwälzung mechanisch oder mit elektromotorischer Kraft erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Reaktor (1) reduzierende oder inerte Gase, insbesondere H₂, NH₃, N₂H₄ und/oder Ar eingebracht werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest teilweise induktiv beheizte Bett (3) Ni und/oder Mo-hältige Kugeln enthält.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbundmaterialien vor dem Pyrolyseschritt einer Vorbehandlung zur Abtrennung von cellulosehaltigen Bestandteilen, insbesondere einem flüssigen Aufschluss unterworfen werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pyrolysegase einem Filtersystem zur Abscheidung von Metallpartikeln zugeführt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abscheidung an zumindest einem elektrisch beheizbaren Nickel-Netz erfolgt.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch** einen Reaktor (1) enthaltend ein zumindest teilweise induktiv beheizbares Bett (3) aus zur induktiven Kopplung anregbaren Elementen, insbesondere Stahlkugeln (4), mit einer Fördereinrichtung zum Eintragen der aufzuarbeitenden Materialien in den Reaktor und einer Umwälzeinrichtung (7) für die zur induktiven Kopplung anregbaren Elemente und die aufzuarbeitenden Materialien, einer gasdichten Austragsschleuse (16) für das Metall und einer Abzugöffnung (19) für die gebildeten Pyrolysegase.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor Anschlüsse für reduzierende oder inerte Gase, insbesondere H_2 , NH_3 , N_2H_4 und/oder Ar und zumindest eine Abzugöffnung (19) für die gebildeten Produktgase aufweist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die im Reaktor (1) angeordnete Umwälzeinrichtung (7) als Hubschnecke ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umwälzeinrichtung (7) unter Ausbildung eines Ringraums im Reaktor angeordnet ist, der mit dem Austragsbereich (10) der Umwälzeinrichtung (7) in Verbindung steht.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umwälzeinrichtung (7) in Form von radial angeordneten Hubbalken gebildet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umwälzeinrichtung (7) von einer Induktionsspule (25) gebildet ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass an die Abzugöffnung (19) ein Filtersystem (28) zur Abscheidung von Metallpartikeln angeschlossen ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein elektrisch beheizbares Nickelnetz (30) als Filter vorgesehen ist.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

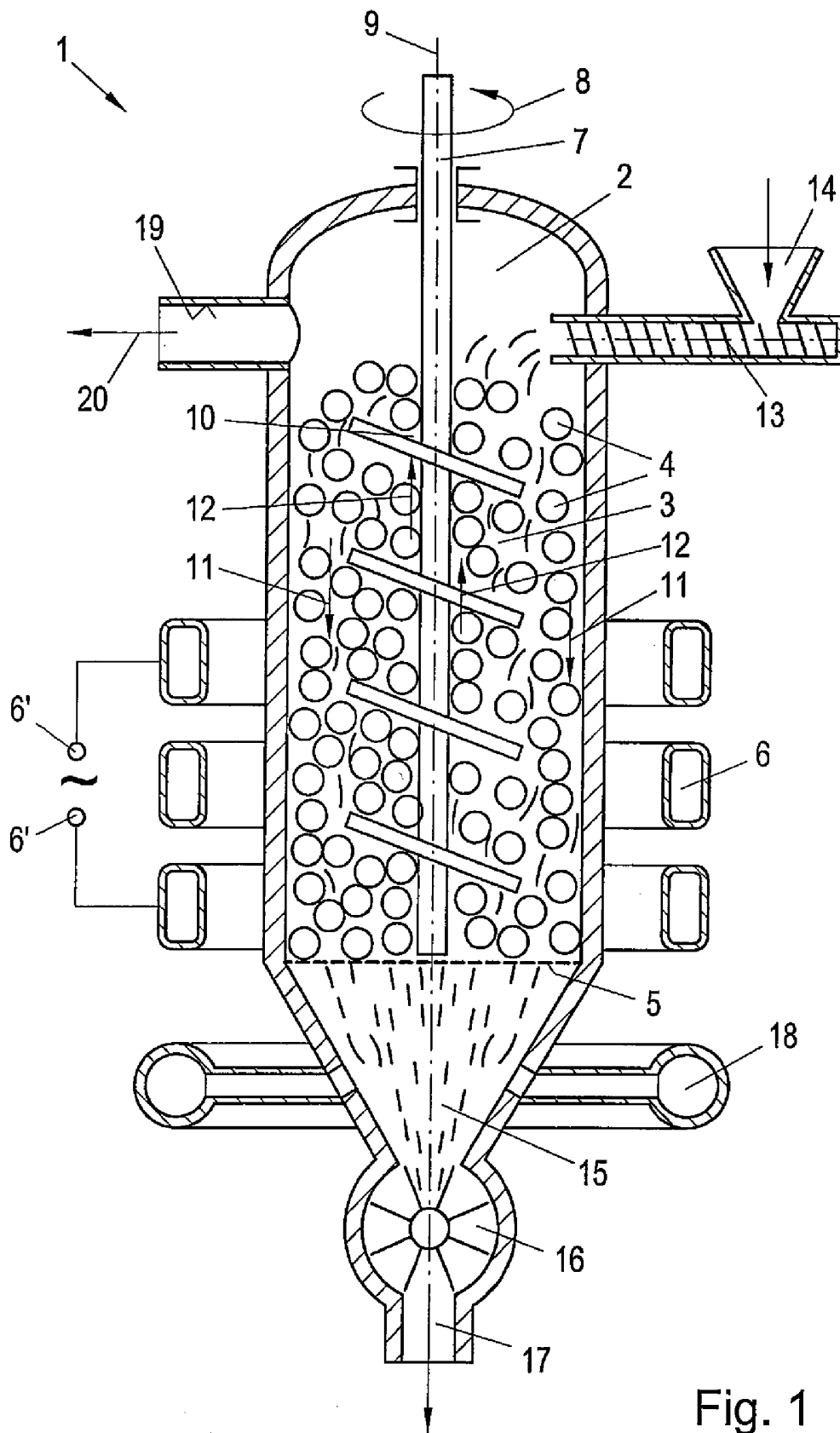


Fig. 1

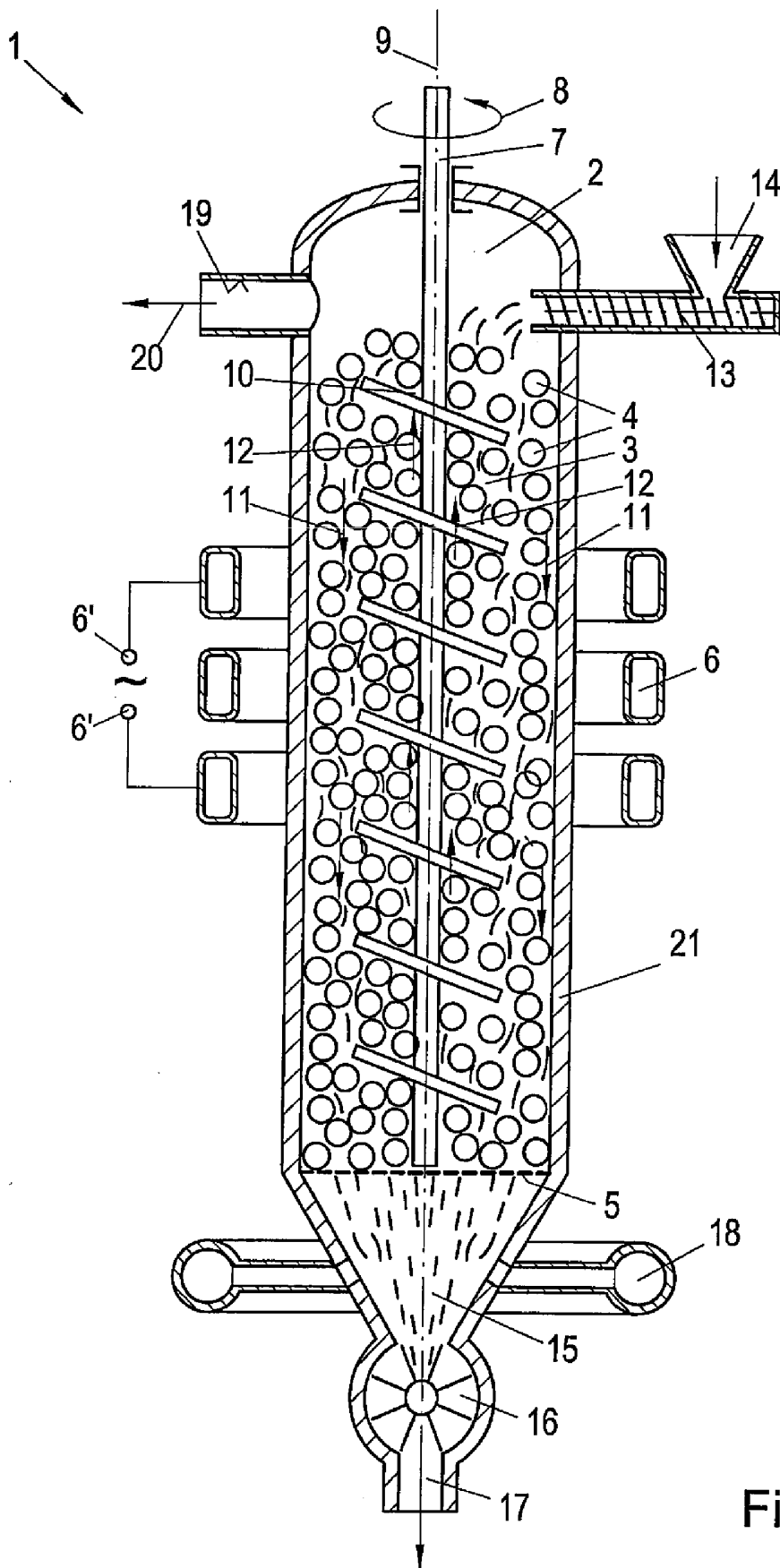


Fig. 2

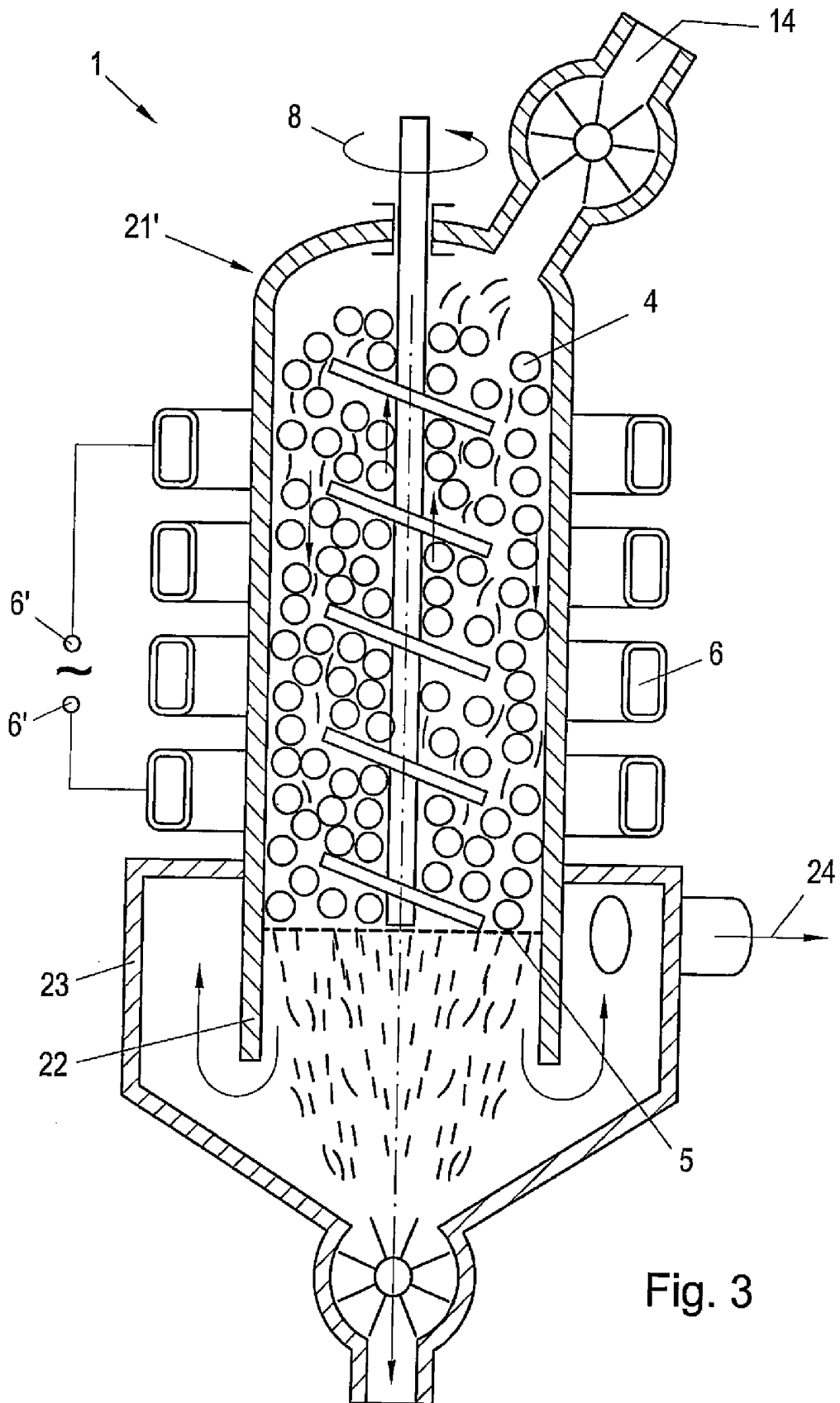


Fig. 3

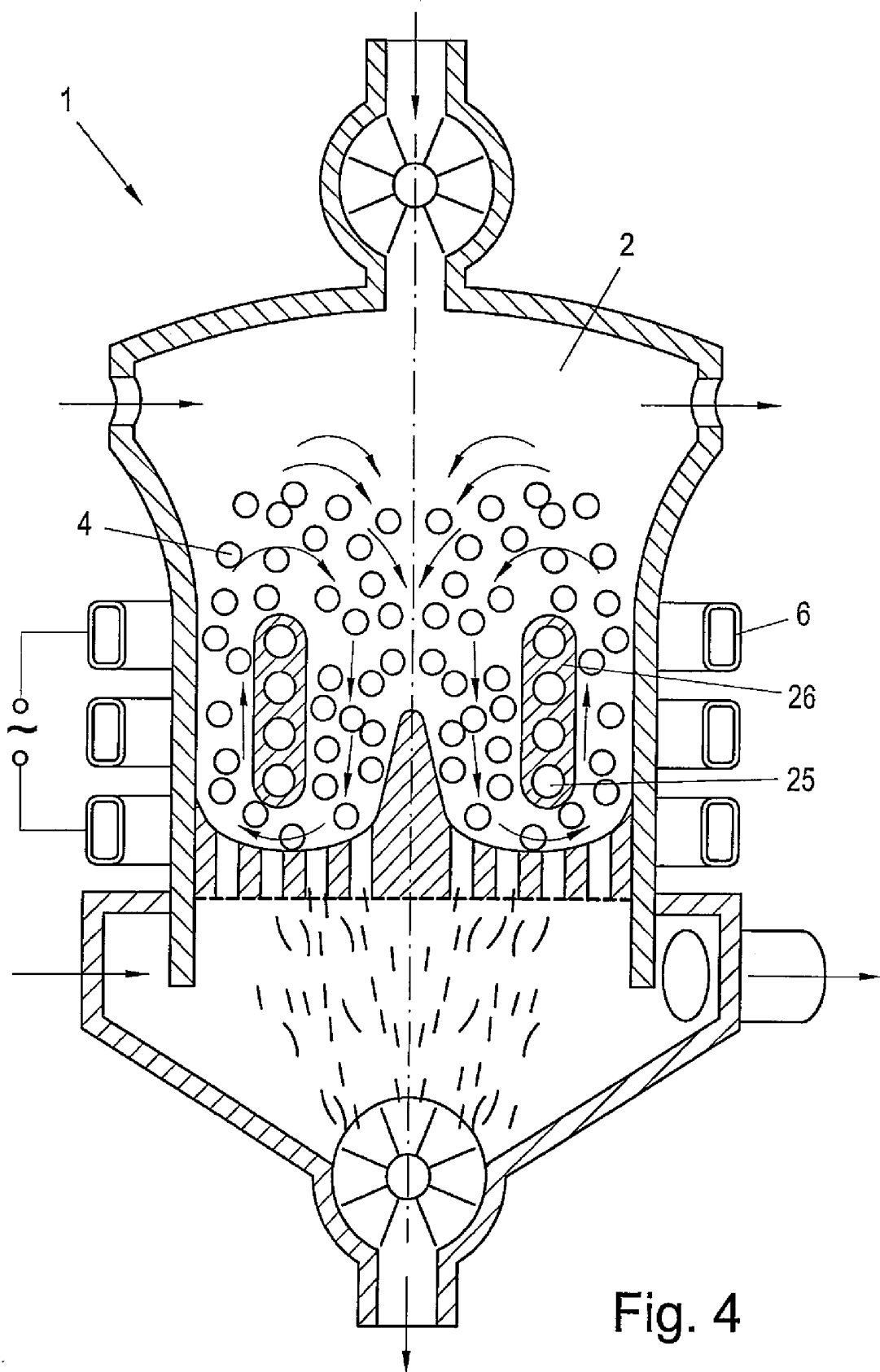


Fig. 4

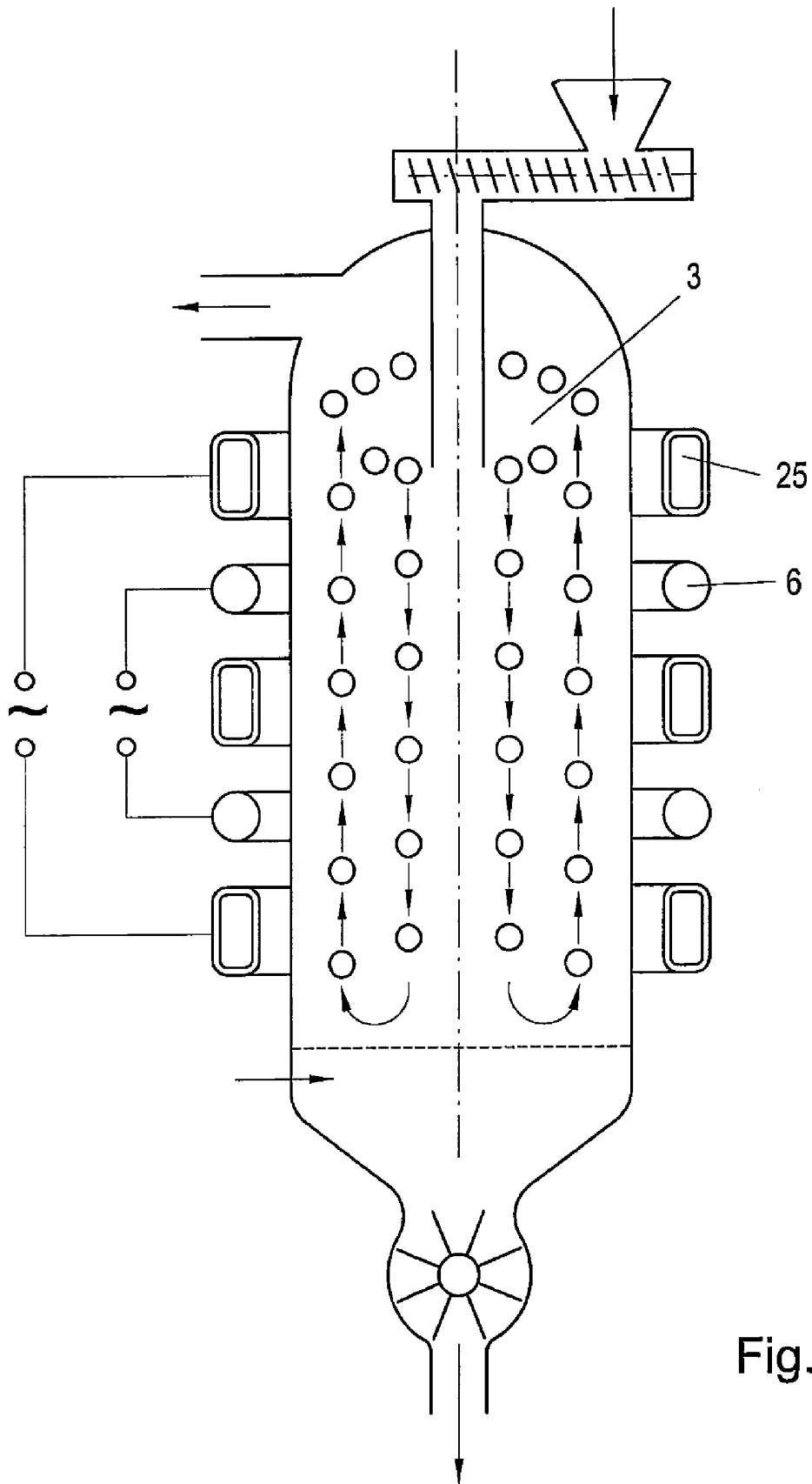


Fig. 5

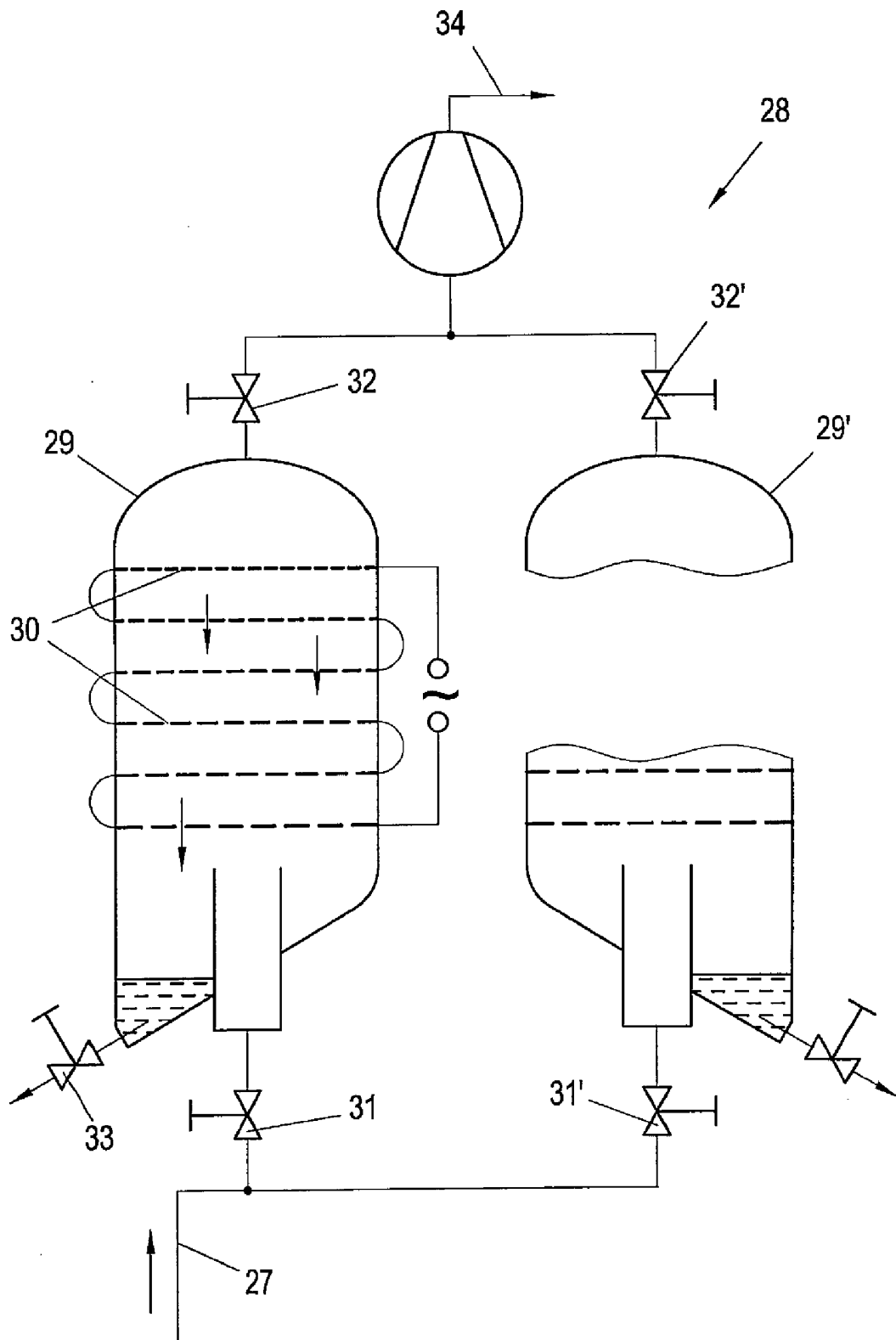


Fig. 6