

(19)



(11)

EP 3 322 936 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.11.2019 Patentblatt 2019/46

(51) Int Cl.:
F23G 5/20 (2006.01) F23G 5/50 (2006.01)
F23G 7/00 (2006.01) G01N 33/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16741262.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/066067

(22) Anmeldetag: **07.07.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/009158 (19.01.2017 Gazette 2017/03)

(54) VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES BRENNPROZESSES

METHOD FOR CONTROLLING A COMBUSTION PROCESS

PROCÉDÉ DE RÉGLAGE D'UN PROCESSUS DE COMBUSTION

(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

- **SCHNEBERGER, Jürgen**
59320 Ennigerloh (DE)
- **BORNEFELD, Marc**
33617 Bielefeld (DE)
- **MAIER, Oliver**
48167 Münster (DE)
- **BENDIG, Uwe**
59069 Hamm (DE)

(30) Priorität: **15.07.2015 DE 102015111489**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.05.2018 Patentblatt 2018/21

(74) Vertreter: **thyssenkrupp Intellectual Property GmbH**
ThyssenKrupp Allee 1
45143 Essen (DE)

(73) Patentinhaber:
 • **thyssenkrupp Industrial Solutions AG**
45143 Essen (DE)
 • **thyssenkrupp AG**
45143 Essen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 048 900 WO-A1-2013/107509
US-A- 4 077 763 US-A1- 2011 189 718
US-A1- 2012 117 815 US-A1- 2012 174 825

(72) Erfinder:
 • **TEUTENBERG, Reinhard**
59423 Unna (DE)

EP 3 322 936 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 ein Verfahren zur Regelung eines Brennprozesses, wobei wenigstens ein Ersatzbrennstoff in Form einer flugfähigen Fraktion zum Einsatz kommt.

[0002] In vielen Bereichen der Industrie, wie beispielsweise bei Zement-, Kalk- und Braunkohlekraftwerken und großenteils auch in Industriekraftwerken, werden in zunehmendem Maße Ersatzbrennstoffe, insbesondere aus Hausmüll und Gewerbeabfällen, eingesetzt. Die Aufbereitungsintensität des Brennstoffs ist dabei von seinem Einsatzbereich sowie von unterschiedlichen Qualitätsanforderungen des Abnehmers, die eine eindeutige Spezifikation des abzunehmenden Brennstoffs vorgeben, abhängig. Bedeutende Brennstoffparameter ergeben sich aus der Qualität der bei der Brennstoffherstellung genutzten Rohabfälle. Diese sind insbesondere Heizwert, Glührückstand (Veraschen) und Chlorgehalt. Je nach den emissionsrechtlichen Genehmigungen der Anlage, in der der Brennstoff verwertet wird, werden Mindest- und Höchstwerte für Schwermetallgehalte definiert und verschiedene Forderungen an den Grad der Metallentfrachtung gestellt. An die Korngröße des Brennstoffs werden ebenfalls unterschiedliche Anforderungen gestellt. Besonders wichtig ist hier die Stückigkeit, also die Begrenzung der Stückgröße und Schüttdichte. Auch die Art der Lagerung und des Transportes sind von der Verwertungsweise des Brennstoffes abhängig.

[0003] Je höher die Qualitätsanforderungen durch die Abnehmer des Brennstoffs (Ersatzbrennstoff) sind, desto selektiver muss die eingesetzte Abfalltrennung vorgenommen werden. Schon bei der Eingangskontrolle muss eine Mindestqualität des Rohabfalls sichergestellt werden, um Verunreinigungen zu minimieren und eine hohe Brennstoffausbeute zu erhalten. Die Aufbereitung eines Abfallgemisches beginnt mit der Vorsortierung bzw. der Störstoffauslese, es folgen die Grobzerkleinerung und darauf die Siebklassierung sowie die Eisen-Magnetscheidung magnetisierbarer Metalle. Zur Abtrennung von hochkalorischen Fraktionen werden Windsichter eingesetzt. Dadurch werden Kunststofffolien und Papier angereichert bzw. flächige und flugfähige Bestandteile im Leichtstoffstrom gesammelt.

[0004] Um qualitätsgesicherte Ersatzbrennstoffe herzustellen, sind weitere Aufbereitungsschritte notwendig. Für den Einsatz in Zementwerken wird zum Beispiel eine Feinaufbereitung durchgeführt, wobei sensorische Sortierungen durch Nahinfrarotspektroskopie und Bilderkennungssysteme stattfinden. Es können auch weitere Metallsortierungen zur Anwendung kommen, sodass Nichteisenmetalle abgeschieden werden. Durch eine Sensorsortierung können weiterhin Chlorträger entfernt werden. Ein nachgeschalteter Windsichter kann dabei weitere Störstoffe aussortieren und durch Trocknungsschritte werden Lagerstabilität und Heizwert erhöht.

[0005] Anlagen welche Ersatzbrennstoffe nutzen, müssen europaweit mindestens den Anforderungen der

EU-Richtlinie 2000/76/EG zur Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen entsprechen. In Deutschland gilt für die Abfallverbrennung und Mitverbrennungsanlagen außerdem die 17.BImSchV.

[0006] Mit Energieanteilen von ungefähr 15% und darüber eignen sich Rohabfälle wie Altreifen, Kunststoffe, Industrie- und Gewerbeabfälle sowie Tiermehl und Tierfette zur Ersatzbrennstoffaufbereitung für den Einsatz in der Zementindustrie. Mit geringeren Energieanteilen werden unter anderem auch Altöl, Lösungsmittel sowie Siedlungsabfälle für die Aufbereitung genutzt.

[0007] Die zur Verfügung stehenden Ersatzbrennstoffe sind jedoch in ihrer Materialqualität oft sehr inhomogen. Um die immer enger definierten Emissionsgrenzwerte einhalten zu können, ist es von besonderem Interesse den Gehalt an Störstoffen, wie Schwefel, Schwermetallen und Chlor, der zum Einsatz kommenden Ersatzbrennstoffe zu kennen. Aufgrund der Heterogenität der genutzten Ersatzbrennstoffe ist es aber nach wie vor schwierig, belastbare Aussagen über die Materialqualität zu gewinnen.

[0008] In der Praxis werden entsprechend aufbereitete Ersatzbrennstoffe mit bestimmter Qualität vertrieben. Zur Analyse der eingesetzten Brennstoffe kommen insbesondere eine Nahinfrarotspektroskopie (NIR) oder Röntgenfluoreszenz-Analysen (RFA) zur Anwendung. Dabei lassen sich beispielsweise die Materialzusammensetzung, der Feuchtigkeitsgehalt und die Schadstoffgehalte analysieren. Des Weiteren kommen auch nasschemische Analysen zur Anwendung, die jedoch aufgrund der stark schwankenden Zusammensetzung der Ersatzbrennstoffe sehr aufwendig sind.

[0009] Stark schwankende Zusammensetzungen der Ersatzbrennstoffe bedingen aber auch entsprechend stark variierende Emissionen. Es kommt hinzu, dass die Ersatzbrennstoffe oftmals aus einem Gemisch unterschiedlicherer Ersatzbrennstoffe bestehen und dadurch bedingt auch der Brennwert innerhalb einer Charge schwanken kann. Für viele Verbrennungsprozesse, wie beispielsweise bei der Zementklinkerherstellung, kommt es jedoch entscheidend auf eine möglichst gleichmäßige Wärmezufuhr an, um die gewünschte Qualität des Endprodukts (Zementklinker) gewährleisten zu können. Die Forderungen an einen möglichst homogenen Brennwert und die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten stehen somit einer Erhöhung des Anteils an Ersatzbrennstoffen in einem Brennprozess entgegen.

[0010] Aus der WO 2013/107509 A1 ist ein Verfahren zur Steuerung einer Verbrennungseinrichtung bekannt, bei dem ein Biomassebrennstoff mit einer Korngröße von weniger als 1 bis 500 mm zum Einsatz kommt. Auf dem zu der Verbrennungseinrichtung führenden Förderband wird eine Analyse mit einem NIR-Spektrometer durchgeführt, wobei die bei der Analyse ermittelten Werte zur Steuerung der Verbrennungseinrichtung herangezogen werden.

[0011] In der US 2012/117815 A1 wird die Ermittlung des Wassergehalts oder Heizwertes eines Brennstoffs

mittels Terahertzspektroskopie offenbart.

[0012] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zur Einhaltung von Emissionsgrenzwerten in einem Brennprozess zu verbessern.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, indem beim Verfahren zur Regelung eines Brennprozesses, wenigstens ein Ersatzbrennstoff in Form einer flugfähigen Fraktion zum Einsatz kommt, wobei wenigstens ein Teil des Ersatzbrennstoffs in einer ersten Analyseeinrichtung einer schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird und die bei der Analyse ermittelten Werte zur Regelung des Brennprozesses verwendet werden. Weiterhin erfolgt die schwingungsspektroskopische Analyse mittels einer Terahertzspektroskopie, wobei in Abhängigkeit der bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Werte und/oder zu bestimmten Zeiten ein Teil des in der ersten Analyseeinrichtung bereits analysierten Ersatzbrennstoffs ausgeschleust und einer zweiten chemischen Analyse zugeführt wird.

[0014] Unter einer schwingungsspektroskopischen Analyse ist eine Gruppe von analytischen Messmethoden zu verstehen, die auf der Anregung der Normalschwingungen von Molekülen basiert. Hierzu zählen insbesondere die Infrarotspektroskopie, die UV/VIS-Spektroskopie und die Ramanspektroskopie. Hier kommt jedoch die Terahertzspektroskopie zur Anwendung.

[0015] Molekülspektroskopische Analysemethoden eignen sich in besonderem Maße zur Überprüfung des Ersatzbrennstoffs, insbesondere während seiner Förderung zu einer Brennzone, zumal sie berührungslos erfolgen kann und keine weitere Aufbereitung des Brennstoffes erforderlich ist. Die Terahertzspektroskopie zeichnet sich gegenüber einer Nahinfrarotspektroskopie vor allem durch eine höhere Eindringtiefe aus, so dass auch überlappende Brennstofffraktionen detektiert werden können. Außerdem können mittels der Terahertzspektroskopie insbesondere der Heizwert, die Feuchte, der Kohlenstoffgehalt und der Chlorgehalt des Ersatzbrennstoffs bzw. Ersatzbrennstoffgemisches ermittelt werden.

[0016] Die Terahertz-Zeitbereichsspektroskopie (engl. Time Domain Spectroscopy TDS) eignet sich als eine zuverlässige Methode zur berührungslosen und zerstörungsfreien Untersuchung. Indem der Brennstoff bzw. das Brennstoffgemisches Punkt für Punkt durchleuchtet wird, lassen sich zusätzlich zur Spektroskopie auch Abbildungen im 2D-Format (Imaging) oder sogar 3D-Format (Tomographie) gewinnen. Terahertz-Wellen sind elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich zwischen 100 GHz und 10 THz. Viele Moleküle zeigen in diesem Spektralbereich charakteristische Signaturen in ihren Absorptionsspektren (chemischer Fingerabdruck). Darüber hinaus sind viele für sichtbares Licht oder Infrarot (IR) undurchdringliche Stoffe für Terahertz-Wellen transparent.

[0017] Die Terahertz-(Zeitbereichs)spektroskopie (THz-TDS) beruht auf der Erzeugung breitbandiger elek-

tromagnetischer Strahlung durch ultrakurze Femtosekunden-Laserpulse und auf dem Nachweis mit dem Pump-Probe-Prinzip. Die Vorteile dabei sind eine kohärente Detektion der Terahertz-Wellen und damit eine hochaufgelöste Amplituden- und Phasenaufnahme des elektrischen Terahertz-Feldes im Zeitbereich. Diese Messtechnik unterdrückt inkohärente Strahlung, d. h. es gibt keine Störung durch Raumtemperatur und Umgebungslicht.

[0018] Im Unterschied zur IR- und Raman-Spektroskopie, die empfindlich für intramolekulare Schwingungs- und Rotationsbewegungen sind, gibt die Terahertzspektroskopie Aufschluss zu den intermolekularen Bewegungen. So lassen sich neben dem bloßen Nachweis von Makromolekülen Aussagen über den Aggregatzustand, polymorphe Strukturen sowie die Kristallinität der Substanzen treffen. Die Terahertz-Technik ist schneller, erfordert eine minimale Präparation des zu untersuchenden Objektes und kann prinzipiell sowohl für eine Inline- als auch eine Online-Kontrolle genutzt werden.

[0019] Aufgrund der Inhomogenität der oftmals zur Verfügung stehenden Ersatzbrennstoffe ist es von Vorteil, wenn der Ersatzbrennstoff während seiner Förderung über eine Zuführstrecke zu einer Verbrennungszone der schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird. Auf diese Weise kann etwaiger Ersatzbrennstoff, der aufgrund seiner Zusammensetzung (beispielsweise ein zu hoher Chlorgehalt) nicht in die Verbrennungszone gelangen soll, vorzeitig ausgeschleust werden. Außerdem kann der Brennprozess unmittelbar an eine sich ändernde Zusammensetzung des Ersatzbrennstoffs und ein damit einhergehendes Brennverhalten angepasst werden.

[0020] Mit Terahertz-Spektrometern kann der chemische Fingerabdruck von Substanzen (Gasen, Flüssigkeiten, Festkörpern) bestimmt werden. Messungen sind sowohl in Transmission als auch in Reflexion möglich. Zur Untersuchung von Pulvern und Flüssigkeiten kann auch eine ATR (Attenuated Total Reflexion) - Anordnung eingesetzt werden. Die Auswertung der Spektroskopie-Messwerte erfolgt vorzugsweise automatisiert mittels Chemometrie. Auch zur Ermittlung der Feuchtigkeitsverteilung kann ein Terahertz-Spektrometer genutzt werden.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden mittels chemometrischer Methoden chemische Informationen aus den Daten der Terahertz-Spektroskopie extrahiert. Unter Chemometrie versteht man die Anwendung mathematischer und statistischer Methoden, um zuverlässig Informationen aus experimentellen Messdaten zu extrahieren. Bei der Chemometrie werden als Grundlage für eine Automatisierung in einer ersten Phase des Trainings oder Lernphase meist bekannte Stoffe unter vielen verschiedenen Bedingungen wiederholt gemessen. Auf Basis dieser Daten werden anschließend Expertensysteme oder Datenbanken aufgebaut. In der zweiten Phase, der Testphase werden dann weitere Messungen durchgeführt und gegen die Datenbank ge-

testet.

[0022] Da es unmöglich ist, Messungen unter allen dankbaren Bedingungen durchzuführen, sollte es das Ziel beim Aufbau der Datenbank sein, weitestgehend nur substanzspezifische Informationen aufzunehmen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass der nicht-substanzspezifische Informationsanteil aus den gemessenen Spektren entfernt werden muss. Hierzu gehören unter anderen die Einflüsse von Wasserdampflinien und der Partikelstreuung. Der Einfluss der nichtsubstanzspezifischen Informationsanteile kann durch eine geschickte Abfolge von spektralen Filtern minimiert werden. Nachdem alle Messdaten die informationsschärfende Filterfolge durchlaufen haben, wird eine Eigenschaftsreduktion durchgeführt. Als exploratives Werkzeug kann zum Beispiel die Hauptkomponentenanalyse "Principal Component Analysis" (PCA) verwendet werden. Die PCA beschreibt die hochdimensionalen Merkmale in einem alternativen, orthogonalen Raum. Die erste Hauptachse liegt in Richtung der höchsten Varianz, die zweite Hauptachse liegt rechtwinklig dazu in Richtung der zweithöchsten Varianz und so weiter. Oft genügen schon wenige Hauptachsen um einen Großteil der Informationen zu charakterisieren. Die Anteile der höheren Hauptachsen bleiben anschließend unberücksichtigt. Die Darstellung der ursprünglichen Messungen in den PCA-transformierten Raum zeigt oft schon eine sichtbare Trennung der Daten. Im Idealfall bilden sich für jedes Substanz einzelne Cluster.

[0023] Bei der Hauptkomponentenanalyse werden die umfangreichen Datensätze strukturiert, vereinfacht und veranschaulicht, indem eine Vielzahl statistischer Variablen durch eine geringere Zahl möglichst aussagekräftiger Linearkombinationen (die Hauptkomponenten) genährt wird. Wendet man dieses Verfahren auf die hier interessierende Analyse der Ersatzbrennstoffe an, so können beispielsweise Beziehungen zwischen den PVC-Anteilen und dem Chlorgehalt oder dem PVC-Anteil und dem Heizwert oder dem Chlorgehalt und dem Heizwert und dergleichen erkennbar und erlernbar sein.

[0024] Vorzugsweise werden daher mittels chemometrischer Methoden chemische Informationen aus den Daten extrahiert, die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse des Ersatzbrennstoffs ermittelt wurden. Die dabei gewonnenen chemischen Informationen können dann mit selbstlernenden Algorithmen in einer Datenbank zusammengefasst und klassifiziert werden, wobei zur Strukturierung der Daten bzw. Datensätze vorzugsweise die Clusteranalyse angewendet wird.

[0025] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Daten des Ersatzbrennstoffs mit Vergleichsdaten verglichen, um Anomalien automatisch zu erkennen. Die Vergleichsdaten können dabei durch eine schwingungsspektroskopische Analyse bekannter Ersatzbrennstoffe oder bekannter Anteile der Ersatzbrennstoffe ermittelt werden. Zur Ermittlung der Vergleichsdaten können im Vorfeld Teile des Ersatzbrennstoffs gezielt

in unterschiedliche Bestandteile aufgeteilt und einzeln mittels schwingungsspektroskopischer Analyse untersucht werden.

[0026] Kommt beispielsweise ein erster und ein zweiter Brennstoff in der Verbrennungszone zum Einsatz, wobei es sich bei einem der Brennstoffe um einen Ersatzbrennstoff handelt, kann die Regelung des Brennstoffs in einer Beeinflussung der Brennstoffmengen bestehen. Wird beispielsweise festgestellt, dass der Ersatzbrennstoff einen zu niedrigen Brennwert hat, kann die Brennstoffzufuhr insgesamt erhöht werden bzw. ein höherwertiger Brennstoff mit einem entsprechend größeren Anteil zugeführt werden. Die Regelung des Brennprozesses kann aber beispielsweise auch in einer Veränderung der Verbrennungsluft oder in einer Verstellung der Flammenform am eingesetzten Brenner bestehen.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung findet der Brennprozess im Rahmen eines Zementherstellungsprozesses statt, wobei die Verbrennungszone durch einen Drehrohrofen und/oder einen Vorcalcinator gebildet wird. Der Brennstoff oder das Brennstoffgemisch wird zudem über wenigstens einen Brenner der Verbrennungszone zugeführt. Die schwingungsspektroskopische Analyse ist derart ausgestaltet, dass insbesondere der Heizwert und/oder die Feuchte und/oder der Kohlenstoffgehalt und/oder der Chlorgehalt des Ersatzbrennstoffs ermittelt werden.

[0028] Der Ersatzbrennstoff kann beispielsweise durch Klärschlamm oder vorzugsweise durch eine flugfähige Fraktion (so genannter Fluff) gebildet werden, wobei die flugfähige Fraktion zweckmäßigerweise eine Korngröße von 1 bis 5 mm aufweist. Ist der verwendete Ersatzbrennstoff relativ inhomogen, bietet es sich an, den Ersatzbrennstoff auf der Zuführstrecke zu der Verbrennungszone in wenigstens einer Mühle zu zerkleinern und/oder zu homogenisieren. Dazu eignet sich beispielsweise eine zwischengeschaltete Wirbelstrommühle.

[0029] Neben der schwingungsspektroskopischen Analyse wird erfindungsgemäß ein Teil des Ersatzbrennstoffs auf der Zuführstrecke zu der Verbrennungszone ausgeschleust und für eine zweite chemische Analyse aufbereitet und analysiert. Dies wird beispielsweise dann durchgeführt, wenn mittels der schwingungsspektroskopischen Analyse große Abweichungen von der Norm oder große Schwankungen erkannt werden.

[0030] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung werden im Folgenden anhand der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung näher erläutert.

[0031] Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei ein Ersatzbrennstoff 1 in Form einer flugfähigen Fraktion über eine Zuführstrecke 2 wenigstens einer Verbrennungszone 5 zugeführt wird, bei der es sich beispielsweise um einen Drehrohrofen und/oder einen Vorcalcinator mit einem Brenner handelt. Der Ersatzbrennstoff 1 wird dabei auf der Zuführstrecke 2 zur Verbrennungszone 5 optional zunächst in wenigstens einer Mühle 3, beispielsweise einer Wirbelstrommühle, weiter zer-

kleinert und/oder homogenisiert, sofern dies erforderlich ist. Der Ersatzbrennstoff 1 sollte für die Aufgabe in der Verbrennungszone 5 vorzugsweise in einer Größe von 1 bis 5 mm vorliegen. Bei der flugfähigen Fraktion handelt es sich beispielsweise um Fluff-Wolle, mehlförmigen Fluff oder Fluff-Pellets. Nach einer Vorzerkleinerung, z. B. in einer Wirbelstrommühle, liegt der Fluff in einer homogenen Form vor. Beim Zerkleinern wird der Fluff besser durchmischt und kann anschließend gut transportiert, analysiert und dosiert werden.

[0032] Zur Förderung des Ersatzbrennstoffs 1 auf der Zuführstrecke 2 sind geeignete Transportmechanismen, wie Transportbänder, Kratzer, Saugförderer, etc. vorgesehen.

[0033] Zwischen der Mühle 3 und der Verbrennungszone 5 ist ferner eine erste Analyseeinrichtung 4 für eine schwingungsspektroskopische Analyse angeordnet, die beispielsweise durch eine Infrarotspektroskopie, eine Ramanspektroskopie oder eine UV/VIS-Spektroskopie gebildet werden kann. Vorzugsweise kommt hier jedoch eine Terahertz-Spektroskopie zur Anwendung. Die Terahertz-Spektroskopie stellt eine zuverlässige Methode zur berührungslosen und zerstörungsfreien Untersuchung von Materialien dar, die sich insbesondere für den hier interessierenden Ersatzbrennstoff eignet. Dabei wird der Ersatzbrennstoff 1 in festen Zeitrastern automatisch von der ersten Analyseeinrichtung 4 erfasst, wobei die erfassten Daten entsprechend ausgewertet werden. Die Terahertz-Spektroskopie ermöglicht insbesondere die Bestimmung von Heizwert, Feuchte, Kohlenstoff- und Chlorgehalt.

[0034] In einer Auswertungseinrichtung 8 werden die ermittelten Daten der ersten Analyseeinrichtung 4 verarbeitet, wobei chemometrische Methoden angewandt werden können, um aus den Daten chemische Informationen zu extrahieren. Die gewonnenen chemischen Informationen können dann insbesondere mit selbstlernenden Algorithmen in ein oder mehreren Datenbanken 9 zusammengefasst und klassifiziert werden, wobei zur Strukturierung der Daten bzw. Datensätze auch die Clusteranalyse zur Anwendung kommen kann.

[0035] Die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Werte werden in der Auswertungseinrichtung 8 ausgewertet und zur Regelung des Brennprozesses in der Verbrennungszone 5 genutzt. Kommt in der Verbrennungszone 5 neben dem Ersatzbrennstoff 1 ein zweiter Brennstoff 6 zur Anwendung, kann die Regelung des Brennprozesses aufgrund der schwingungsspektroskopischen Analyse beispielsweise in einer Veränderung des Mengenverhältnisses der beiden Brennstoffe 1 und 6 bestehen. Des Weiteren kann die Regelung des Brennprozesses eine Veränderung der Verbrennungsluft 7 umfassen, welche der Verbrennungszone 5 zugeführt wird. Gemäß einer bevorzugten Anwendung ist die Verbrennungszone 5 Teil einer Zementherstellungsanlage und die Regelung des Brennprozesses kann insbesondere in einer Veränderung der Verteilung der dort anfallenden Primär-, Sekundär- und Tertiärluft

bestehen. Kommt in der Verbrennungszone ein Brenner zum Einsatz, kann die Regelung auch eine Anpassung der Flammenform beinhalten.

[0036] Wird bei der schwingungsspektroskopischen Analyse festgestellt, dass der untersuchte Ersatzbrennstoff 1 aufgrund seiner Eigenschaften (beispielsweise ein zu hoher Chlorgehalt) nicht zur Verbrennungszone 5 gelangen soll, kann eine Teilmenge 1' des Ersatzbrennstoffs vorher aussortiert werden.

[0037] In Abhängigkeit der bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Werte und/oder zu bestimmten Zeiten, die auch dynamisch angepasst werden können, ist erfindungsgemäss vorgesehen, dass ein Teil 1' des in der ersten Analyseeinrichtung 4 bereits analysierten Ersatzbrennstoffs ausgeschleust und einer zweiten chemischen Analyse zugeführt wird.

[0038] Dazu wird der ausgeschleuste Ersatzbrennstoff 1' zunächst in einer Aufbereitungseinrichtung 10 zu analysierfähigen Proben 11 aufbereitet und anschließend in einer zweiten Analyseeinrichtung 12 einer zweiten chemischen Analyse unterzogen, wobei beispielsweise ein oder mehrere der nachfolgend aufgeführten Analyseverfahren zur Anwendung kommen können: Röntgenfluoreszenzanalyse, Terahertz-Spektroskopie, Elementaranalyse, Heizwertbestimmung, etc.

[0039] In einer Auswertungseinrichtung 13 werden die ermittelten Daten der zweiten Analyseeinrichtung 12 weiter verarbeitet, wobei wiederum chemometrische Methoden angewandt werden können, um aus den Daten chemische Informationen zu extrahieren. Die gewonnenen chemischen Informationen können dann insbesondere mit selbstlernenden Algorithmen in der wenigstens einen Datenbank 9 zusammengefasst und klassifiziert werden, wobei zur Strukturierung der Daten bzw. Datensätze auch die Clusteranalyse zur Anwendung kommen kann.

[0040] Die bei der zweiten chemischen Analyse ermittelten Werte werden dann ebenfalls zur Regelung des Brennprozesses in der Verbrennungszone 5 genutzt. Sie dienen aber auch zur Überprüfung und Anpassung der ersten chemischen Analyse dienen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines Brennprozesses, wobei wenigstens ein Ersatzbrennstoff (1) in Form einer flugfähigen Fraktion zum Einsatz kommt, wobei wenigstens ein Teil des Ersatzbrennstoffs (1) in einer ersten Analyseeinrichtung (4) einer schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird und die bei der Analyse ermittelten Werte zur Regelung des Brennprozesses verwendet werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die schwingungsspektroskopische Analyse mittels einer Terahertzspektroskopie erfolgt, wobei in Abhängigkeit der bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Werte und/oder zu bestimmten Zeiten ein Teil (1') des in der ersten Analyseeinrichtung (4) bereits

- analysierten Ersatzbrennstoffs ausgeschleust und einer zweiten chemischen Analyse zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ersatzbrennstoff (1) über eine Zuführstrecke (2) wenigstens einer Verbrennungszone (5) zugeführt und während seiner Förderung zu der Verbrennungszone der schwingungsspektroskopischen Analyse unterzogen wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels chemometrischer Methoden chemische Informationen aus Daten extrahiert werden, die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse des Ersatzbrennstoffs (1) ermittelt wurden.
 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittels chemometrischer Methoden gewonnenen chemischen Informationen mit selbstlernenden Algorithmen in einer Datenbank (9) zusammengefasst und klassifiziert werden.
 5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der schwingungsspektroskopischen Analyse des Ersatzbrennstoffes (1) zur Strukturierung der Daten bzw. Datensätze eine Clusteranalyse angewendet wird.
 6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der schwingungsspektroskopischen Analyse der Heizwert und/oder die Feuchte und/oder der Kohlenstoffgehalt und/oder der Chlorgehalt des Ersatzbrennstoffs ermittelt werden.
 7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bei der schwingungsspektroskopischen Analyse ermittelten Daten des Ersatzbrennstoffs (1) mit Vergleichsdaten verglichen werden, um Anomalien automatisch zu erkennen.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergleichsdaten durch eine schwingungsspektroskopische Analyse bekannter Ersatzbrennstoffe oder bekannter Anteile der Ersatzbrennstoffe ermittelt werden.
 9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung der Vergleichsdaten Teile des Ersatzbrennstoffs gezielt in unterschiedliche Bestandteile aufgeteilt und einzeln mittels schwingungsspektroskopischer Analyse untersucht werden.
 10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennprozess im Rahmen eines Zementherstellungsprozesses stattfindet und die Verbrennungszone (5) vorsieht, die durch einen Drehrohrofen und/oder einen Vorcalcinator gebildet wird.
 11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ersatzbrennstoff über wenigstens einen Brenner einer Verbrennungszone zugeführt wird.
 12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** neben dem Ersatzbrennstoff (1) ein zweiter Brennstoff (6) in einer Verbrennungszone (5) zum Einsatz kommt, wobei die Regelung des Brennprozesses eine Veränderung des Verhältnisses der beiden Brennstoffe umfasst.
 13. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung des Brennprozesses eine Veränderung einer Verbrennungsluft (7) umfasst.
 14. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung des Brennprozesses eine Verstellung der Flammenform an einem Brenner umfasst.
- ### Claims
1. Method for controlling a combustion process, at least one substitute fuel (1) in the form of a dispersible fraction being used, at least part of the substitute fuel (1) undergoing a vibrational spectroscopic analysis in a first analysis device (4) and the values determined in the analysis being used for controlling the combustion process, **characterized in that** the vibrational spectroscopic analysis is performed by means of terahertz spectroscopy, wherein, in dependence on the values determined in the vibrational spectroscopic analysis and/or at certain times, a part (1') of the substitute fuel already analyzed in the first analysis device (4) is discharged and sent for a second chemical analysis.
 2. Method according to Claim 1, **characterized in that** substitute fuel (1) is supplied via a supply path (2) to at least one combustion zone (5) and undergoes the vibrational spectroscopic analysis during its conveyance to the combustion zone.
 3. Method according to Claim 1, **characterized in that** items of chemical information determined in the vibrational spectroscopic analysis of the substitute fuel (1) are extracted from data by means of chemometric methods.
 4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the items of information obtained by means of chemometric methods are compiled and classified in a

database (9) by self-learning algorithms.

5. Method according to Claim 1, **characterized in that** a cluster analysis is used in the vibrational spectroscopic analysis of the substitute fuel (1) for the structuring of the data or sets of data.
6. Method according to Claim 1, **characterized in that** the calorific value and/or the moisture and/or the carbon content and/or the chlorine content of the substitute fuel are determined in the vibrational spectroscopic analysis.
7. Method according to Claim 1, **characterized in that** the data of the substitute fuel (1) determined in the vibrational spectroscopic analysis are compared with comparison data in order to automatically detect anomalies.
8. Method according to Claim 7, **characterized in that** the comparison data are determined by a vibrational spectroscopic analysis of known substitute fuels or known fractions of the substitute fuels.
9. Method according to Claim 7, **characterized in that**, for the determination of the comparison data, parts of the substitute fuel are specifically divided into various constituents and investigated individually by means of vibrational spectroscopic analysis.
10. Method according to Claim 1, **characterized in that** the combustion process takes place in the course of a cement production process and provides the combustion zone (5), which is formed by a rotary tube furnace and/or a pre-calciner.
11. Method according to Claim 1, **characterized in that** the substitute fuel is supplied to a combustion zone via at least one burner.
12. Method according to Claim 1, **characterized in that**, apart from the substitute fuel (1), a second fuel (6) is used in a combustion zone (5), the control of the combustion process comprising a variation of the ratio of the two fuels.
13. Method according to Claim 1, **characterized in that** the control of the combustion process comprises a variation of a combustion air (7).
14. Method according to Claim 1, **characterized in that** the control of the combustion process comprises an adjustment of the form of the flame at a burner.

Revendications

1. Procédé de régulation d'un processus de combus-

tion, dans lequel est employé au moins un combustible de remplacement (1) sous la forme d'une fraction dispersible, dans lequel au moins une partie du combustible de remplacement (1) est soumise à une analyse par spectroscopie vibrationnelle dans un premier dispositif d'analyse (4) et les valeurs déterminées lors de l'analyse sont utilisées pour réguler le processus de combustion, **caractérisé en ce que** l'analyse par spectroscopie vibrationnelle est effectuée au moyen d'une spectroscopie térahertz, dans lequel, en fonction des valeurs déterminées lors de l'analyse par spectroscopie vibrationnelle et/ou à des instants déterminés, une partie (1') du combustible de remplacement déjà analysé dans le premier dispositif d'analyse (4) est déchargée et acheminée vers une seconde analyse chimique.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le combustible de remplacement (1) est acheminé par l'intermédiaire d'une section d'acheminement (2) vers au moins une zone de combustion (5) et est soumis à une analyse par spectroscopie vibrationnelle pendant son acheminement vers la zone de combustion.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** des informations chimiques sont extraites par des méthodes chimiométriques de données qui ont été déterminées lors de l'analyse par spectroscopie vibrationnelle du combustible de remplacement (1).
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** les informations chimiques obtenues au moyen de méthodes chimiométriques sont résumées et classées dans une base de données (9) à l'aide d'algorithmes d'auto-apprentissage.
5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** une analyse de groupement est utilisée lors de l'analyse par spectroscopie vibrationnelle du combustible de remplacement (1) afin de structurer les données ou les jeux de données.
6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'analyse par spectroscopie vibrationnelle détermine le pouvoir calorifique et/ou l'humidité et/ou la teneur en carbone et/ou la teneur en chlore du combustible de remplacement.
7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les données du combustible de remplacement (1) déterminées lors de l'analyse par spectroscopie vibrationnelle sont comparées à des données comparatives afin de détecter automatiquement des anomalies.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les données comparatives sont déterminées par une analyse par spectroscopie vibrationnelle de combustibles de remplacement connus ou de proportions connues des combustibles de remplacement. 5
9. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que**, pour déterminer les données comparatives, des parties du combustible de remplacement sont séparées spécifiquement en différents constituants et examinées individuellement au moyen d'une analyse par spectroscopie vibrationnelle. 10
10. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le processus de combustion a lieu dans le cadre d'un processus de production de ciment et prévoit une zone de combustion (5) qui est formée par un four rotatif et/ou un précalcinateur. 15
20
11. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le combustible de remplacement est acheminé vers une zone de combustion par l'intermédiaire d'au moins un brûleur. 25
12. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'en plus** du combustible de remplacement (1), un second combustible (6) est employé dans une zone de combustion (5), dans lequel la régulation du processus de combustion comprend une modification du rapport des deux combustibles. 30
13. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la régulation du processus de combustion comprend une modification d'un air de combustion (7). 35
14. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la régulation du processus de combustion comprend un réglage de la forme de la flamme sur un brûleur. 40

45

50

55

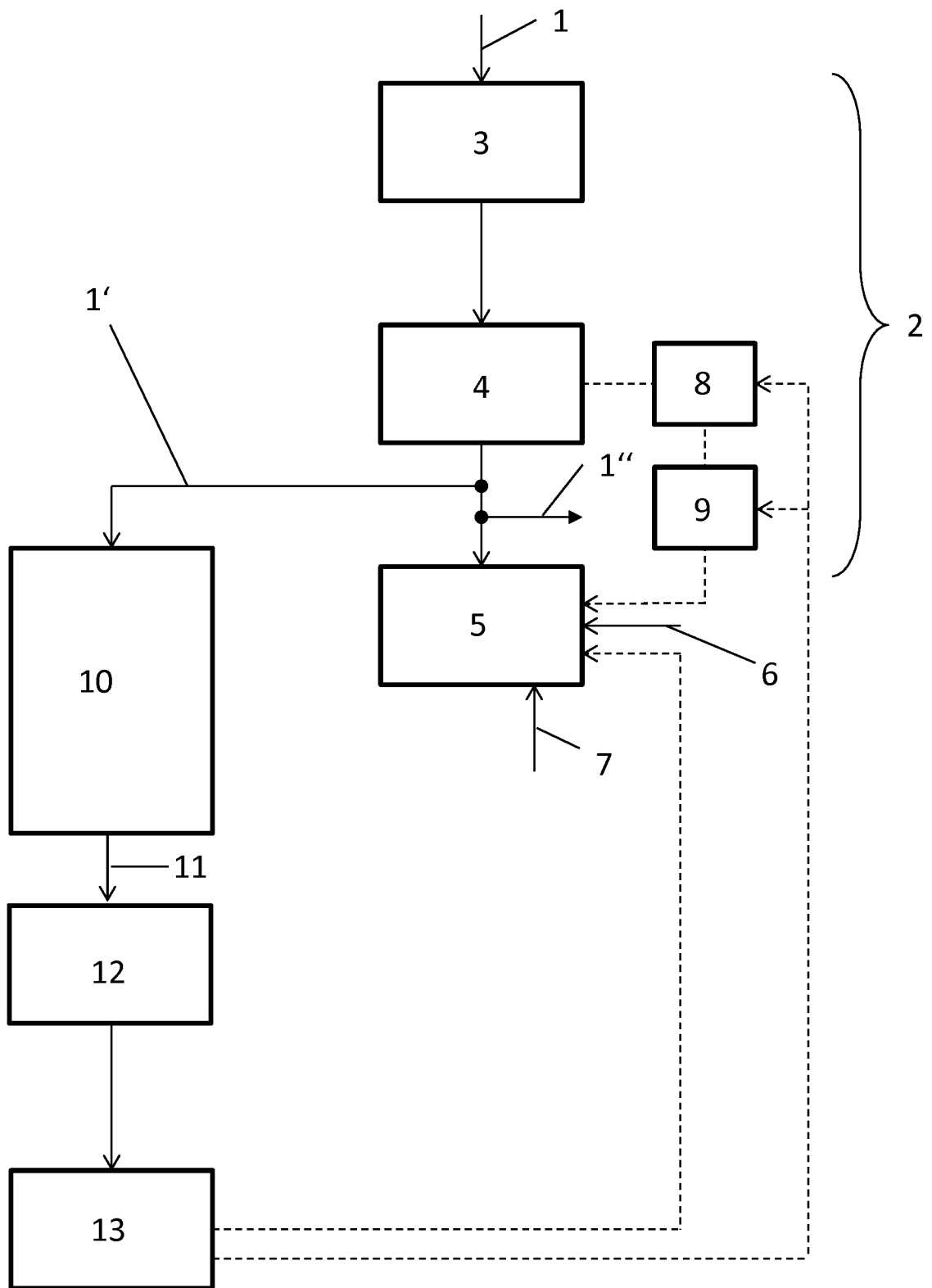


Fig. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2013107509 A1 [0010]
- US 2012117815 A1 [0011]