

(19)



(11)

EP 1 851 481 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.10.2013 Patentblatt 2013/42

(51) Int Cl.:
F23G 5/50 (2006.01) F23G 5/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06707048.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/001459

(22) Anmeldetag: **17.02.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/089693 (31.08.2006 Gazette 2006/35)

(54) **VERFAHREN ZUR ERHÖHUNG DES GEBINDEDURCHSATZES IN DREHROHRANLAGEN**

METHOD FOR INCREASING THE PACKAGE THROUGHPUT IN ROTARY KILN PLANTS

PROCEDE POUR AUGMENTER LE DEBIT DE FUTS D'EMBALLAGE DANS DES INSTALLATIONS A CHAMBRE TOURNANTE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **26.02.2005 DE 102005008893**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.11.2007 Patentblatt 2007/45

(73) Patentinhaber: **Karlsruher Institut für Technologie 76131 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:
• **NOLTE, Michael 76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE)**
• **OSER, Bernhard 76149 Karlsruhe (DE)**
• **EBERHARD, Mark 76149 Karlsruhe (DE)**

- **KOLB, Thomas 67480 Edenkoben (DE)**
- **SEIFERT, Helmut 67069 Ludwigshafen (DE)**
- **KERPE, Rolf 75015 Bretten (DE)**
- **GRAMLING, Hubert 76676 Graben-Neudorf (DE)**

(74) Vertreter: **Weddigen, Andreas Karlsruher Institut für Technologie Stabsabteilung Innovation Postfach 36 40 76021 Karlsruhe (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 990 847 DE-A1- 4 224 571
US-A- 4 782 766 US-A- 4 861 262

EP 1 851 481 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 Erhöhung des Gebindedurchsatzes in Drehrohranlagen gemäß dem ersten Patentanspruch.

[0002] Drehrohranlagen sind Verbrennungsanlagen mit einer Brennkammer, die als vorzugsweise horizontales, um seine Symmetrieachse drehendes Rohr (motorisch angetriebenes Drehrohr) gestaltet ist. Am einen Ende mündet das Drehrohr in die Nachbrennkammer und in den Abgasstrang, während am anderen Ende die Brennstoffzufuhr über Brenner, Lanzen und Feststoffschurre erfolgt. Über die Feststoffschurre werden Gebinde mit (flüssigem, hochkalorischem) Abfall diskontinuierlich aufgegeben und im Drehrohr verbrannt. Drehrohranlagen dienen insbesondere der Verbrennung von heterogenen Brennstoffen wie industrielle Abfälle und besonders überwachungsbedürftige Abfälle. Derartige Drehrohranlagen sind beispielsweise aus DE 4224571 A1 und aus US 4 782 766 bekannt.

[0003] Der Gasphasenausbrand einer Verbrennungsanlage wird im wesentlichen durch Bedingungen wie Verweilzeit, Temperatur und Vermischung sowie Stöchiometrie bestimmt. Ohne Optimierung des Verbrennungsprozesses durch diese Größen können sich bereits im Feuerraum sowohl Strähnen mit Luftüberschuss als auch solche mit lokalem Luftmangel bilden, d.h. der Sauerstoffgehalt variiert örtlich und zeitlich stark. Die Mischung (Turbulenz) beeinflusst dabei vor allem die Bildung lokaler Strähnen, die instationäre Verbrennung bei Gebinden aufgrund der Stöchiometrie (O_2 -Angebot) die Bildung zeitlicher Strähnen. Beide Bildungswege von Strähnen führen zu einer ungleichmäßigen und unvollständigen Verbrennung im Feuerraum sowie zur Emission von Schadstoffen wie Kohlenwasserstoffe, Ruß oder Kohlenmonoxid (CO). Vor allem der Gehalt an Kohlenmonoxid dient dabei als Indikator für die Ausbrandqualität.

[0004] Die Bildung zeitlicher Strähnen im Feuerraum ist vor allem ein Problem bei der Gebindeverbrennung in Drehrohren, da die Gebinde der Verbrennung nur diskontinuierlich zugeführt werden können. Gelangt ein Gebinde über die Aufgabevorrichtung an der Drehrohrstirnwand (Brennstoffzufuhr) in das Drehrohr, so zerreißt das Gebinde je nach Inhalt (Heizwert) und Temperaturführung mehr oder weniger schlagartig. Durch die thermische Umsetzung des schlagartig freigesetzten hochkalorischen Gebindeinhalts wird die thermische Drehrohrbelastung kurzzeitig stark erhöht und die verfügbare Sauerstoffmenge kurzzeitig lokal stark herabgesetzt.

[0005] Doch auch andere zur Beschreibung des gasseitigen Ausbrandes relevante Rauchgasspezieskonzentrationen wie von Wasserdampf (H_2O), Kohlendioxid (CO_2) oder Kohlenmonoxid (CO) werden bei der Gebindeverbrennung kurzzeitig stark verändert. So können aufgrund des verbrennungsbedingten Sauerstoffverzehrs zum Teil auch erhebliche Mengen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen, Ruß und vor allem CO (als

Konzentrationsspitzen) im Drehrohr entstehen, die auch durch die Brenner in der Nachbrennkammer nicht mehr vollständig abgebaut werden. Anschließend durchlaufen die Schadstoffe die Anlage einschließlich Rauchgasreinigung nahezu ungehindert und werden über den Kamin an die Atmosphäre abgegeben.

[0006] Da sämtliche Abfallverbrennungsanlagen strengen Emissionsgrenzwerten unterliegen, ist die CO -Konzentration am Rauchgasabzug bezogen auf den Halbstunden- bzw. Tagesmittelwert zugleich der limitierende Faktor für den Durchsatz von Gebinden im Drehrohr (Halbstundenmittelwert: $100 \text{ mg/Nm}^3 \text{ CO}$, Tagesmittelwert: 50 mg/Nm^3 gemäß 17. BImSchV).

[0007] Es ist bekannt, dass zur Reduzierung der CO -Bildung bei der Gebindeverbrennung stark überstöchiometrische Luftmengen dem Drehrohr zugeführt werden, um Brennstofffreisetzungsspeaks in Form von Ruß, organisch C und CO abfangen zu können (Beeinflussung der Stöchiometrie durch Erhöhung der zugeführten Verbrennungsluftmenge). Da der Rauchgasvolumenstrom in der Regel kapazitätsbegrenzend ist, wird der Abfalldurchsatz durch diese Fahrweise erheblich reduziert. Der mit einer stark überstöchiometrischen Luftzufuhr im Drehrohr verbundene kühlende Luftüberschuss führt außerdem zu geringeren Verbrennungstemperaturen und damit zu einer Verschlechterung der Reaktionsbedingungen im Feuerraum.

[0008] Bekannt ist auch, die Stöchiometrie bei der Verbrennung von Gebinden durch Zugabe von sauerstoffangereicherter Verbrennungsluft oder durch Zusatz von Sauerstoff über separate Lanzen so zu beeinflussen, dass ein erhöhter Abfalldurchsatz in Form von Gebinden möglich ist. Bei der Substitution der Verbrennungsluft durch sauerstoffangereicherte Luft bzw. bei der Zugabe von zusätzlichem Sauerstoff in den Brennraum wird zunächst die Stöchiometrie (O_2 -Angebot) deutlich erhöht, Temperatur und Rauchgasvolumenstrom bleiben weitgehend konstant.

[0009] Erfolgt anschließend die Aufgabe von hochkalorischen Gebinden, so nimmt die Gesamtstöchiometrie (O_2 -Angebot) wieder ab, während der Rauchgasvolumenstrom nahezu konstant bleibt. Durch die Erhöhung des Sauerstoffanteils in der Verbrennungsluft erfolgt für die Gebindeverbrennung bei gleich bleibendem Rauchgasvolumenstrom jedoch auch eine deutliche Erhöhung der Verbrennungstemperatur im Drehrohr, da die Menge des mitgeführten Luftballastes (Luftstickstoff) reduziert wird und somit nicht auf die Verbrennungstemperatur/Rauchgastemperatur aufgeheizt werden muss. Eine erhöhte Verbrennungstemperatur führt wiederum zu einer stärkeren Belastung des Drehrohres (Aufschmelzen des Schlackepelzes). Ein weiterer wesentlicher Nachteil bei der Verwendung von mit Sauerstoff angereicherter Verbrennungsluft bzw. zusätzlicher Sauerstoffeindüsung in den Verbrennungsraum ist die Frage der Wirtschaftlichkeit (Zusatzkosten durch O_2 -Anreicherung) und der Sicherheit.

[0010] Eine separate Regelung des Brennstoff-Luft-

Verhältnisses einzelner Gas- oder Ölbrenner auf Grund eines Signals von optischen Sensoren ist ebenfalls bekannt.

[0011] DE 100 55 832 A1 beschreibt eine derartige Regelung des Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisches von Öl- und Gasbrennern auf der Basis eines Fotosensors, der optisch die Flammenstrahlung erfasst.

[0012] DE 197 46 786 C2 offenbart ferner einen optischen Flammenwächter mit zwei Halbleiterdetektoren für Öl- und Gasbrenner zur Flammenüberwachung und zur Regelung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses bzw. der Brennstoffzufuhr, wobei die spektrale Verteilung der Flammenstrahlung als Eingangssignal für die Regelung dient.

[0013] Auch die DE 196 50 972 C2 beinhaltet eine derartige Regelung, und zwar zur Überwachung und Regelung von Verbrennungsprozessen mittels Strahlungsmessung durch sensorische Detektierung eines sowohl schmal- als auch breitbandigen Spektralbereiches einer Flamme. Ziel ist Einhaltung eines hohen feuerungstechnischen Wirkungsgrads bei gleichzeitig minimaler Schadstoffemission.

[0014] Um eine deutliche Verbesserung der Anlageneffizienz durch Optimierung der Drehrohr-/Nachbrennkammerfahrweise zu erreichen, ist eine schnelle (und simultane) Erfassung der den Verbrennungsvorgang im Drehrohr beschreibenden Größen (CO, Ruß, O₂, CO₂ oder H₂O) notwendig. Herkömmliche Sensoren bzw. probennehmende Verfahren, bei denen Rauchgas aus dem Prozess abgesaugt wird, führen zu hohen Antwortzeiten (Ansprechzeiten).

[0015] Diese Messverfahren sind nicht dazu geeignet, die unvollständige Verbrennung (z.B. über die Änderungen der Konzentrationen einzelner Spezies wie Ruß, CO, O₂, H₂O oder CO₂) im Drehrohr schnell zu erfassen. Eine Signalgebung für eine schnelle Regelung des Verbrennungsprozesses ist nur mit einer in-situ-Erfassung der verbrennungsrelevanten Spezies wie O₂, CO₂, H₂O CO oder Ruß (optische Messverfahren) im Feuerraum mit gleichzeitig kurzen Antwortzeiten ($t_{\text{Antwort}} \ll t_{\text{Reaktion}}$ und hohen Selektivitäten möglich. Ist die Detektion dieser Komponenten zu langsam, besteht keine Möglichkeit, die Produkte der unvollständigen Verbrennung im Drehrohr durch entsprechende Maßnahmen vollständig abzubauen. Die Geschwindigkeit mit der die Konzentrationsspitzen durch die Anlage laufen und die damit verbundene erforderliche Reaktionszeit des Steuerungsprozesses hängen vom Anlagendurchsatz ab.

[0016] Aufgabe der Erfindung ist daher, ein Verfahren zur Erhöhung des Durchsatzes hochkalorischer Gebinde in Drehrohranlagen der eingangs genannten Art unter Einhaltung von Emissionsgrenzwerten vorzuschlagen, das die vorgenannten Einschränkungen nicht aufweist.

[0017] Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

[0018] Die Erfindung beinhaltet ein Gesamtkonzept für

eine Feuerungsanlage (Drehrohranlage), bei der in-situ Messtechniken (optische Messverfahren wie Photodiode, IR-Kamera, Laser, ...) zur schnellen Detektion (kurze Antwortzeiten) der unvollständigen Verbrennung im Drehrohr eingesetzt werden. Auf diese Weise werden vor allem diskontinuierlich auftretende Ruß- oder Kohlenmonoxidkonzentrationsspitzen bereits frühzeitig (im Drehrohr) erkannt. Die Messsignale werden aufgeschaltet auf die Brenner in Drehrohr und Nachbrennkammer, die anschließend die Verbrennungsbedingungen (Stöchiometrie und Mischimpuls) in Drehrohr und Nachbrennkammer den Anforderungen des vollständigen Ausbrands bei der Gebindeverbrennung angleichen. Die Regelung umfasst dabei sowohl eine Regelung der Brennstoffseite (Stöchiometrie) über die Brenner als auch eine Regelung der Luftseite (Mischimpuls, Stöchiometrie) über die Brenner sowie über Schurre oder Lanzen.

[0019] Im Gegensatz zu Techniken mit Sauerstoffanreicherung erfolgt zur Beeinflussung der Stöchiometrie allerdings primär keine Steuerung der Luft-/Sauerstoffseite sondern eine Steuerung der Brennstoffseite (kurzzeitige Rücknahme des Brennstoffdurchsatzes in den Brennern des Drehrohres und der Nachbrennkammer). Für eine Optimierung des Brennstoff-/Sauerstoffverhältnisses ist sekundär eine zusätzliche Steuerung der Luftzufuhr/Luftverteilung (kombinierte Luft-/Brennstoffzufuhr) denkbar, wenn die Rücknahme des Brennstoffdurchsatzes an den Brennern allein nicht ausreicht, um die im Drehrohr gebildete CO-Menge bei der Gebindeverbrennung hinreichend abzubauen (Emissionsgrenzwerte).

[0020] Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, durch Optimierung der Brennstoff-/Luftmengen und Verteilung in Drehrohr und Nachbrennkammer eine deutliche Erhöhung des Gebindedurchsatzes bei Drehrohranlagen zu erreichen, ohne gleichzeitig Probleme hinsichtlich des Gasphasenausbrandes bzw. der Schadstoffemission (CO) zu erhalten. Dabei erfolgt keine Beeinflussung (Erhöhung) des Rauchgasvolumenstroms und keine Zusatzbelastung der Rauchgasreinigung.

[0021] Eine Steuerung der Brenner in der Nachbrennkammer einer Drehrohranlage zur Reduzierung der bei der Gebindeverbrennung entstehenden CO-Mengen ist an der halbertechnischen Versuchsanlage THERESA bereits erprobt worden. In ersten Betriebsversuchen konnte eine deutliche Reduzierung in der CO-Konzentration des Rauchgases erreicht und damit eine deutliche Erhöhung des Gebindedurchsatzes im Drehrohr erzielt werden. Weitere Optimierungsmaßnahmen sind geplant.

[0022] Ausführungsbeispiele des Verfahrens werden im Folgenden anhand von Figuren erläutert, wobei dargestellte Merkmale beispielhaft für die Erfindung offenbart und nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt sind. Es zeigen

Fig.1 den prinzipiellen Aufbau einer Drehrohranlage mit den erfindungsrelevanten Komponenten am Bei-

spiel der halbertechnischen Versuchsanlage THERE-SA,

Fig.2 die Darstellung der Ventilverschaltung in der Brennstoffversorgungsleitung am Beispiel eines Nachbrennkammerbrenners sowie

Fig.3a bis d die Ergebnisse eines Durchführungsbeispiels mit Reduzierung der CO-Spitzen bei der Gebindeverbrennung im Drehrohr ohne (a und b) und mit (c und d) Regelung der Verbrennungsbedingungen auf der Basis von in-situ Messungen des Verbrennungsvorgangs,

[0023] **Fig.1** gibt den apparativen Aufbau einer Drehrohranlage beispielhaft an der Versuchsanlage THERE-SA (thermische Anlage zur Verbrennung spezieller Abfälle) des Forschungszentrums Karlsruhe wieder. Sie zeigt die gesamte Verbrennungsanlage einem Drehrohr **4** als Brennkammer **1** für die Verbrennung von festen und pastösen Einsatzstoffen einschließlich Gebinde, einer Nachbrennkammer **2** zur Gewährleistung eines Gasphasenausbrands und einem Abzug **3**, der Rauchgase in den Abhitzekeßel und die nachgeschaltete Rauchgasreinigung (Beides in **Fig.1** nicht weiter dargestellt). Das Drehrohr **4** ist motorisch angetrieben. Die Gebinde und andere feste Einsatzstoffe werden über eine wassergekühlte Schurre **5** (Brennstoffzufuhr) an der Drehrohrstirnwand **6** zusammen mit einem Teil der Verbrennungsluft in das Drehrohr **4** aufgegeben. Zur Verbrennung von brennbaren Flüssigkeiten und Gasen befindet sich an der Drehrohrstirnwand **6** ein Drehrohrbrenner, in dem der andere Teil der Verbrennungsluft (Verbrennungsgas) aufgegeben wird (vgl. Brennerflamme **7**). Die festen und pastösen Einsatzstoffe einschließlich Gebinde werden in der Brennkammer (Drehrohr) verbrannt. Durch die Drehbewegung und eine Neigung des Drehrohrs wird die Verweilzeit der festen und pastösen Einsatzstoffe bestimmt. Die Verbrennungsrückstände **8** werden am Drehrohrende **9** über ein Förderband **10** (in **Fig.1** z.T. unter einer Flüssigkeit wie Wasser angeordnet) in eine Schlackemulde abgeworfen (in **Fig.1** nicht weiter dargestellt).

[0024] Die über die Schurre in die Brennkammer eingeschleusten Gebinde verbrennen im Drehrohr, wobei die entstehenden Verbrennungsgase - teilweise nur unzureichend ausgebrannt - das Drehrohr am Drehrohrende **9** in die Nachbrennkammer **2** verlassen. In der Nachbrennkammer erfolgt im Wirkungsbereich **11** der beiden Nachbrennkammerbrenner **12** der Gasphasenausbrand. Die Nachbrennkammerbrenner ermöglichen die Zuführung von brennbaren Flüssigkeiten und Gasen sowie Verbrennungsluft.

[0025] Im Rahmen der Erfindung wurde eine optische in situ Messung des Verbrennungsfortschritts im Drehrohr, d.h. im Brennraum vorgesehen. Im Ausführungsbeispiel wurde als Sensoreinheit **13** ein optischer Sensor verwendet. Der Sensor wurde entgegen der standard-

mäßigen Installation einer optischen Überwachungseinheit nicht hinter dem Brenner eingebaut, sondern gegenüber dem Drehrohrbrenner. Diese Anordnung realisiert eine Überwachung des Brennraumes im Drehrohr und am unteren Teil der Nachbrennkammer. Idealerweise ist die Sensoreinheit **13** im unteren Bereich der Nachbrennkammer in axialer Verlängerung zum Drehrohr angeordnet (vgl. **Fig.1**), wobei der Strahlengang **14** des Sensors den Brennraum **1** vollständig erfasst. Vorteilhafterweise befindet sich die Sensoreinheit außerhalb einer Verbrennung oder Nachverbrennung sowie außerhalb einer unmittelbaren Strömung der Verbrennungsgase, beispielsweise am Ende eines Staubereichs (Mulde oder Rohr). Dadurch wird eine Verschmutzungsgefahr, beispielsweise durch Rußablagerung wirksam reduziert.

[0026] Die Sensoreinheit **13** erfasst den Verbrennungsfortschritt und leitet die Information als Messsignal **15** an das Prozessleitsystem **16** weiter. In diesem erfolgt eine Zuordnung des Messsignals zu einem Schadstoffgehalt (Ruß, organisch C oder CO) der Verbrennungsabgase und mit dieser Zuordnung eine Umsetzung der Informationen in Steuersignale **17** für die Nachbrennkammerbrenner **12**, wobei grundsätzlich die Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas und/oder von Brennstoff geregelt wird. In dieser Konfiguration bleibt der Regelstrecke in vorteilhafter Weise die Zeit für die Umsetzung der Maßnahme, die der Laufzeit der Verbrennungsgase von der Brennkammer **1** in den Wirkbereich **11** entspricht (je nach Ausführungsform im Bereich weniger Sekunden, vorzugsweise zwischen 1 und 5 Sekunden).

[0027] Eine Rußfreisetzung während einer Gebindeverbrennung bewirkt eine Trübung im Brennraum **1** und somit eine Herabsetzung der Lichtintensität am Sensor. Die Verstärkung (Gain), die Nulllage (Offset) und die Mittelungszeit (Integration) des Sensors wurden auf maximale Detektionsgeschwindigkeit eingestellt, um ein schnelles Ansprechen des Steuersignals zu gewährleisten. Denkbar sind auch andere optische Messgeräte (Emissions- und Absorptionsmesstechnik/ IR, VIS oder UV), welche ausreichende Signalgeschwindigkeit erreichen.

[0028] Die Steuersignale **17** werden in das Automatisierungssystem (SPS) des Leitsystems TELEPERM (Prozessleitsystem **16**) zur Anlagensteuerung aufgenommen und dort weiterverarbeitet (vgl. **Fig.1**). Die wesentlichen dynamischen Funktionsbausteine werden innerhalb dieser Steuerung im Zyklus von 400ms bearbeitet. Dadurch ist die Reaktionszeit der Steuerung größer/gleich 400ms. Um dies zu gewährleisten wurden bei der Implementierung die zeitunkritischen von den zeitkritischen Funktionen getrennt realisiert, das System neu paketiert und die Abtast- und Verschiebezeiten optimiert.

[0029] **Fig.2** gibt die Verschaltung der Ventile der Nachbrennkammerbrenner **12** wieder. Da die Verschlusszeiten der Regelventile **18** der Nachbrennkammerbrenner **12** nicht die notwendige Geschwindigkeit erreichen, wurden zur Realisierung der Steuerung zwei weitere Steuerventile (Schnellschussventil **19** und Mini-

maldurchflussventil **20**) in die Brennstoffversorgungsleitung **21** eingefügt (vgl. **Fig. 2**). Alle drei Ventile werden über das Prozessleitsystem **16** mittels Steuersignalen **17** angesteuert. Durch eine HystereseFunktion kann der Schwellenwert zur Auslösung und der Schwellenwert zur Rücksetzung der Steuerung vorgegeben werden. Ein Auslösen der Steuerung bewirkt eine Abschaltung der Hauptflüssigbrennstoffmenge an den zwei Nachbrennkammerbrennern über Schnellschussventil **19**. Die Luftmenge und eine einstellbare Mindestbrennstoffmenge über Minimaldurchflussventil **20** bleiben konstant. Die damit erreichte Sauerstoffanreicherung in der Nachbrennkammer ermöglicht einen Ausbrand der Schadstoffe Ruß, organisch C und CO, womit die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte bei gleichzeitiger Durchsatzsteigerung realisiert werden kann. Um ein Schwingen des Regelventils **18** zu verhindern, wird das Ventil bei Aktivierung der Steuerung vom Prozessleitsystem aus der Regelung herausgenommen und auf konstantem Durchfluss betrieben. Optimierungen gehen in Richtung schneller Regelventile, um die Zwei-Punkt-Steuerung durch eine feiner abgestufte Steuerung zu ersetzen.

[0030] Die Steuerung zur Minderung von CO- Peaks (CO- Konzentrationsmaxima) umfasst somit eine optische Messeinheit zur Detektierung des Gebindeausbrandes (Sensoreinheit **13**), die Verarbeitung eines Messsignals **15** im Prozessleitsystem **16** der Verbrennungsanlage zu Steuersignalen **17** und eine hardwareseitige Ventilverschaltung in der Brennstoffversorgungsleitung **21** der Nachbrennkammerbrenner **12** gemäß **Fig. 2**.

Durchführungsbeispiel:

[0031] Anhand von Betriebsversuchen an der Versuchsanlage THERESA erfolgte eine Reduzierung von CO-Spitzen bei der Gebindeverbrennung im Drehrohr. Die Betriebseinstellungen für die Brennkammer (Drehrohr) und die Nachbrennkammer waren für beide Betriebsversuche identisch (Heizöl DR: 120 kg/h; Verbrennungsluft DR: 2200 Nm³/h; Gebindedurchsatz: 30/h mit je 1 Liter Heizöl EL pro Gebinde). **Fig. 3a bis d** geben die Ergebnisse in Diagrammen mit gleichem Zeitfenster (laufende Zeitt) wieder, wobei **Fig. 3a und b** die Ergebnisse ohne und **Fig. 3c und d** die korrespondierenden Ergebnisse mit der vorgenannten Regelung des Verbrennungsprozesses zeigen.

[0032] **Fig. 3a und c** sind direkt miteinander vergleichbar (Messbereich und Auflösung) und zeigen den CO-Konzentrationsverlauf **22** im Reingas am Kamin beim Einwurf von 1, 0- Liter- Gebinden Heizöl EL, aufgetragen jeweils über die laufende Zeit t, wobei ein Einwurf alle zwei Minuten erfolgte (vgl. Ausschlag des Messsignals **15** in **Fig. 3d** sowie Rauchgasvolumenstrom **24** in **Fig. 3b und d**). Die gemittelten CO- Konzentrationen ergeben sich zu 180 mg/Nm³ ohne und zu 11, 5 mg/Nm³ mit Regelung des Verbrennungsprozesses gemäß der Erfindung (Reduzierung der CO- Konzentration über 90%),

wobei die in **Fig. 3a** erkennbaren CO- Konzentrationspeaks durch die Erfindung praktisch vollständig unterdrückt werden.

[0033] **Fig. 3b und d** sind ebenso direkt miteinander vergleichbar (Messbereich und Auflösung) und zeigen für die gleichen Betriebsversuche den unregelmäßigen (**Fig. 3b**) und geregelten (**Fig. 3d**) Heizöldurchsatz **23** für die Nachbrennkammerbrenner beim Einwurf von 1, 0- Liter- Gebinden Heizöl EL, aufgetragen jeweils über die laufende Zeit t. Der geregelte Heizöldurchsatz ist direkt an das ebenfalls in **Fig. 3d** wiedergegebene Messsignal **15** gekoppelt und folgt diesem immer mit minimaler Verzögerung. Dagegen weisen der Brennerluftdurchsatz **25** und der Rauchgasvolumenstrom **24**, beides in den **Fig. 3b und d** wiedergegeben, keinen Einfluss durch die Regelung des Verbrennungsprozesses auf.

[0034] Die Versuchsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- sichere Einhaltung der Emissionsgrenzwerte bei der Gebindeverbrennung mit hochkalorischem Abfall
- Reduzierung der CO-Konzentration am Kamin größer 90 %
- Erhöhung des Durchsatzes von Gebinden mit hochkalorischem Abfall im Drehrohr in Abhängigkeit von der Taktzeit der Gebindeaufgabe um mindestens den Faktor 3

[0035] Das Durchführungsbeispiel zeigt, dass beim Gebindedurchsatz im Drehrohr und damit verbunden auch beim Anteil der Gebindeverbrennung an der thermischen Drehrohrlast noch deutliche Steigerungen möglich sind, da bei den dargestellten Betriebsversuchen mit Brennerregelung in der Nachbrennkammer CO-Emissionswerte erreicht wurden (11,5 mg CO/Nm³), die noch deutlich unterhalb der Emissionsgrenzwerte nach 17. BImSchV liegen (Tagesmittelwert: 50 mg CO/Nm³).

Bezugszeichenliste

[0036]

- | | |
|----|------------------------|
| 1 | Brennkammer |
| 2 | Nachbrennkammer |
| 3 | Abzug der Rauchgase |
| 4 | Drehrohr |
| 5 | Schurre |
| 6 | Drehrohrstirnwand |
| 7 | Brennerflamme |
| 8 | Verbrennungsrückstände |
| 9 | Drehrohrende |
| 10 | Förderband |
| 11 | Wirkungsbereich |
| 12 | Nachbrennkammerbrenner |
| 13 | Sensoreinheit |
| 14 | Strahlengang |
| 15 | Messsignal |
| 16 | Prozessleitsystem |

- 17 Steuersignal
- 18 Regelventil
- 19 Schnellschlussventil
- 20 Minimaldurchflussventil
- 21 Brennstoffzufuhr
- 22 CO-Konzentrationsverlauf
- 23 Heizöldurchsatz
- 24 Rauchgasvolumenstrom
- 25 Brennerluftdurchsatz

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung des Gebindedurchsatzes in Drehrohranlagen, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- a) Bereitstellung einer Drehrohranlage mit einem Drehrohr (4) als Brennkammer (1), wobei das Drehrohr an einem Drehrohrende (9) in eine Nachbrennkammer (2) mit mindestens einem Nachbrennkammerbrenner (12) mit mindestens einer Gaszuführung sowie einem Abgasstrang mündet,
- b) Einleitung von Gebinden und sauerstoffhaltigen Gas in die Brennkammer (1),
- c) Verbrennung der Gebinde im sich drehenden Drehrohr (4) sowie
- d) Ableitung eines Rauchgases aus der Brennkammer (4) in die Nachbrennkammer (2) zu einer Nachverbrennung,
- wobei
- e) der Verbrennungsfortschritt durch optische Messungen im Drehrohr (4) laufend erfasst und als Regelgröße für eine Regelung der Verbrennungsbedingungen in Drehrohr und Nachbrennkammer herangezogen wird.

- 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Messungen eine Rußkonzentrationsmessung über Emissionsmessungen oder über optische Transmissionsmessungen umfassen.
- 3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei im Rahmen der Emissionsmessungen eine Messung der Abschwächung der Flammenstrahlung mit einer Photodiode oder einer Infrarotkamera erfolgt.
- 4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Messungen eine Kohlenmonoxidkonzentrationsmessung über Absorptionsmessungen oder Emissionsmessungen umfassen.
- 5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Messungen eine Sauerstoff-, Kohlendioxid- oder Wasserdampfkonzentrationsmessung über Absorptionsmessungen oder Emissionsmessungen umfassen.

- 6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Messungen eine videooptische Bildfassung und Bildverarbeitung umfassen.

- 5 7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Regelung eine Regelung der Verbrennungsbedingungen in Drehrohr und Nachbrennkammer umfasst.

- 10 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Regelung eine Regelung einer Brennstoffzufuhr für Drehrohrbrenner und Nachbrennkammerbrenner (12) umfasst.

- 15 9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Regelung zusätzlich eine Regelung der Gaszuführungen umfasst.

Claims

1. Method for increasing the package throughput in rotary kiln plants, comprising the following method steps:

- a) providing a rotary kiln plant having a rotary kiln (4) as a combustion chamber (1), wherein the rotary kiln opens out at one rotary kiln end (9) into a post-combustion chamber (2) having at least one post-combustion chamber burner (12) which has at least one gas supply and an exhaust gas line,
- b) introducing packages and oxygen-containing gas into the combustion chamber (1),
- c) combustion of the packages in the rotating rotary kiln (4) and
- d) discharging flue gas out of the combustion chamber (4) into the post-combustion chamber (2) for post-combustion,
- wherein
- e) the combustion progress is continually detected by means of visual measurements in the rotary kiln (4) and is taken into consideration as a closed-loop control parameter for closed-loop control of the combustion conditions in the rotary kiln and in the post-combustion chamber.

- 2. Method according to claim 1, wherein the measurements comprise soot concentration measurement by means of emission measurements or by means of visual transmission measurements.

- 3. Method according to claim 2, wherein, within the scope of the emission measurements, measurement of the weakening of the flame radiation is performed with a photo diode or an infrared camera.

- 4. Method according to any one of the preceding

claims, wherein the measurements comprise carbon monoxide concentration measurement by means of absorption measurements or emission measurements.

5. Method according to any one of the preceding claims, wherein the measurements comprise oxygen, carbon dioxide or water vapour concentration measurement by means of absorption measurements or emission measurements.
6. Method according to any one of the preceding claims, wherein the measurements comprise video-optical image capture and image processing.
7. Method according to any one of the preceding claims, wherein the closed-loop control comprises closed-loop control of the combustion conditions in the rotary kiln and in the post-combustion chamber.
8. Method according to claim 7, wherein the closed-loop control comprises closed-loop control of the supply of fuel for the rotary kiln burner and for the post-combustion chamber burner (12).
9. Method according to claim 8, wherein the closed-loop control additionally comprises closed-loop control of the gas supplies.

Revendications

1. Procédé permettant d'augmenter le débit de futs d'emballage dans des installations à chambre tubulaire rotative comprenant les étapes consistant à :
 - a) préparer une installation à chambre tubulaire rotative comprenant une chambre tubulaire rotative (4) faisant office de chambre de combustion (1), cette chambre tubulaire rotative débouchant à l'une de ses extrémités (9) dans une chambre de post combustion (2) équipée d'au moins un brûleur de chambre de post combustion (12) comprenant au moins une alimentation en gaz ainsi qu'une ligne de gaz d'échappement,
 - b) introduire des futs d'emballage et un gaz renfermant de l'oxygène dans la chambre de combustion (1),
 - c) brûler les futs d'emballage dans la chambre tubulaire (4) tournante, et
 - d) soutirer des gaz brûlés de la chambre de combustion (4) dans la chambre de post combustion (2) pour permettre une post combustion, selon lequel
 - e) l'avancement de la combustion est détecté en continu par des mesures optiques, dans la chambre tubulaire rotative (4) et est utilisé en

tant que grandeur de régulation pour permettre une régulation des conditions de combustion dans la chambre tubulaire rotative et la chambre de combustion.

2. Procédé conforme à la revendication 1, selon lequel les mesures comprennent une mesure de la concentration en noir de carbone par l'intermédiaire de mesures d'émission ou de mesures de transmission optique.
3. Procédé conforme à la revendication 2, selon lequel dans le cadre des mesures d'émission on mesure l'affaiblissement du rayonnement de la flamme avec une photodiode ou une caméra à infrarouges.
4. Procédé conforme à l'une des revendications précédentes, selon lequel les mesures comprennent une mesure de la concentration en monoxyde de carbone par l'intermédiaire de mesures d'absorption ou de mesures d'émission.
5. Procédé conforme à l'une des revendications précédentes, selon lequel les mesures comprennent une mesure de la concentration en oxygène, en dioxyde de carbone ou en vapeur d'eau par l'intermédiaire de mesures d'absorption ou de mesures d'émission.
6. Procédé conforme à l'une des revendications précédentes, selon lequel les mesures comprennent une détection d'image vidéo optique et un traitement de cette image.
7. Procédé conforme à l'une des revendications précédentes, selon lequel la régulation comprend une régulation des conditions de combustion dans la chambre tubulaire rotative et dans la chambre de post combustion.
8. Procédé conforme à la revendication 7, selon lequel la régulation comprend une régulation de l'alimentation en carburant du brûleur de la chambre tubulaire rotative et du brûleur de la chambre de post combustion (12).
9. Procédé conforme à la revendication 8, selon lequel la régulation comprend en outre une régulation des alimentations en gaz.

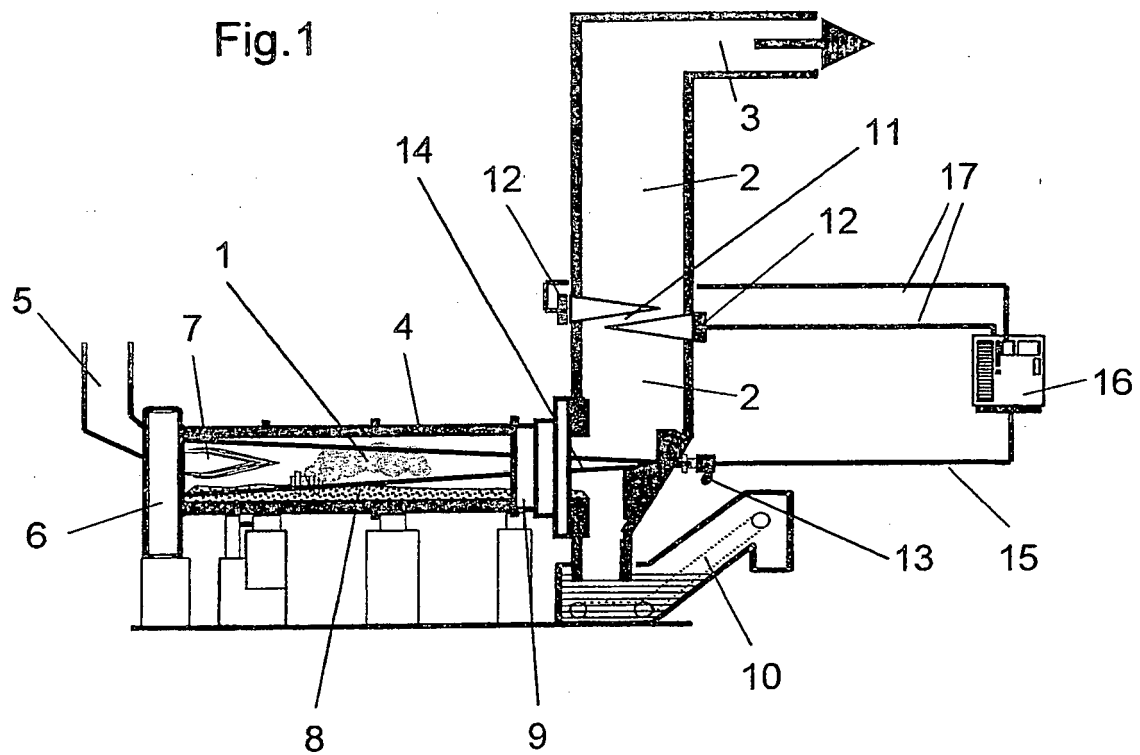


Fig. 2

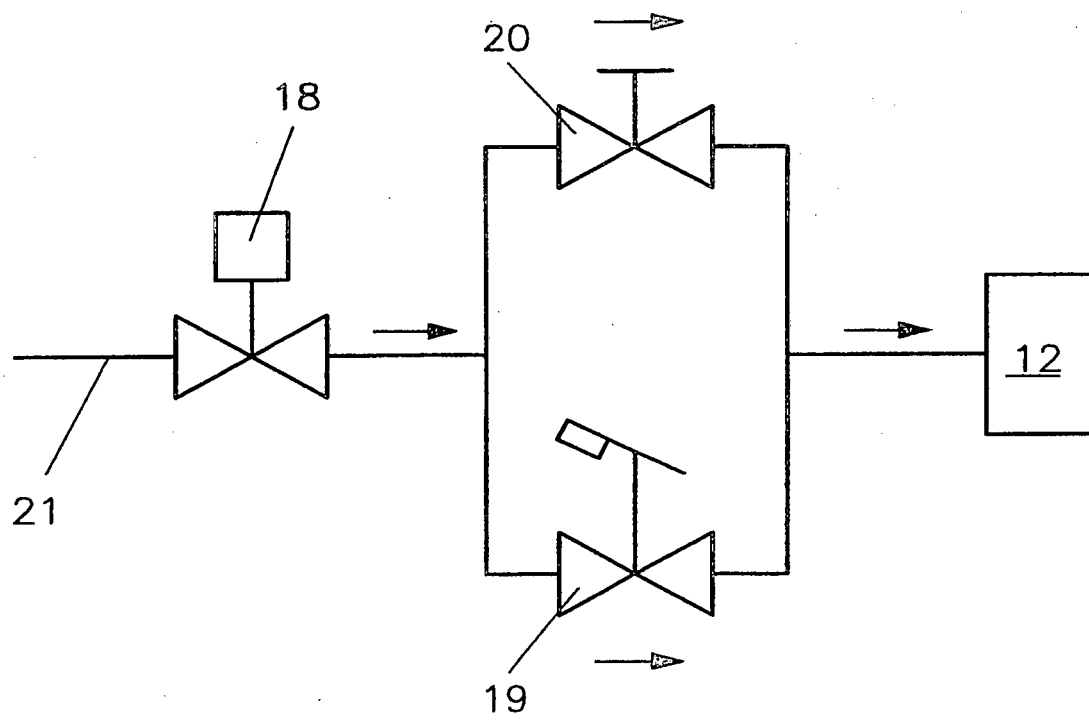


Fig.3a

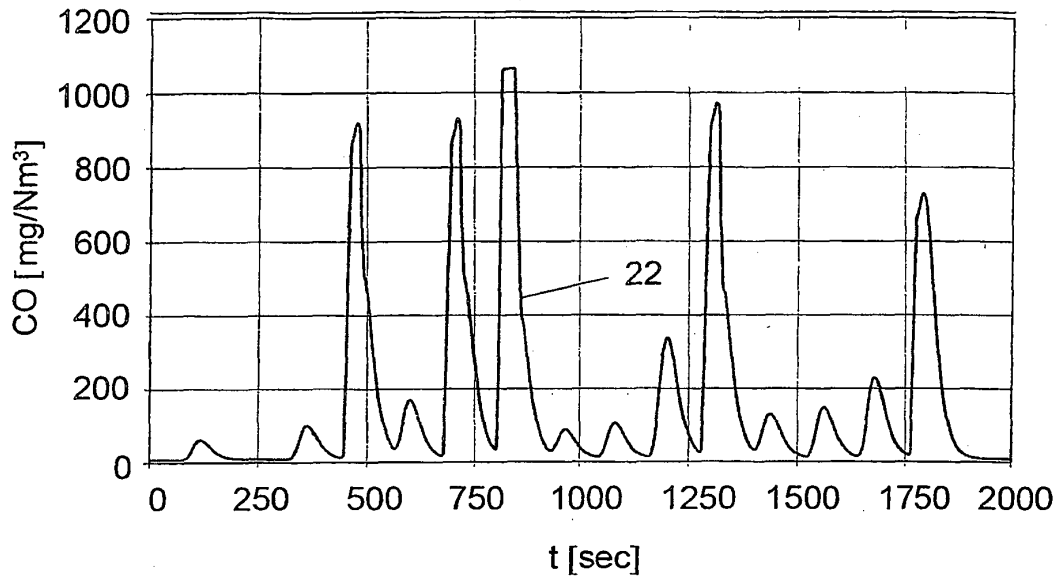


Fig.3b

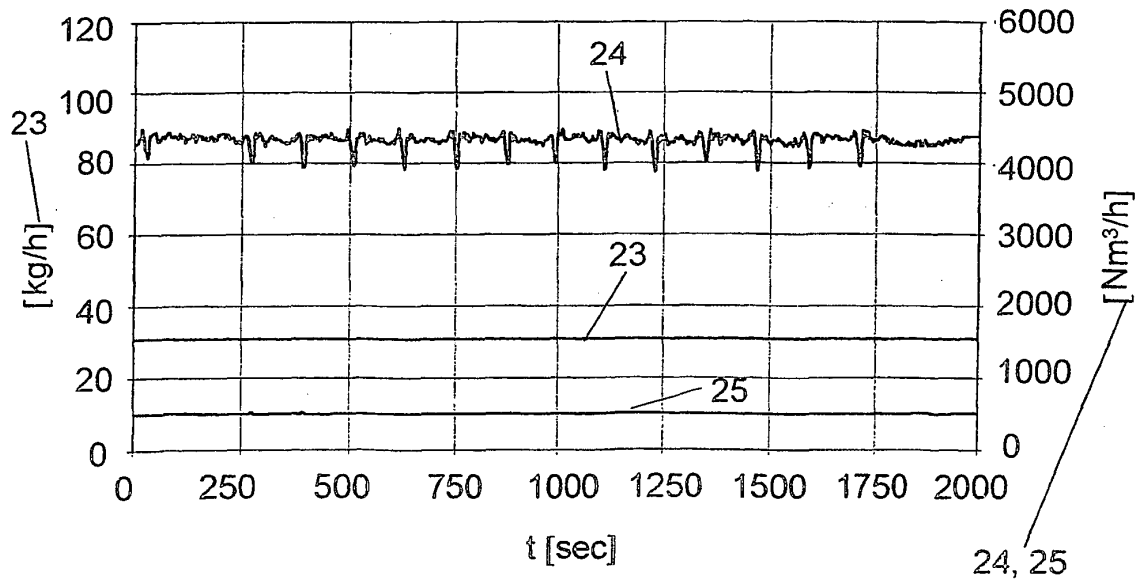


Fig.3c

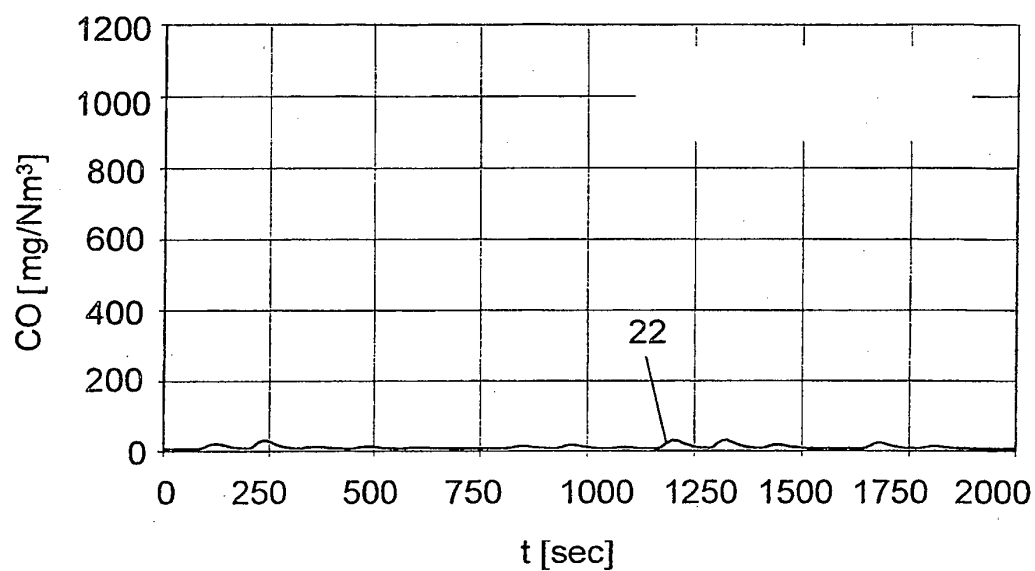
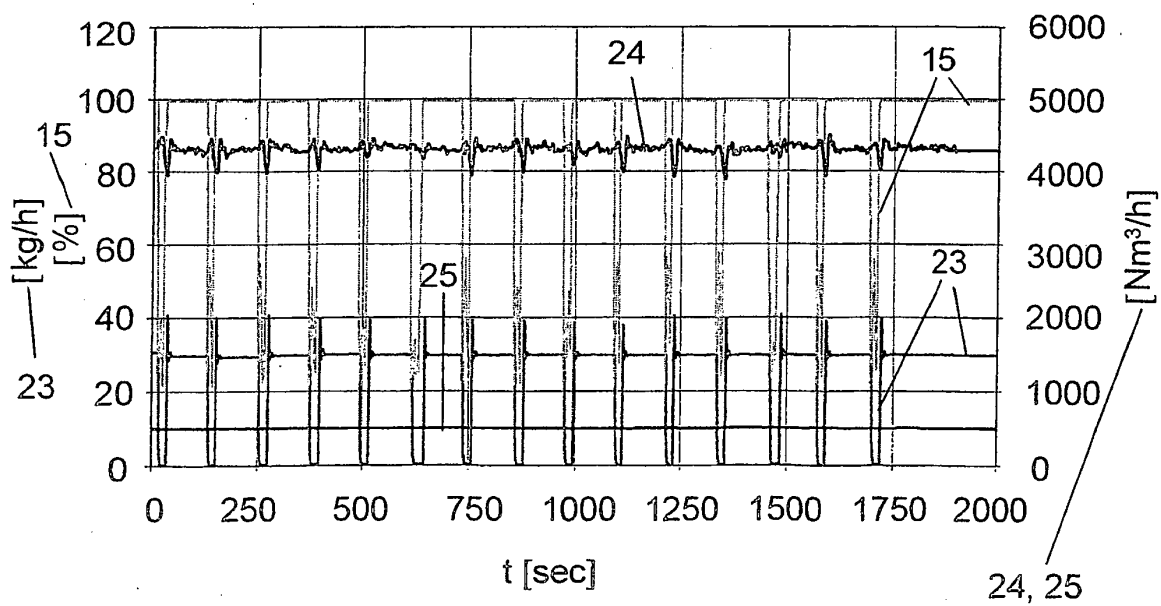


Fig.3d



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

- DE 4224571 A1 **[0002]**
- US 4782766 A **[0002]**
- DE 10055832 A1 **[0011]**
- DE 19746786 C2 **[0012]**
- DE 19650972 C2 **[0013]**