

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 898 688 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
06.09.2000 Patentblatt 2000/36

(51) Int Cl.7: **F23L 7/00**, F23M 9/06,
F23G 5/30

(21) Anmeldenummer: **97923043.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP97/02389

(22) Anmeldetag: **09.05.1997**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 97/44620 (27.11.1997 Gazette 1997/51)

(54) **VERFAHREN ZUR MINIMIERUNG DES NO_x-GEHALTES IN RAUCHGASEN**

PROCESS FOR MINIMISING THE NO_x CONTENT OF FLUE GASES

PROCEDE POUR REDUIRE AU MINIMUM LA TENEUR EN NO_x DES GAZ DE FUMEE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IE IT LI

(30) Priorität: **17.05.1996 DE 19619764**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.1999 Patentblatt 1999/09

(73) Patentinhaber: **InfraServ GmbH & Co. Höchst KG**
65926 Frankfurt am Main (DE)

(72) Erfinder:
• **STAMER, Frank**
D-65817 Eppstein (DE)

• **LUDWIG, Paul**
D-65779 Kelkheim (DE)

• **THEIS, Peter**
D-65439 Flörsheim (DE)

(74) Vertreter: **Ackermann, Joachim, Dr.**
Cohausenstrasse 1
65719 Hofheim/Ts (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 411 133 **EP-A- 0 487 052**
EP-A- 0 541 194 **WO-A-92/13237**
DE-A- 4 016 894

EP 0 898 688 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb von Verbrennungsöfen für Klärschlamm, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein Freiraum ist dabei ein Raum mit stark Verminderter Verbrennung. Er dient der Trennung von Rauchgasen und Staub sowie einer geringfügigen Nachverbrennung von CO und organischem Kohlenstoff und wird auch als Beruhigungsraum bezeichnet.

Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist beispielsweise aus der DE 3703568 A1 bekannt. In dieser Schrift wird ein Verfahren zum Betrieb von Wirbelschichtöfen offenbart, bei dem beispielsweise Klärschlamm in einer Wirbelschicht, die sich in der Brennzzone des Wirbelschichtofens befindet, verbrannt wird. Die Wirbelschicht wird bei diesem Verfahren dadurch erzeugt, daß als Wirbelloft ein Gemisch aus Verbrennungsluft und Rauchgasen verwendet wird, wobei die Rauchgase temperatur- und mengengeregt der Verbrennungsluft zugemischt werden. Mit diesem Verfahren läßt sich die NO_x-Konzentration im Rauchgas reduzieren. Dennoch verbleibt ein Rest an NO_x im Rauchgas und daher ist es im Rahmen des Umweltschutzes, speziell der Luftreinhaltung wünschenswert, die Emissionen an NO_x weiter zu senken.

[0003] Das Dokument EP-A1-0 411 133 offenbart ebenfalls ein Verfahren der eingangs genannten Art, bei dem die Rauchgase über dem Freiraum durch Einblasen von sogenannter Sekundärluft zur Unterstützung der Verbrennung in turbulente Bewegung versetzt werden, wobei jedoch die NO_x - Bildung gefördert wird.

[0004] Das Dokument EP-A2-0 541 194 offenbart ein Verbrennungsverfahren, das ohne Freiraum arbeitet, und bei dem Wasser oder Wasserdampf in die Haupt- und /oder zweite Verbrennungsstufe eingedüst wird, um die Dioxinbildung zu unterdrücken.

[0005] Weiter offenbart das Dokument WO 92/13237 einen Wirbelschichtofen, bei dem unter oder über der Wirbelschicht Verteilerelemente angeordnet sind, um einerseits unter der Wirbelschicht den Brennstoff besser zu verteilen und andererseits über der Wirbelschicht die Turbulenz zu erhöhen, was die Verbrennung optimiert. Eine NO_x-Reduktion wird durch Zugabe von Ammoniak in den Freiraum über der Wirbelschicht erreicht.

[0006] Angesichts des zitierten Standes der Technik lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den NO_x-Gehalt in Rauchgasen weiter zu senken, bzw. alternative Verfahren dazu bereitzustellen.

[0007] Es wurde nun beim Betrieb einer Klärschlamm-Verbrennungsanlage überraschend gefunden, daß sich der NO_x-Gehalt weiter senken läßt ohne daß sich dadurch das Verhalten der Verbrennungsanlage nachteilig ändert, wenn die Rauchgase im Freiraum über der Brennzzone durch Eindüsen von Inertgas in turbulente Bewegung versetzt werden, ohne daß dadurch die Turbulenz in der Brennzzone wesentlich erhöht wird. Dies überrascht um so mehr, als die Rauchgase im Freiraum über der Brennzzone üblicherweise in laminarer Strömung gehalten werden sollen, damit möglichst wenig grobe Staub- oder Rußteilchen aus der Brennzzone mit ausgetragen werden.

[0008] Die vorliegende Aufgabe wird also durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Rauchgase in dem Freiraum durch Eindüsen von Inertgas in eine turbulente Bewegung versetzt werden, ohne daß dadurch die Turbulenz in der Brennzzone wesentlich erhöht wird.

[0009] Gegenstand der Erfindung ist somit ein Verfahren zum Betrieb von Verbrennungsöfen gemäß Anspruch 1.

[0010] Die Verbrennung selbst erfolgt zweistufig wie bei dem Verfahren gemäß DE 3703568. Als Verbrennungsöfen können u.a. Wirbelschichtöfen, die in der Brennzzone eine Wirbelschicht aufweisen, Etagenöfen oder Rostöfen verwendet werden. Das Verfahren eignet sich zur Verbrennung von Klärschlamm, da dieser infolge seines Eiweißgehaltes bei der Verbrennung relativ viel NO_x erwarten läßt. Als Inert- oder Edelgas werden bevorzugt von Wasserdampf oder Stickstoff verwendet. Die Eindüsung erfolgt vorteilhafterweise in den Freiraum über der Brennzzone, und zwar so, daß die Turbulenz in der Brennzzone bzw. Wirbelschicht nicht wesentlich, vorzugsweise nicht erhöht wird. Das Verfahren eignet sich besonders für Verbrennungsöfen mit Brennzonenflächen größer als 5, bevorzugt 40, besonders bevorzugt 100 und ganz besonders bevorzugt 200 m².

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahrens bietet im wesentlichen folgende Vorteile:

[0012] NO_x-Minimierung durch vergleichsweise einfache Maßnahmen. In Kombination mit der zweistufigen Verbrennung entfallen Sekundärmaßnahmen wie beim SNCR- oder SCR-Verfahren (Selective (Non-)Catalytic Reduction). Als Reduktionsmittel wirkt möglicherweise das bei der Verbrennung entstehende CO, weshalb es günstig erscheint, die CO-Bildung in der Wirbelschicht nicht zu vermindern. Beim SNCR- oder SCR-Verfahren wird ein Reduktionsmittel zusätzlich zugegeben.

[0013] Entfall der Nachteile des SNCR- bzw SCR-Verfahrens: u.a. NH₃-Schlupf, Korrosion in der Anlage und Wiederaufheizung der Rauchgase (SCR-Verfahren).

[0014] Reduzierung von Betriebskosten durch Einsparung von Reduktionsmitteln.

[0015] Weitergehende Senkung der NO_x- und org. C-Frachten im Rauchgas. Verbesserung des Ausbrandverhaltens der Flugasche.

[0016] Erhöhung der Konstanz der Verbrennungsbedingungen durch besseres Regelverhalten des Wirbelschichtofens.

[0017] Im Gegensatz zur Dampfdruckzerstäubung (wie z. B. Eindüsung von Heizöl) und bei einigen SNCR-Verfahren,

bei welchen die Eindüsung von Wasserdampf in das Rauchgas lediglich die Funktion der Zerstäubung eines im Rauchgas zu verteilenden Mediums ausübt, wird im erfindungsgemäßen Verfahren der reine Wasserdampf zur Erhöhung der Turbulenz der Rauchgase eingedüst und dadurch auch die Quervermischung der Rauchgase verbessert.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich auch für Verbrennungsöfen mit niedriger Wärmeleistung bis hinab zu 2000, auch 1000 und sogar 500 kJ/(kg Brennstoff).

[0019] Die Wirkung der erfindungsgemäßen Maßnahme erklärt sich vermutlich folgendermaßen.

Der im Klärschlamm enthaltene Stickstoff wird in der Wirbelschicht im wesentlichen zu NH_3 , N_2 und zu einem geringen Anteil zu Brennstoff- NO_x umgewandelt. Der NO_2 -Anteil von Gesamtstickstoff beträgt ca. 5%. Durch Minimierung des O_2 -Angebotes bei der Klärschlammverbrennung wird die Brennstoff NO -Bildung weitgehend unterdrückt, während die CO -Bildung begünstigt wird.

[0020] Im Freiraum über der Wirbelschicht wird das bei der Klärschlammverbrennung gebildete NO_x vermutlich durch Anwesenheit von C , CO und NH_3 unter der katalytischen Wirkung der Asche zu N_2 reduziert. Die Reduktion von NO_x ließe sich demnach durch folgende Maßnahmen verbessern:

- Erhöhung der Konzentration eines Reduktionsmittels im Rauchgas (z. B. Erhöhung der CO -Konzentration),
- Erhöhung der Verweilzeit,
- Verbesserung der Turbulenz und der Reaktionsgeschwindigkeit

[0021] Die Eindüsung von Wasserdampf in den Freiraum über der Wirbelschicht führt vermutlich infolge verbesserter Turbulenz und Quervermischung zu ausgeglichenen Konzentrations- und Temperaturgradienten im Rauchgas. Damit wird die Reduktion von NO_x zu N_2 deutlich verbessert. Ohne die Eindüsung liegen im Freiraum über der Brennzone laminare Strömungsverhältnisse vor, so daß die NO_x -Reduktion unvollständiger abläuft. Würde man in die Wirbelschicht eindüsen und dadurch - oder auch durch andere Maßnahmen - die Turbulenz und Verbrennung in der Wirbelschicht erhöhen, würde in der Wirbelschicht weniger CO entstehen, welches im Freiraum die Reduktion des NO_x unterstützt.

[0022] Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren und der erfindungsgemäße Wirbelschichtofen anhand der Figur 1 in beispielhafter Ausführung näher erläutert. Eine Beschränkung der Erfindung in irgendeiner Weise ist dadurch nicht beabsichtigt.

[0023] In einem zweistufig konzipierten Wirbelschichtofen 1 mit einer Brennzone 2, in der sich die Wirbelschicht 11 befindet, wird industrieller Klärschlamm 3 verbrannt. Die Brennzone 2 mit der Wirbelschicht 11 befindet sich oberhalb eines Anströmbodens 9, durch den Verbrennungsluft 7 über eine nicht gezeichnete Luftverteilereinrichtung in die Wirbelschicht 11 eingeleitet wird. Hierbei erfolgt in einer ersten Verbrennungsstufe die Verbrennung des Klärschlammes 3 in der Wirbelschicht 11 zur Verminderung der Brennstoff- NO_x -Bildung bei O_2 -Gehalten in der Verbrennungsluft 7 (Primärluft) von ca. 1 Vol.-%. Die entstehenden Rauchgase 12 gelangen in einen Freiraum 4 über der Wirbelschicht und werden über diesen Freiraum 4 abgezogen und einer zweiten Verbrennungsstufe zugeleitet. In dieser zweiten Verbrennungsstufe, der Nachreaktionszone 6, wird das durch die reduzierenden Verbrennungsbedingungen entstandene CO durch Einspeisung von Sekundärluft 8 zu CO_2 nachverbrannt (O_2 -Gehalte in der Nachreaktionszone > 6 Vol.-%). Die erfindungsgemäße Eindüsung von Wasserdampf 10 erfolgt über eine oder mehrere Düsen 5 direkt in den Freiraum

4. Die Turbulenz der Wirbelschicht 11 wird durch diese Eindüsung nicht bzw nur wenig beeinflusst.

Die Zugabe des Klärschlammes 3 erfolgt vorzugsweise von oben, aus einer Höhe, die gewährleistet, daß der Klärschlamm 3 während des Herunterfallens durch die heißen Rauchgase 4 in die Wirbelschicht 11 noch getrocknet wird.

[0024] Die vorteilhafte Wirkung belegt der nachfolgend beschriebene Betriebsversuch.

[0025] In einer industriellen Großanlage entsprechend der Figur 1 wurde Klärschlamm unter folgenden Bedingungen verbrannt:

Klärschlamm-Eintragsmenge	ca. 10 t/h (40% Trockensubstanz)
Rauchgasmenge	ca. 45000 Nm^3/h (feucht), ca. 35000 Nm^3/h (trocken)
Wirbelschichttemperatur	750 - 850 °C
Temp. im Freiraum	900 - 1000 °C
Temp. in der Nachreaktionszone	860 - 900 °C
Wirbelgasmenge (Primärluft)	ca. 20000 Nm^3/h
NO_x -Konzentration im Freiraum	ca. 3000 mg/Nm^3
CO -Konzentration	ca. 0,5 Vol.-%
Wassergehalt im Rauchgas	ca. 30 Vol.-%

(fortgesetzt)

Fläche des Anströmbodens	16,6 m ²
Wirbelschichtofen-Durchmesser	5,65 m
Wirbelschichtofen-Höhe	10,6 m

[0026] Im Rahmen eines Betriebsversuches wird in den Freiraum über der Wirbelschicht ca. 500 Nm³/h überhitzter Wasserdampf (4,2 bar_{abs}) eingedüst und die NO_x Konzentration gemessen und aufgezeichnet. Das Ergebnis ist in dem Diagramm der Fig. 2 dargestellt, in dem die NO_x Konzentration vor, während und nach der Dampfeindüsung im Verlauf der Zeit (min) wiedergegeben ist. Kurz nach der Dampfeindüsung fällt die NO_x Konzentration von ca. 220 auf 100 mg/m³, um nach der Abschaltung der Eindüsung wieder auf den ursprünglichen Wert anzusteigen. Mit im Diagramm der Fig. 2 eingezeichnet ist außerdem noch die O₂ Konzentration, die während des Versuches bei ca. 0,5 Vol.-% lag.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb von Verbrennungsöfen (1) für Klärschlamm (3), bei dem in einer ersten Verbrennungsstufe der Klärschlamm (3) in einer Brennzone (2) des Ofens (1) verbrannt wird und die entstehenden Rauchgase (12) über einen Freiraum (4), der sich über der Brennzone (2) befindet, abgezogen und in einer zweiten Verbrennungsstufe nachverbrannt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Rauchgase (12) in dem Freiraum (4) durch Eindüsen eines Inertgases in eine turbulente Bewegung versetzt werden, ohne daß dadurch die Turbulenz in der Brennzone (2) wesentlich erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Wasserdampf oder Stickstoff oder ein Edelgas eingedüst wird.
3. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrennungssofen (1) ein Wirbelschichtofen ist, in dessen Brennzone (2) sich eine Wirbelschicht (11) befindet.

Claims

1. A process for operating combustion furnaces (1) for sewage sludge (3), in which, in a first combustion stage, the sewage sludge (3) is burnt in a combustion zone (2) of the furnace (1) and the resulting flue gases (12) are taken off via a free space (4) which is situated above the combustion zone (2) and are reburnt in a second combustion stage, which comprises setting the flue gases (12) in a turbulent motion in the free space (4) by injecting an inert gas, without, as a result, substantially increasing the turbulence in the combustion zone (2).
2. The process as claimed in claim 1, wherein steam or nitrogen or a noble gas is injected.
3. The process as claimed in one or more of claims 1 and 2, wherein the combustion furnace (1) is a fluidized-bed furnace in whose combustion zone (2) a fluidized bed (11) is situated.

Revendications

1. Procédé pour l'exploitation d'incinérateurs (1) pour des boues de curage (3), selon lequel, dans une première étape de combustion, les boues de curage (3) sont brûlées dans une zone de combustion (2) du four (1) et les gaz de combustion résultants (12) sont extraits au-dessus d'une zone de dégagement (4) qui se trouve au-dessus de la zone de combustion (2) et dans une deuxième étape de combustion sont post-brûlés, caractérisé en ce que les gaz de combustion (12) dans la zone de dégagement (4) sont additionnés en mouvement turbulent par introduction par ajutage d'un gaz inerte sans que pour cela la turbulence dans la zone de combustion (2) soit considérablement augmentée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que de la vapeur d'eau ou de l'azote ou un gaz noble est introduit par ajutage.

EP 0 898 688 B1

3. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que le four de combustion (1) est un four à lit fluidisé dans la zone de combustion (2) duquel se trouve un lit fluidisé (11).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

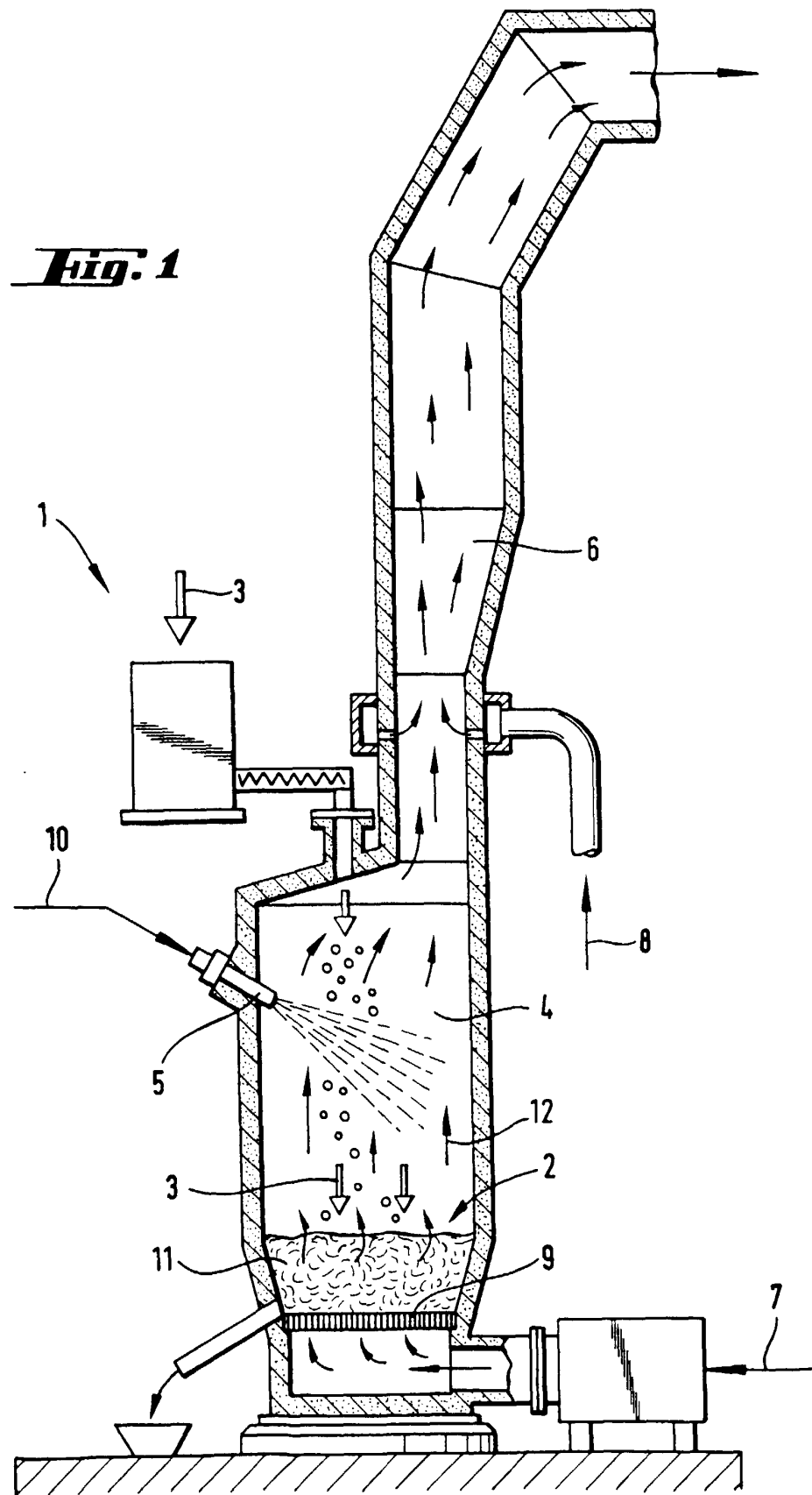


Fig. 2