

(19)



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Économie

(11)

N° de publication :

**LU103142**

(12)

**BREVET D'INVENTION****B1**

(21)

N° de dépôt: LU103142

(51)

Int. Cl.:

F27B 7/06, F27B 7/34, F27B 7/36, F27B 7/38, F27D 7/02,  
F27D 13/00, F27D 15/02, F27D 17/00, F27D 19/00

(22)

Date de dépôt: 06/06/2023

(30)

Priorité:

(72)

Inventeur(s):

GRUND Guido – Deutschland, WAGNER Eugen –  
Deutschland, SCHEFER Dirk – Deutschland

(43)

Date de mise à disposition du public: 06/12/2024

(74)

Mandataire(s):

THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH –  
45143 Essen (Deutschland)

(47)

Date de délivrance: 06/12/2024

(73)

Titulaire(s):

THYSSENKRUPP POLYSIUS GMBH – 59269  
Beckum (Deutschland), THYSSENKRUPP AG – 45143  
Essen (Deutschland)

(54)

**Klimaschonende Puzzolanerzeugung .**

(57)

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines thermisch aktivierten Tones, wobei die Vorrichtung einen Drehrohrofen 10 und eine von dem Drehrohrofen 10 getrennte Heißgaserzeugungsvorrichtung 20 aufweist, wobei die Heißgaserzeugungsvorrichtung 20 und der Drehrohrofen 10 über eine Gasleitung 23 zur Überführung in der Heißgaserzeugungsvorrichtung erzeugter heißer Gase verbunden sind.

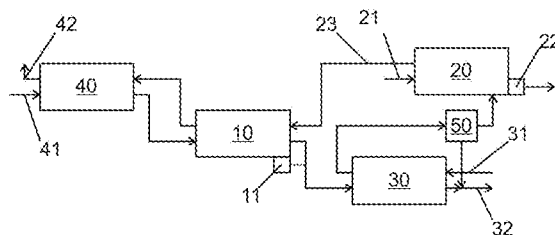


Fig. 1

## Klimaschonende Puzzolanerzeugung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erzeugung eines thermisch aktivierten Tones, eines künstlichen Puzzolans, in einem Drehrohrofen.

5

Da beim Brennvorgang von Kalkstein aus dem Kalkstein selber mineralisch gebundenes Kohlendioxid freigesetzt wird, wird zu Verringerung der Kohlendioxidemissionen im Zementbereich zunehmend auf aktivierte Tone, auch künstliche Puzzolane genannt, gesetzt, da bei deren Aktivierung eine derartige Kohlendioxidfreisetzung aus dem Ton nicht erfolgt. Somit ist bei der Aktivierung von Tönen die Energiequelle und somit der eingesetzte Brennstoff die wesentliche Quelle für die Kohlendioxidemissionen. Um diese zu reduzieren wird zunehmend auf Ersatzbrennstoffe gesetzt, welche aber anspruchsvoller bei der Verbrennung sind.

10

15

Ursprünglich erfolgte die Herstellung von künstlichen Puzzolanen durch die thermische Aktivierung von Tönen in einem Drehrohrofen. Da in einem Drehrohrofen die Verwendung von Ersatzbrennstoffen jedoch nicht unproblematisch ist, werden derzeit Flugstromprozesse verwendet, wobei der Einsatz von Ersatzbrennstoffen wesentlich einfacher möglich ist. Bei dem Einsatz von Ersatzbrennstoffen sind zwei Aspekte wichtig. Zum einen muss ein sicherer und vollständiger Ausbrand gewährleistet sein. Dieser erfordert ausreichend hohe Temperaturen und ausreichend hohe Brenndauer bei ausreichend hohem Sauerstoffangebot. In einem Drehrohrofen ist somit aber keine gleichzeitige Optimierung der Aktivierung des Tones und des Ausbrands des Ersatzbrennstoffs möglich.

20

25

Aus der WO 2018 / 195 642 A2 ist ein Verfahren zur Herstellung von Puzzolanen mit Farbwechsel bekannt.

30

Aus der WO 2022 / 058 206 A1 ist die Energierückgewinnung bei der Kühlung farboptimierter Tone bekannt.

Aus der DE 10 2004 009 689 A1 ist eine Anlage zur Herstellung von Zementklinker bekannt.

5 Aus der DE 10 2012 108 295 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verarbeitung von Ersatzbrennstoffen bekannt.

Es wäre wünschenswert, die Aktivierung eines Tones auch in einem Drehrohrofen unter Vermeidung von Emissionen, insbesondere durch die möglichst vollständige Verwendung von Ersatzbrennstoffen, zum Beispiel Biomasse, zu ermöglichen.

10 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung mit einem Drehrohrofen für die thermische Aktivierung von Tonen bereitzustellen, welche ohne eine Feuerung von Primärrohstoffen wie Öl oder Gas im Drehrohrofen auskommt und so besonders klimaschonend betrieben werden kann.

15 Gelöst wird diese Aufgabe durch die Vorrichtung mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen sowie durch das Verfahren mit den in Anspruch 28 angegebenden Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den Zeichnungen.

20 Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient der Erzeugung eines thermisch aktivierten Tones. Die Vorrichtung weist einen Drehrohrofen und eine von dem Drehrohrofen getrennte Heißgaserzeugungsvorrichtung auf. Durch die Trennung ist eine Trennung der Prozessbedingungen möglich, sodass beispielsweise Ersatzbrennstoff in der  
25 Heißgaserzeugungsvorrichtung unter für die Verbrennung des Ersatzbrennstoffes optimalen Bedingungen erfolgen kann, während die Prozessbedingungen im Drehrohrofen auf die Aktivierung des Tones optimiert werden können. Die Heißgaserzeugungsvorrichtung und der Drehrohrofen sind über eine Gasleitung zur Überführung in der Heißgaserzeugungsvorrichtung erzeugter heißer Gase verbunden.  
30 Da nur das Heißgas somit durch die Gasleitung übertragen wird, ergibt sich auf der einen Seite der Vorteil der Trennung der beiden thermischen Vorgänge. Auf der anderen Seite ist nachteilig, dass die Energieerzeugung eben nicht mehr unmittelbar im Drehrohrofen

erfolgt und damit der Wärmeübergang vom Gas auf den Ton limitiert ist. Dieses erschwert die thermische Aktivierung ohne direkte Wärmeerzeugung in einem Drehrohrofen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung einen ersten  
5 Temperatursensor auf. Der erste Temperatursensor ist ein Infrarotsensor. Der erste Temperatursensor ist im Auslaufbereich unterhalb des Drehrohrofens angeordnet. Diese spezielle Anordnung ermöglicht eine kontaktlose (verschleißfreie) Messung der Temperatur des aktivierten Tones. Bei der üblichen Messung von oben ist keine so zuverlässige Temperaturmessung möglich, da Staub die Messung beeinflusst. Eine  
10 Messung des austretenden Materials von der Unterseite hingegen hat sich als sehr zuverlässig herausgestellt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung einen zweiten Temperatursensor auf. Der zweite Temperatursensor ist in oder an dem Drehrohrofen  
15 angeordnet. Beispielsweise kann der zweite Temperatursensor auf der Außenseite des Drehrohrofens angeordnet sein. Hier wird dann natürlich nur die Außentemperatur des Drehrohrofens gemessen. Vorteil ist, dass das wartungsarm und verschleißfrei ist. Nachteilig ist, dass die Messung vergleichsweise ungenau ist. Alternativ kann der zweite Temperatursensor in einem feuerfesten Schutzrohr im Inneren des Drehrohrofens  
20 angeordnet sein. Somit ist eine Messung des Materials im Drehrohrofen möglich.. Der zweite Temperatursensor kann beispielsweise auf drei Seiten von einem metallischen Schutz umgeben und geschützt sein.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Gasleitung eine Länge auf,  
25 sodass das Gas innerhalb der Gasleitung eine Verweilzeit zwischen 0 und 10 s, bevorzugt zwischen 0,5 und 10 s aufweist. Somit kann die Gasleitung beispielsweise kürzer, dafür aber mit einem größeren Innendurchmesser ausgeführt sein oder aber länger und mit einem kleineren Innendurchmesser. Bevorzugt weist die Gasleitung eine Länge auf, sodass das Gas innerhalb der Gasleitung eine Verweilzeit zwischen 1 und 5 s  
30 aufweist. Weiter Bevorzugt weist die Gasleitung eine Länge auf, sodass das Gas innerhalb der Gasleitung eine Verweilzeit zwischen 1,5 und 2,5 s aufweist. Durch diese Verweilzeit in der Gasleitung kann ein sicherer Ausbrand gewährleistet werden, falls

dieses nicht bereits in der Heißgaserzeugungsvorrichtung erfolgt ist. Dieses ermöglicht somit die Verwendung einer Heißgaserzeugungsvorrichtung, welcher selber an sich nicht beispielsweise den gesetzlichen Vorgaben zum sicheren Ausbrand entspricht. Zusätzlich können weitere Maßnahmen, beispielsweise die Zufuhr von Ammoniak oder Harnstoff  
5 zur Entfernung von möglichen Stickoxiden genutzt werden. Auch dafür sind entsprechende Reaktionszeiten sinnvoll.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung einen Materialkühler auf. Der Drehrohrofen ist mit dem Materialkühler zur Überführung des  
10 thermisch behandelten Tones verbunden. Der Materialkühler ist mit der Heißgaserzeugungsvorrichtung zur Überführung von im Materialkühler vorgewärmten Gas verbunden. Hierdurch wird zum einen das fertige Produkt gekühlt, zum anderen die Wärme in den Prozess zurückgeführt. Bevorzugt ist zwischen dem Materialkühler und der Heißgaserzeugungsvorrichtung ein Staubfilter angeordnet. Der hierbei  
15 abgeschiedene Staub wird bevorzugt dem fertigen Produkt zugeführt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Materialkühler ein Trommelkühler. Bevorzugt wird im Trommelkühler der Gasstrom im Gegenstrom zum Materialstrom geführt. Vorteil des Trommelkühlers ist, dass die Partikelgröße des  
20 aktivierten Tones weniger relevant ist im Vergleich zu Flugstromwärmetauschern. Daher ist die Anforderung an den Ton und der Energiebedarf für die Zerkleinerung entsprechend gering.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform der Erfindung ist der Materialkühler ein  
25 walking floor, Zweischichtkühler oder Rostkühler.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform der Erfindung ist der Materialkühler ein Zyklon- oder Wirbelschichtkühler. Vorteil ist, dass hier eine sehr viel schnellere Kühlung erreicht werden kann. Nachteilig ist jedoch, dass die maximale Partikelgröße des  
30 aktivierten Tons auf eine flugfähige Partikelgröße (Beispielsweise unter 2 mm) begrenzt ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist zwischen dem Drehrohrofen und dem Materialkühler eine Zerkleinerungsvorrichtung angeordnet. Die Zerkleinerungsvorrichtung ist beispielsweise ein Walzenbrecher. Die Zerkleinerungsvorrichtung kann insbesondere gekühlt, bevorzugt luftgekühlt, sein.  
5 Dieses ist besonders bevorzugt, wenn der Materialkühler ein Zyklon- oder Wirbelschichtkühler ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist zwischen dem Drehrohrofen und dem Materialkühler ein Sieb, insbesondere ein Trommelsieb, angeordnet. Besonders  
10 bevorzugt ist hinter dem Grobauslass des Siebes, insbesondere des Trommelsiebs, ein Brecher angeordnet. Hierdurch kann die Menge des heißen zu zerkleinernden Materials, welches auf den Brecher aufgetragen wird, deutlich reduziert werden, sodass Wärme weniger problematisch ist.

15 Das Sieb kann auch als statisches Sieb, insbesondere als Sieb mit einer Neigung von 30 ° bis 60 °, ausgebildet sein. Hierdurch ist ein rein schwerkraftsgetriebener Transport möglich und somit kann auf eine aktive Förderung verzichtet werden.

Vorzugsweise weist das Sieb eine Maschengröße von 2 mm auf, sodass Partikel mit  
20 weniger als 2 mm passieren können und Partikel mit mehr als 2 mm zurückgehalten werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung eine Produktrückführung auf. Die Produktrückführung ist zur Rückführung von im  
25 Materialkühler gekühltem Produkt zwischen den Drehrohrofen und den Materialkühler ausgebildet. Dieses ist besonders bevorzugt, wenn zwischen dem Drehrohrofen und dem Materialkühler eine Zerkleinerungsvorrichtung angeordnet ist, da auf diese Weise durch die Vermischung von heißen, aus dem Drehrohrofen kommendem aktivierten Ton mit kalten zurückgeführten aktivierten Ton, eine schnelle Abkühlung und damit geringere  
30 thermische Belastung für die Zerkleinerungsvorrichtung erreicht werden kann. Für weitere Ausführungen wird auf die DE 10 2020 211 750 A1 verwiesen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung einen Vorkühler auf. Der Vorkühler ist zwischen dem Drehrohrofen und dem Materialkühler angeordnet. Der Vorkühler weist eine direkte oder indirekte Wasserkühlung auf. Bei einer direkten Wasserkühlung wird Wasser direkt auf den aktivierten Ton aufgebracht, insbesondere aufgesprüht. Hierdurch ist eine extrem schnelle und effiziente Abkühlung möglich, was besonders vorteilhaft ist, um eine Farbveränderung des aktivierten Tones nach der thermischen Behandlung zu vermeiden, bei denen der aktivierte Ton bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff in Kontakt kommt. Bei der indirekten Wasserkühlung wird das Wasser auf die Außenseite des Vorkühlers gesprüht und somit der Vorkühler selber stark abgekühlt. Nachteil des Verfahrens ist die geringe Effizienz bei der Rückgewinnung der Wärme.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Drehrohrofen Einbauten zur vertikalen Förderung des Tones auf. Die Einbauten zur vertikalen Förderung des Tones dienen dazu, den Ton anzuheben, wodurch dieser dann durch den Gasstrom im Inneren des Drehrohrofens fällt, wodurch der Wärmeübergang vom Gasstrom auf den Ton optimiert wird. Die Einbauten können gerade, gewinkelte oder gebogene Einbauten sein. Es können Waben- oder Kreuzeinbauten oder es können Kettenelemente sein. Wesentlich ist, dass durch die Einbauten der Ton wenigstens partiell angehoben wird und dadurch wenigstens teilweise durch den Gasstrom wieder herunterfällt. Da der Verschleiß der Einbauten stark temperaturabhängig ist, sind diese Einbauten bevorzugt nur in der der Heißgaserzeugungsvorrichtung abgewandten Seite des Drehrohrofens eingebaut, also in Bereichen des Drehrohrofens, in denen die Temperatur des Tones unter 650 °C, gegebenenfalls unter 500 °C liegt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Drehrohrofen Stauringe auf. Hierdurch wird die Füllhöhe im Drehrohrofen erhöht, die Verweilzeit erhöht und damit verbessert sich der Wärmeübergang von der Gasphase auf den zu aktivierenden Ton. Vorzugsweise weist der Drehrohrofen einen oder mehrere Stauringe auf.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Gasleitung eine Stickstoffzuführung zur Entfernung von Stickoxiden auf. Über die Stickstoffzuführung

kann zum Beispiel Ammoniak, wässrige Ammoniaklösung, Harnstofflösung oder dergleichen zugeführt werden, sodass der zugeführte Stickstoff mit Stickoxiden synproportioniert und so die Stickoxide entfernt werden. Weitere Ausführungsmöglichkeiten können insbesondere der DE 10 2022 209 826 entnommen werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist in Gasstromrichtung hinter dem Drehrohrofen ein Saugzugventilator angeordnet. Aufgrund der hohen Temperaturen in der Gasleitung zwischen der Heißgaserzeugungsvorrichtung und dem Drehrohrofen ist dort kein Ventilator anordbar, sodass die Förderleistung bevorzugt vollständig von dem Saugzugventilator ist. Dieses führt wiederum dazu, dass der Druck in der Heißgaserzeugungsvorrichtung höher ist als der Druck in dem Drehrohrofen. Aufgrund des üblicherweise nur sehr geringen Unterdrucks in dem Drehrohrofen führt dieses dazu, dass die Heißgaserzeugungsvorrichtung praktisch keinen Unterdruck, gegebenenfalls sogar einen kleinen Überdruck aufweist. Ein solcher Betrieb ist für die Verbrennung von Ersatzbrennstoffen unüblich.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist in Gasstromrichtung hinter dem Drehrohrofen ein Staubfilter angeordnet. Der Staubfilter ist zur Rückführung des abgeschiedenen Staubes mit dem Drehrohrofen verbunden. Durch die indirekte Beheizung und den damit verbundenen höheren Gasstrom durch den Drehrohrofen ist eine höhere Staubentwicklung und damit ein Austrag gerade von Feinstmaterial mit dem Gasstrom aus dem Drehrohrofen zu erwarten.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Drehrohrofen im mittleren Bereich einen größeren Durchmesser auf. Insbesondere ist der mittlere Bereich zwischen dem ersten Laufring und dem zweiten Laufring verbreitert. Im mittleren Bereich ist auch der mittlere Temperaturbereich anzutreffen. Durch die Verbreiterung wird die Strömungsgeschwindigkeit in diesem Bereich herabgesetzt, was wiederum den Austrag von Feinstmaterial verringert und den Wärmeaustausch zwischen Gas und Ton in diesem Bereich verbessert.



In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung einen Vorwärmer und/oder einen Trockner auf. Der Vorwärmer oder der Trockner ist gasströmungstechnisch hinter dem Drehrohrofen und materialströmungstechnisch vor dem Drehrohrofen angeordnet. Zwar kann auch eine Trocknung und eine Erwärmung  
5 vollständig und ausschließlich im Drehrohrofen erfolgen, aber durch den durch die externe Erzeugung des Heißgasstromes größeren Gasstrom ist es vorteilhaft, wenn der Wärmeübertrag in einem zusätzlichen Trockner und/oder Vorwärmer erfolgt. Der Vorwärmer kann als Kaskade von Zyklonvorwärmern oder auch als Steigrohrwärmetauscher mit längerer Verweilzeit und einem Abscheidezyklon  
10 ausgebildet sein. Als Trockner wird bevorzugt ein Trommeltrockner eingesetzt. Der Vorteil des Trommeltrockners ist, dass dieser auch mit sehr groben Partikeln (bis in den cm Bereich) arbeiten kann. Ebenso kann eine Mühle oder ein Brecher mit anschließendem Steigrohr Trockner mit Abscheidezyklon als Trockner verwendet werden.

15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Heißgaserzeugungsvorrichtung eine Verbrennungsvorrichtung für einen Ersatzbrennstoff. Besonders bevorzugt ist die Verbrennungsvorrichtung zur Verbrennung von Biomasse ausgebildet. Alternativ kann es sich um einen elektrisch betriebenen Überhitzer handeln, der beim Betrieb mit regenerativ erzeugtem Strom ebenfalls klimaneutral wäre.

20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Verbrennungsvorrichtung einen gasdichten Feststoffaustrag auf. Dadurch wird ein Betrieb der Verbrennungsvorrichtung auch bei einem Überdruck möglich.

25 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Verbrennungsvorrichtung ein Rückschubrost, ein Drehrohr, ein Gleichstromrost oder ein Drehherd.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Drehrohrofen eine Hilfsbrennvorrichtung auf. Bei der Verwendung von Ersatzbrennstoffen, beispielsweise  
30 Biomasse, kommt es üblicherweise zu Schwankungen des Brennwertes und der Feuchtigkeit, sodass die erzeugte Temperatur in der Verbrennungsvorrichtung Schwankungen unterliegt. Diese können zwar regelungstechnisch durch die Zuführung

des Ersatzbrennstoffes abgemildert werden, dieses ist jedoch oft langsam. Daher kann es sinnvoll sein, eine Hilfsbrennvorrichtung vorzusehen, die mit einem einfach zu dosierenden, schnell und leicht verbrennbaren Brennstoff arbeitet. Typischerweise kann dieses ein Gasbrenner sein, zur Vermeidung auch dieser Kohlendioxidemissionen zum Beispiel für Biogas. Hierdurch kann in sehr schneller Weise auf diese Schwankungen reagiert und die Temperatur dadurch im Drehrohrofen besonders konstant gehalten werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung eine Mischvorrichtung auf. Die Mischvorrichtung ist zur Vermischung des Tones mit einem Reduktionsmittel ausgebildet. Die Mischvorrichtung ist in Materialstromrichtung vor dem Drehrohrofen angeordnet. Die Mischvorrichtung kann beispielsweise zwischen einem Trockner und dem Drehrohrofen angeordnet sein. Als Reduktionsmittel kann beispielsweise Kohle eingesetzt werden. Ebenso kann beispielsweise unverbrannte Kohlenstoffreste aus der Verbrennungsvorrichtung verwendet werden. Durch die Vermischung wird eine lokal reduzierende Atmosphäre um den zu aktivierenden Ton im Drehrohrofen geschaffen, was wiederum verhindert, dass der Ton, beispielsweise durch die Oxidation von Eisen, eine ungewollte Farbe annimmt. Wesentlich ist jedoch, dass nur so wenig Reduktionsmittel verwendet wird, damit am Ende kein und nicht störend Reduktionsmittel im fertigen Produkt landet.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Drehrohrofen wenigstens eine seitlich angeordnete Zuführungsvorrichtung für ein Reduktionsmittel auf. Die seitlich angeordnete Zuführungsvorrichtung kann beispielsweise ein sogenannter Scoop Feeder sein. Hierdurch kann das Reduktionsmittel insbesondere in den richtigen Temperaturbereich direkt zugeführt werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Drehrohrofen wenigstens eine seitlich angeordnete Luftzuführung auf. Durch die Luftzuführung kann insbesondere sauerstoffhaltiges Gas zugeführt werden. Hierdurch ist eine vollständige Verbrennung beispielsweise eines Reduktionsmittels oder dessen gasförmigen Reaktionsprodukte

möglich. Gleichzeitig kann gerade im Bereich der höchsten Temperatur eine extrem sauerstoffarme Umgebung erhalten werden.

5 In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Der Ton wird hierbei in einem Drehrohrofen thermisch mittels außerhalb des Drehrohrofens erzeugtem Heißgas aktiviert. Wesentlich ist, wie bereits ausgeführt, die räumliche Trennung von Heißgaserzeugung und thermischer Aktivierung, wodurch beide getrennt voneinander optimiert werden können. Insbesondere kann die Heißgaserzeugungsvorrichtung mittels eines Ersatzbrennstoffes  
10 bei ausreichend hohen Temperaturen mit ausreichend Sauerstoff über ausreichend lange Zeit erfolgen, wohingegen die thermische Aktivierung insbesondere bei geringeren Temperaturen und vorzugsweise sehr geringem Sauerstoffgehalt durchgeführt wird.

15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Druck in der Verbrennungsvorrichtung höher als der Druck in dem Drehrohrofen. Diese Fahrweise ist bevorzugt, um lediglich mittels eines Saugzugventilators gasströmungstechnisch hinter dem Drehrohrofen arbeiten zu können. Hierbei kann der Druck in der Heißgaserzeugungsvorrichtung um oder auch über dem Umgebungsdruck gewählt werden.

20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Temperatur in der Verbrennungsvorrichtung höher gewählt als die Temperatur in dem Drehrohrofen. Hierdurch ist eine sichere Verbrennung von Ersatzbrennstoffen, beispielsweise Biomasse, möglich ohne dass dieses eine negative Auswirkung auf die Produktqualität  
25 hat, da eine zu hohe Temperatur zu einer Deaktivierung des Tones führt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Temperatur im Drehrohrofen durch die Zuführung von Ersatzbrennstoff zur Verbrennungsvorrichtung geregelt. Der Vorteil ist, dass eben keine weiteren, meist primären, Brennstoffe eingesetzt werden  
30 müssen und dadurch die Kohlendioxidemission aus nicht-regenerativen Brennstoffen minimiert werden kann.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird der Ton zusammen mit einem Reduktionsmittel dem Drehrohrofen zugeführt. Das Reduktionsmittel kann beispielsweise Kohle, Holz oder andere biogene Materialien, bevorzugt nicht vollständig verbrannte Rückstände aus der Verbrennung eines Ersatzbrennstoffes, sein. Durch die  
5 gemeinsame Einführung wird im Bereich des zu aktivierenden Tones im Drehrohrofen eine lokale reduzierende Atmosphäre geschaffen, welche verhindert, dass beispielsweise Eisen im Ton aufoxidiert wird und dadurch der Ton bei der Aktivierung eine für das Produkt unerwünschte Farbe annimmt. Dieses unterstützt weiter die Trennung zwischen den Bedingungen bei der Heißgaserzeugung und der Aktivierung, da somit auch die  
10 Sauerstoffkonzentration freier gewählt werden kann.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird in den Drehrohrofen in einem Temperaturbereich des Prozessgases von 400 bis 850 °C, bevorzugt 500 bis 650 °C Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gasgemisch eingeleitet. Dieses erfolgt bevorzugt,  
15 um den vollständigen Ausbrand von nicht vollständig umgesetzte Verbrennungsprodukten der organischen Bestandteile des Aufgabematerials (Ton) und / oder der nicht vollständig umgesetzten Reaktionsprodukte eines Reduktionsmittels sicher zu stellen.

20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird nach der Heißgaserzeugungsvorrichtung in der Gasleitung der Sauerstoffgehalt unter 2 Vol.-%, bevorzugt unter 1 Vol.-%, gewählt. Hierdurch wird die Aufoxidation eines Tones und damit eine ungewollte Farbveränderung minimiert.

25 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Heißgaserzeugungsvorrichtung elektrisch beheizt. Durch die Verwendung von grünem Strom ist somit auch eine Vermeidung von Kohlendioxid-Emissionen möglich.

Nachfolgend ist die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand eines in den Zeichnungen  
30 dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 erstes Beispiel

Fig. 2 zweites Beispiel

Fig. 3 drittes Beispiel

Fig. 4 viertes Beispiel

5 In Fig. 1 wird ein erstes Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeigt. Der zu aktivierende Ton gelangt über eine Tonzufuhr in einen Trockner 40, beispielsweise einen Trommeltrockner. Von dort wird der Ton in einen Drehrohrofen 10 überführt und dort thermisch behandelt. Der aktivierte Ton wird aus dem Drehrohrofen 10 in einen Materialkühler 30 überführt und dort gekühlt. Während der Überführung wird die

10 Temperatur des Tones mittels eines Temperatursensors 11 erfasst, welcher unterhalb des Drehrohrofens 10 angeordnet ist und so kontaktlos mittels Infrarot und ohne starke Staubbelastung die Temperatur verschleißfrei erfassen kann. Das gekühlte aktivierte Produkt wird über den Produktauslass 32 aus dem Materialkühler 30 entfernt. Das ist der Materialstrom durch die Vorrichtung. Der Gasstrom läuft dazu im Gegenstrom. Das kalte

15 Gas wird über die Gaszufuhr 31 dem Materialkühler 30 zugeführt und dort erwärmt. Das erwärmte Gas wird in einen Staubfilter 50 geführt. Der abgeschiedene Staub wird dem Produkt am Produktauslass 32 zugeführt. Das staubfreie erwärmte Gas wird der Heißgaserzeugungsvorrichtung 20 zugeführt. In der Heißgaserzeugungsvorrichtung 21 wird ein Ersatzbrennstoff, beispielsweise Biomasse, über eine Ersatzbrennstoffzufuhr 21

20 eingebracht und dort beispielsweise bei 1100 °C für wenigstens 20 s sicher und vollständig verbrannt. Rückstände des Ersatzbrennstoffs werden über eine Schleuse 22 ausgeschleust, damit die Heißgaserzeugungsvorrichtung 21 unter einem leichten Überdruck betrieben werden kann. Das in der Heißgaserzeugungsvorrichtung 21 erzeugte Heißgas wird über eine Gasleitung 23, welche eine Länge hat, sodass Heißgas

25 etwa 5 s in der Gasleitung 23 verweilt, in den Drehrohrofen 10 geführt. Dort erfolgt der Wärmeübergang auf den zu aktivierenden Ton und damit die Aktivierung des Tones. Da die Wärmeerzeugung nicht innerhalb des Drehrohrofens 10 erfolgt, ist anzunehmen, dass ein Teil der Wärme indirekt, also erst vom Gas auf den Drehrohrofen 10 und dann vom Drehrohrofen 10 auf den Ton erfolgt, da die Oberfläche des Drehrohrofens 10 größer als

30 die Oberfläche des Tons im Drehrohrofen 10 ist. Das im Drehrohrofen 10 deutlich abgekühlte Gas wird aus dem Drehrohrofen 10 in den Trockner 40 geführt. Der Trockner

40 ist als Trommeltrockner ausgeführt. Aus dem Trockner 40 wird das Gas dann über das Abgas 42 abgeführt.

Fig. 2 zeigt ein zweites Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Der Ton wird über die Tonzufuhr 41 in einen Vorwärmer 43 geführt, welcher als kaskadierter Flugstromwärmetauscher ausgeführt ist. Das in dem Vorwärmer 43 vorgewärmte Material wird in den Drehrohrofen 10 überführt und dort thermisch aktiviert. Das im Drehrohrofen 10 aktivierte Material wird an dem Temperatursensor 11 vorbei auf ein Sieb 60 geführt. Beispielsweise Partikel mit mehr als 2 mm werden in einen Brecher 61 geführt, und das feine Material mit weniger als 2 mm von dem Sieb 60 zusammen mit dem im Brecher 61 zerkleinerten Material wird in einen Mischer 62 gegeben und dort mit kaltem, zurückgeführtem Material vermischt und anschließend in einem Materialkühler 30 in Form eines Flugstromwärmetauschers gekühlt. Das den Materialkühler 30 verlassende aktivierte und gekühlte Material wird aufgeteilt und zum Teil über die Produktrückführung 33 zum Mischer 62 zurückgeführt und zum anderen Teil über den Produktauslass 32 abgeführt. Der Gasstrom wird analog zum ersten Beispiel geführt, lediglich ist nach dem Vorwärmer 43 ein Staubfilter 50 angeordnet, um feinstes Material über den Vorwärmer 43 zurück in den Drehrohrofen 10 und damit letztendlich in das fertige Produkt zu überführen.

Das in Fig. 3 gezeigte dritte Beispiel unterscheidet sich von dem in Fig. 2 gezeigten Beispiel dadurch, dass der Temperatursensor 11 unterhalb des Siebes 60 angeordnet ist.

Das in Fig. 4 gezeigte vierte Beispiel unterscheidet sich von dem in Fig. 2 gezeigten zweiten Beispiel dadurch, dass das Sieb 60 als Trommelsieb ausgeführt ist und auf einer Ebene mit dem Drehrohrofen 10 angeordnet ist. Daher ist die Gasleitung 23 der Heißgaserzeugungsvorrichtung 20 mit dem Sieb 60 verbunden, sodass das heiße Gas durch das Trommelsieb dem Drehrohrofen 10 zugeführt wird. Daher ist auch der Temperatursensor 11 hinter dem Sieb 60 angeordnet.

Bezugszeichen

	10	Drehrohröfen
	11	Temperatursensor
	20	Heißgaserzeugungsvorrichtung
	21	Ersatzbrennstoffzufuhr
5	22	Schleuse
	23	Gasleitung
	30	Materialkühler
	31	Gaszufuhr
	32	Produktauslass
10	33	Produktrückrührung
	40	Trockner
	41	Tonzufuhr
	42	Abgas
	43	Vorwärmer
15	50	Staubfilter
	60	Sieb
	61	Brecher
	62	Mischer

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung eines thermisch aktivierten Tones, wobei die Vorrichtung einen Drehrohrofen (10) und eine von dem Drehrohrofen (10) getrennte Heißgaserzeugungsvorrichtung (20) aufweist, wobei die Heißgaserzeugungsvorrichtung (20) und der Drehrohrofen (10) über eine Gasleitung (23) zur Überführung in der Heißgaserzeugungsvorrichtung (20) erzeugter heißer Gase verbunden sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung einen ersten Temperatursensor (11) aufweist, wobei der erste Temperatursensor (11) ein Infrarotsensor ist, wobei der erste Temperatursensor (11) im Auslaufbereich unterhalb des Drehrohrofens (10) angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung einen zweiten Temperatursensor aufweist, wobei der zweite Temperatursensor in oder an dem Drehrohrofen (10) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasleitung (23) eine Länge aufweist, sodass das Gas innerhalb der Gasleitung (23) eine Verweilzeit zwischen 0,5 und 10 s aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung einen Materialkühler (30) aufweist, wobei der Drehrohrofen (10) mit dem Materialkühler (30) zur Überführung des thermisch behandelten Tones verbunden sind, wobei der Materialkühler (30) mit der Heißgaserzeugungsvorrichtung (20) zur Überführung von im Materialkühler (30) vorgewärmten Gas verbunden ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Materialkühler (30) und der Heißgaserzeugungsvorrichtung (20) ein Staubfilter (50) angeordnet ist.



7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Materialkühler (30) ein Trommelkühler ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Materialkühler (30) ein Zyklon- oder Wirbelschichtkühler ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Drehrohrofen (10) und dem Materialkühler (30) eine Zerkleinerungsvorrichtung angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Drehrohrofen (10) und dem Materialkühler (30) ein Trommelsieb angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** hinter dem Grobauslass des Trommelsiebs ein Brecher (61) angeordnet ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Produktrückführung aufweist, wobei die Produktrückführung zur Rückführung von im Materialkühler (30) gekühltem Produkt zwischen den Drehrohrofen (10) und den Materialkühler (30) ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung einen Vorkühler aufweist, wobei der Vorkühler zwischen dem Drehrohrofen (10) und dem Materialkühler (30) angeordnet ist, wobei der Vorkühler eine direkte oder indirekte Wasserkühlung aufweist.
14. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehrohrofen (10) Einbauten zur vertikalen Förderung des Tones aufweist.
15. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehrohrofen (10) Stauringe aufweist.

16. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasleitung (23) eine Stickstoffzuführung zur Entfernung von Stickoxiden aufweist.
- 5 17. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Gasstromrichtung hinter dem Drehrohrofen (10) ein Saugzugventilator angeordnet ist.
- 10 18. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Gasstromrichtung hinter dem Drehrohrofen (10) ein Staubfilter (50) angeordnet ist, wobei der Staubfilter (50) zur Rückführung des abgeschiedenen Staubes mit dem Drehrohrofen (10) oder in eines der vorgeschalteten Aggregaten zur Materialvorbehandlung, beispielsweise (40) oder (43) verbunden ist.
- 15 19. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehrohrofen (10) im mittleren Bereich einen größeren Durchmesser aufweist.
- 20 20. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung einen Vorwärmer (43) und/oder einen Trockner (40) aufweist, wobei der Vorwärmer (43) oder der Trockner (40) gasströmungstechnisch hinter dem Drehrohrofen (10) und materialströmungstechnisch vor dem Drehrohrofen (10) angeordnet ist.
- 25 21. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heißgaserzeugungsvorrichtung (20) eine Verbrennungsvorrichtung für einen Ersatzbrennstoff ist.
- 30 22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbrennungsvorrichtung einen gasdichten Feststoffaustrag aufweist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbrennungsvorrichtung ein Rückschubrost, ein Drehrohr, ein Gleichstromrost oder ein Drehherd ist.

24. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehrohrofen (10) eine Hilfsbrennvorrichtung aufweist.

5 25. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Mischvorrichtung aufweist, wobei die Mischvorrichtung zur Vermischung des Tones mit einem Reduktionsmittel ausgebildet ist, wobei die Mischvorrichtung in Materialstromrichtung vor dem Drehrohrofen (10) angeordnet ist.

10 26. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehrohrofen (10) wenigstens eine seitlich angeordnete Zuführungsvorrichtung für ein Reduktionsmittel aufweist.

15 27. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehrohrofen (10) wenigstens eine seitlich angeordnete Luftzuführung aufweist.

20 28. Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ton in einem Drehrohrofen (10) thermisch mittels außerhalb des Drehrohrofens (10) erzeugtem Heißgas aktiviert wird.

25 29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck in der Verbrennungsvorrichtung höher ist als der Druck in dem Drehrohrofen (10).

30 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur in der Verbrennungsvorrichtung höher ist als die Temperatur in dem Drehrohrofen (10).

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur im Drehrohrofen (10) durch die Zuführung von Ersatzbrennstoff zur Verbrennungsvorrichtung geregelt wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ton zusammen mit einem Reduktionmittel dem Drehrohrofen (10) zugeführt wird.
- 5 33. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Drehrohrofen (10) in einem Temperaturbereich von 400 bis 850 °C, bevorzugt von 500 bis 650 °C Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gasgemisch eingeleitet wird.
- 10 34. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Heißgaserzeugungsvorrichtung (20) in der Gasleitung (23) der Sauerstoffgehalt unter 2 Vol.-%, bevorzugt unter 1 Vol.-%, liegt.

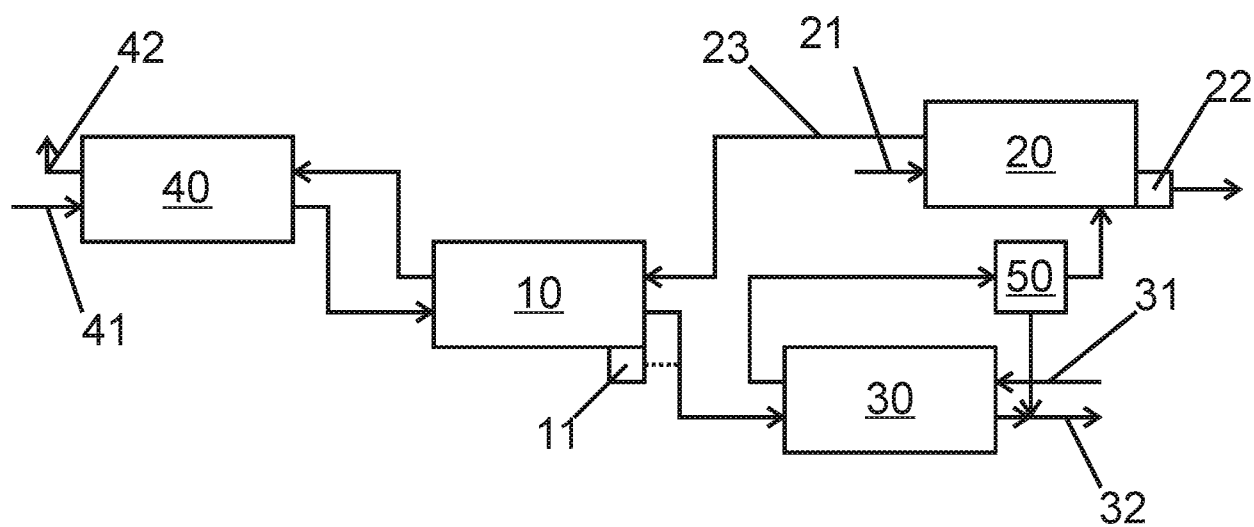


Fig. 1

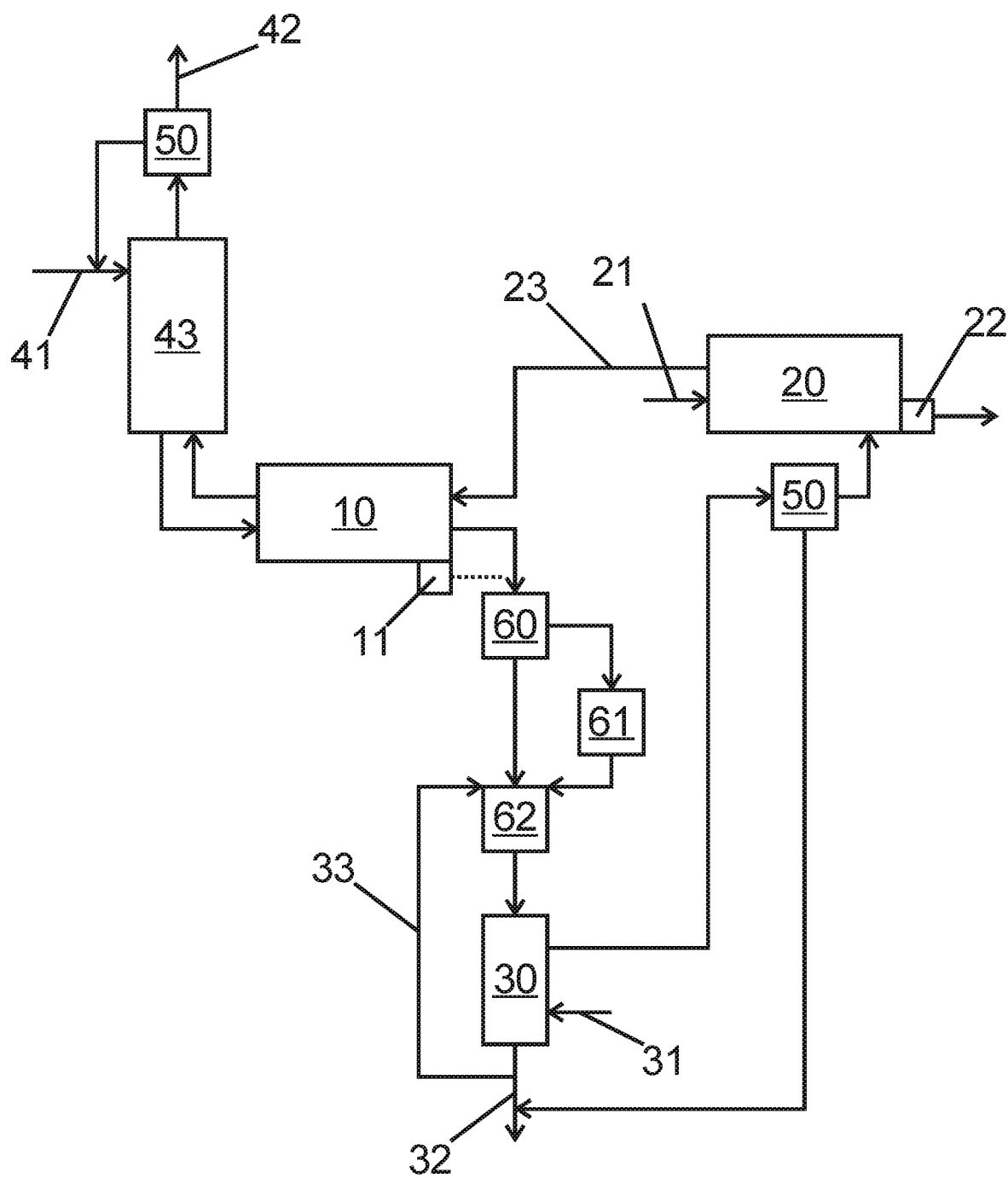


Fig. 2

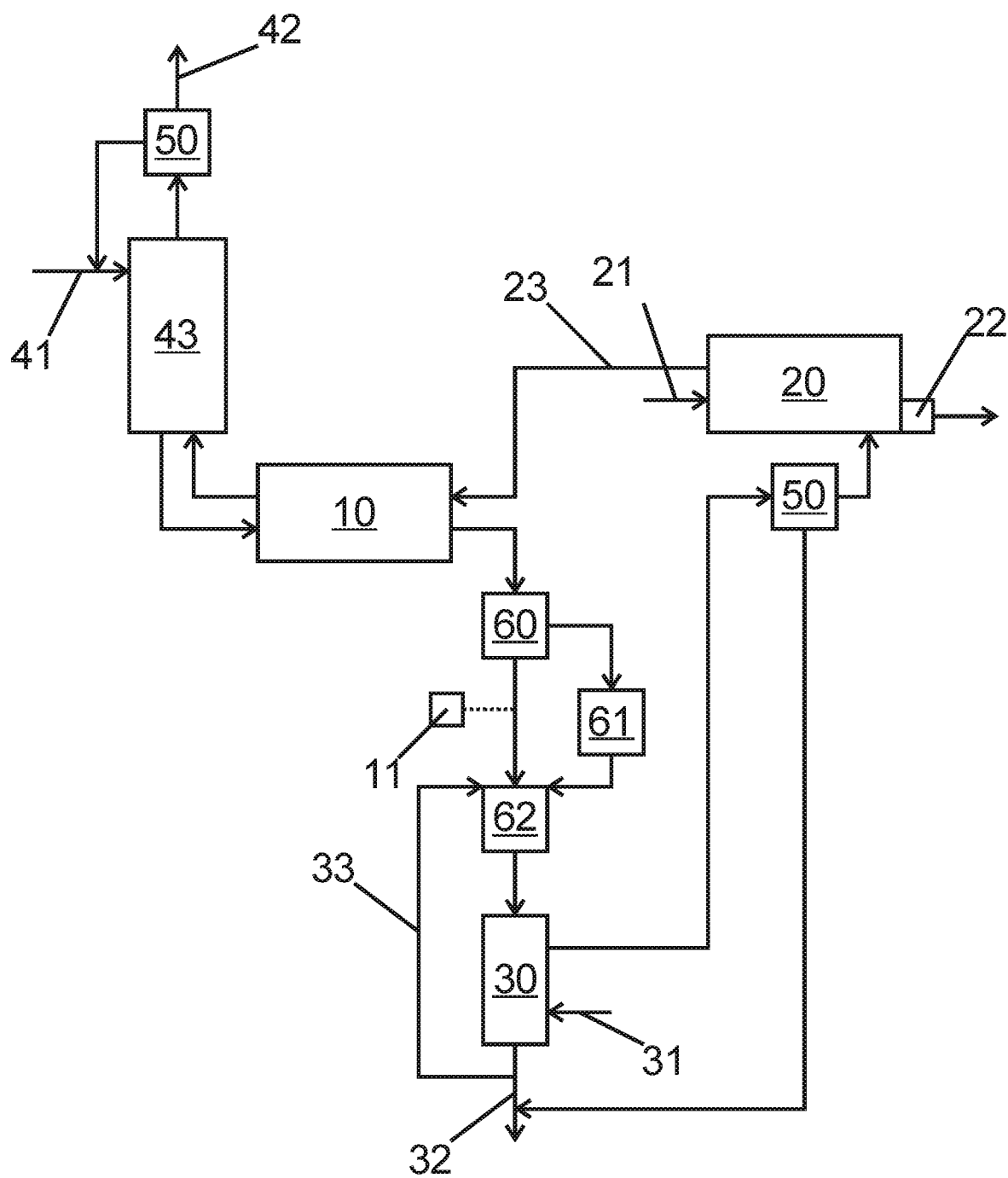


Fig. 3

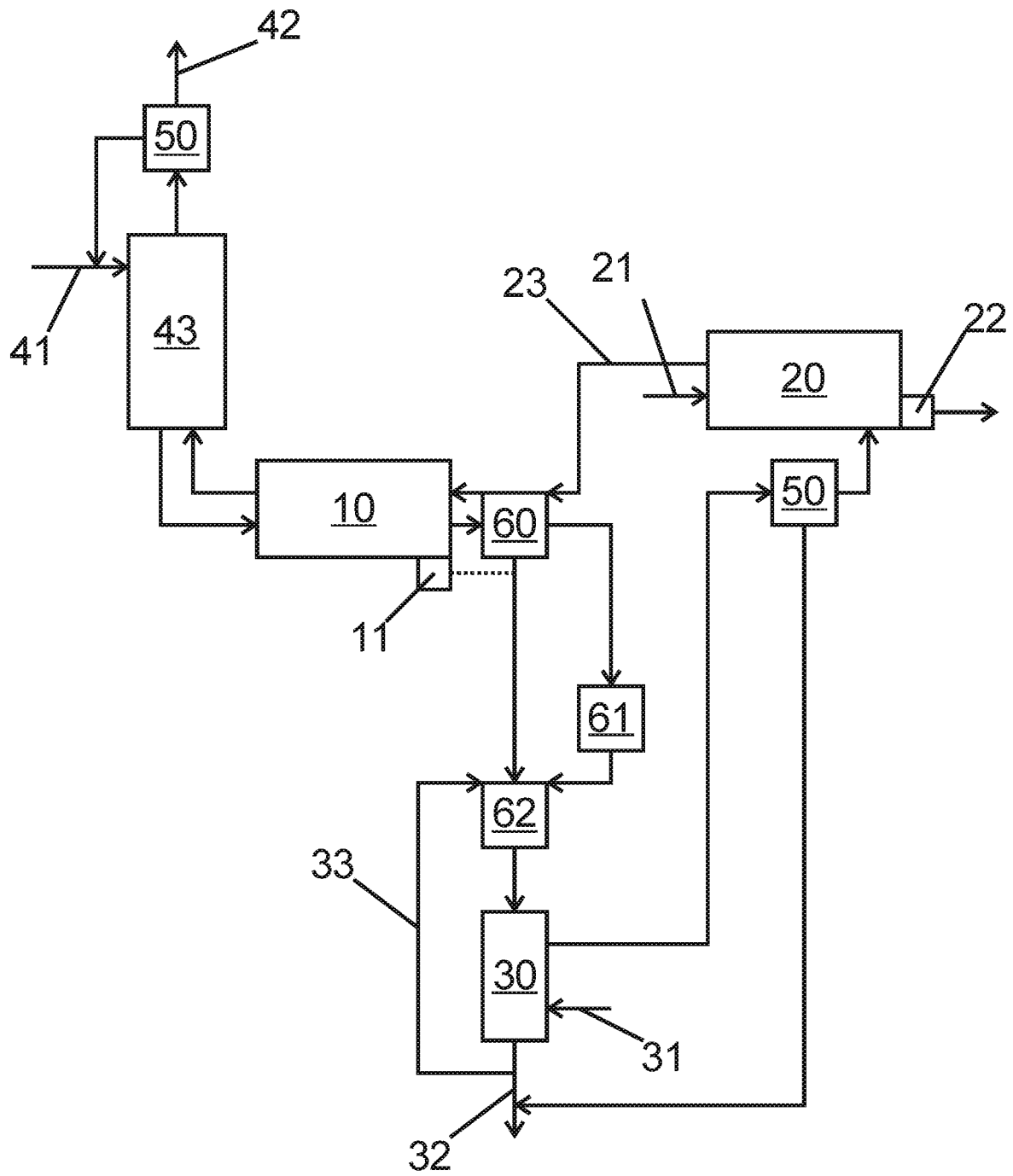


Fig. 4