



(11)

EP 2 273 194 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.01.2011 Patentblatt 2011/02

(51) Int Cl.:
F23J 1/00 ^(2006.01) **F23J 1/08** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10006900.4**

(22) Anmeldetag: **05.07.2010**

(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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(30) Priorität: **11.07.2009 DE 102009032760**

(71) Anmelder: **Karlsruher Institut für Technologie
76131 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:
• **Nolte, Michael
38642 Goslar (DE)**

- **Kolb, Thomas, Prof.Dr.
67480 Edenkoben (DE)**
- **Zimmerlin, Bernd, Dr.
76287 Rheinstetten (DE)**
- **Zeidler, Wolf-Dieter
76275 Ettlingen (DE)**
- **Seifert, Helmut, Prof. Dr.
67069 Ludwigshafen (DE)**

(74) Vertreter: **Gärtner, Stephan
Karlsruher Institut für Technologie
Innovationsmanagement
Postfach 36 40
76021 Karlsruhe (DE)**

(54) **Verbrennungsanlage mit Wärmedämmschicht am Nassentschlacker**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verbrennungsanlage mit Nassentschlacker und ein Verfahren zum Austrag von Verbrennungsrückständen aus Verbrennungsanlagen mit Nassentschlacker, mit welchen die Wärmeverluste im Bereich des Nassentschlackers einer Verbrennungsanlage reduziert werden, um somit die Anlageneffizienz zu erhöhen. Die erfindungsgemäße Verbrennungsanlage mit Nassentschlacker umfasst eine flexible Wärmedämmschicht **(13)**, die eine Vielzahl von Schwimmkörpern **(12)** umfasst. Die Schwimmkörper **(12)** bedecken die Wasseroberfläche des Nassent-

schlackers und grenzen das Wasserbad **(7)** somit gegen den Brennraum **(8)** ab. Die Schwimmkörper **(12)** reflektieren die Wärmestrahlung in den Brennraum **(8)** zurück, sodass die Wärmeverluste minimiert werden. Die Wärmedämmschicht **(13)** verhindert aber nicht den Austrag der Verbrennungsrückstände, wie z.B. Schlacken oder Asche. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsanlage mit Nassentschlacker, insbesondere hinsichtlich des Wärmeaustrags aus dem Brennraum **(8)** in das Wasserbad **(7)**.

EP 2 273 194 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verbrennungsanlage, die einen Nassentschlacker mit einer flexiblen wärmedämmschicht umfasst. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Ressourcen schonenden Betrieb einer Verbrennungsanlage mit Nassentschlacker, insbesondere hinsichtlich des Wärmeaustags vom Brennraum in das Entschlackungsbad.

[0002] Viele Verbrennungsanlagen wie z.B. Drehrohr- oder Rostfeuerungen bestehen in der Regel aus einer zweistufigen Verbrennung. In einer ersten Stufe werden vor allem Feststoffe verbrannt, während in einer zweiten Stufe in der Regel die Nachverbrennung in der Gasphase erfolgt. Die dabei eingesetzten Stoffe werden nicht nur umweltschonend entsorgt, sofern es sich um Rückstände oder Abfälle handelt, sondern vor allem auch energetisch genutzt, d.h. die bei der Verbrennung entstehenden heißen Rauchgase werden in einem Abhitzeessel zur Erzeugung von Prozessdampf genutzt, der anschließend ins Fernwärmenetz eingespeist oder in elektrische Energie (Strom) umgewandelt werden kann.

[0003] Um eine solche Verbrennungsanlage möglichst effizient zu betreiben und damit einen hohen energetischen Wirkungsgrad zu erreichen, müssen Wärmeverluste, vor allem Oberflächenverluste durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung, vor Eintritt in den Abhitzeessel gering gehalten werden. Im Feuerraum einer Verbrennungsanlage wird der Wärmeverlust durch verschiedene Isolationsschichten in der Feuerfestausmauerung gemindert. Je geringer der Wärmeverlust im Bereich der Feuerung ist, desto höher ist anschließend die Energieausbeute in Form von Prozessdampf. Die Prozessdampfmenge ist für Betreiber einer Verbrennungsanlage eine wesentliche Einnahmequelle.

[0004] Der Nassentschlacker, welcher sich üblicherweise zwischen der ersten und zweiten Verbrennungsstufe einer solchen Verbrennungsanlage befindet, ist dabei eine bisher wenig beachtete Wärmeverlustquelle. Über den Nassentschlacker werden die ausgebrannten inerten Reststoffe aus der Feststoffverbrennung (erste Verbrennungsstufe) trocken (Asche) oder schmelzflüssig (Schlacke) ausgelesen.

[0005] Beispielsweise bei Drehrohrfeuerungen erfolgt dieser Austrag in der Regel schmelzflüssig. Dabei fällt bzw. tropft die schmelzflüssige Schlacke aus dem Drehrohrfen über einen Fallschacht in ein Wasserbad, wo die Schlacke bei Eintritt in das Wasserbad schlagartig abgeschreckt wird. Aus dem Wasserbad des Nassentschlackers wird die abgekühlte, erstarrte Schlacke über ein Fördersystem als fester, glasartiger Reststoff in einen Sammelcontainer abgeworfen und anschließend weiteren Behandlungsverfahren zugeführt.

[0006] Der Nassentschlacker bietet nicht nur die Möglichkeit, inerte Feststoffe aus dem Feuerraum auszuscheiden, sondern bildet gleichzeitig auch den Luftabschluss gegen Falschlufteintrag von außen in den Feuerraum. Dieser Luftabschluss gewährleistet einen Be-

trieb der Verbrennungsanlage bei reduziertem Druck.

[0007] Beim Verbrennungsvorgang laufen komplexe physikalische und chemische Prozesse ab. Dabei werden von den Zwischen- und Endprodukten der Verbrennung (z.B. CO_2 , CO , Kohlenwasserstoffe, H_2O , Ruß, Asche, etc.) aufgrund ihres hohen Temperatur- und Energiezustandes elektromagnetische Wellen in Form von Licht emittiert. Das Spektrum der elektromagnetischen Wellen reicht vom kurzwelligen UV- bis in den langwelligen IR-Bereich. Treffen diese elektromagnetischen Wellen auf die Oberfläche von Körpern (z.B. Partikel, Feuerraumwände, Nassentschlackerwasser), so finden an der Oberfläche Absorptions- und Reflexionsvorgänge statt. Wird die Strahlung vom Körper absorbiert, so erhöht sich nach dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz seine Temperatur, was wiederum zu einer erhöhten Emission von Temperatur-/Wärmestrahlung führt.

[0008] Die Emissivität ϵ eines Körpers beschreibt dabei das Verhältnis zwischen der vom Körper absorbierten Strahlung und der auf ihn auftreffenden Strahlung. Je geringer die Emissivität ϵ ist, desto geringer ist auch die Absorption bzw. desto höher ist die Reflexion der auftreffenden Strahlung. Ist die Emissivität $\epsilon = 1$, so liegt ein idealer schwarzer Körper vor, der jede auf ihn auftreffende Strahlung vollständig absorbiert. Die vom Körper absorbierte Strahlung wird in Wärme umgewandelt und anschließend in Form von Wärme-/Temperaturstrahlung wieder gleichmäßig in alle Richtungen der Umgebung abgegeben.

[0009] Heiße Feuerraumwände ($\epsilon = \text{ca. } 0,8$) absorbieren einen Großteil dieser Strahlung, aber reflektieren auch einen nicht unerheblichen Anteil zurück ins Innere des Feuerraumes. Gelangt elektromagnetische Strahlung jedoch an die dunkle Wasseroberfläche eines Nassentschlackers ($\epsilon = \text{ca. } 0,96 - 0,98$), wird nahezu die gesamte auftreffende Strahlung absorbiert. Die Wassertemperatur des Nassentschlackers beginnt zu steigen und die Verdampfung an der Wasseroberfläche wird begünstigt. Die geringe Strahlungsreflexion an der Wasseroberfläche sowie der relativ kalte Wasserdampf, der aus dem Nassentschlacker entweicht und sich in das heiße Verbrennungsgas der Anlage einmischt, führen zu einer unerwünschten Absenkung der Rauchgastemperatur, insbesondere am Übergang vom Drehrohrfen in die Nachbrennkammer. Ein weiterer Nachteil ist in diesem Zusammenhang der Mehrverbrauch an Prozesswasser.

[0010] Vor allem bei Drehrohranlagen mit kleinen Durchmesser-Längen-Verhältnissen, wo aufgrund großer Oberflächen (im Verhältnis zum Volumen) bereits höhere Wärmeverluste vorliegen, oder bei Betriebsfahrten mit großen Lastschwankungen kann eine solche Temperaturabsenkung am Übergang vom Drehrohrfen in die Nachbrennkammer zu einer schnellen und unerwünschten Abkühlung der schmelzflüssigen Schlacke nahe des Drehrohraustrages führen. Die schmelzflüssige Schlacke beginnt bereits am Drehrohraustrag zu erstarren. Ein kontinuierlicher Schlackeaustrag kann erschwert werden, wenn durch das Abkühlen der Schlacke

am Drehrohraustrag sog. Schlackenasen entstehen, die langsam aus dem Drehrohrfen heraus wachsen. Werden diese Schlackenasen zu groß, brechen sie aufgrund ihrer Schwerkraft ab und fallen als heiße Brocken in den Nassentschlacker. Brechen dabei größere Schlackebrocken unkontrolliert ab, so können der Nassentschlacker sowie weitere Anlagenkomponenten, infolge heftiger Druckstöße, beschädigt werden. Diese Schädigungen können im Extremfall sogar ein sofortiges Abfahren der gesamten Verbrennungsanlage erforderlich machen und dabei hohe Reparaturkosten verursachen.

[0011] Erstarrt die Schlacke am Drehrohraustrag aufgrund eines sehr großen Temperaturgefälles zu schnell, so kommt es bereits im Inneren des Drehrohres zu einer Erstarrung. Durch Aufstauen von Schlacke nahe des Drehrohraustrages wächst der Drehrohrfen langsam zu. Der lichte Durchmesser am Drehrohraustrag schrumpft, bis kein geregelter Anlagenbetrieb mehr möglich ist. Dann muss ebenfalls die gesamte Anlage umgehend abgefahren und die Schlacke anschließend mechanisch abgebaut werden. Die Problematik des Schlackeausstrages aus dem Drehrohrfen hingegen werden seitens der Anlagenbetreiber unterschiedliche Verfahren angewandt.

[0012] Eine Möglichkeit zur Erleichterung des Schlackeausstrages bietet der Einsatz von so genannten Schlackeabstreifern. Mit Hilfe dieser fest installierten Schlackeabstreifer wird die Bildung von größeren Schlackenasen vermieden, da die aus der Brennkammer herauswachsende Schlacke an den Schlackeabstreifern abstreift und nach unten in den Nassentschlacker fällt. Somit kann durch den Einsatz von Schlackeabstreifern eine Zusatzbelastung des Nassentschlackers sowie der gesamten Verbrennungsanlage vermieden werden. Die mechanische und thermische Beanspruchung dieser Abstreifer ist erheblich. Anstelle von Schlackeabstreifern können auch zusätzliche Abschmelzbrenner nahe des Schlackeausstrages installiert werden. Durch den dauerhaften oder auch nur kurzzeitigen Einsatz von solchen Brennern kann die Temperatur (insbesondere die Schlacketemperatur) am Übergang vom Drehrohrfen in die Nachbrennkammer deutlich angehoben werden. Der Schlackeausstrag wird erleichtert, da höhere Temperaturen zu einer deutlich flüssigeren Schlacke mit niedriger Viskosität führen, welche langsamer abgekühlt und dadurch leichter aus dem Drehrohrfen ausgetragen werden kann. Die Bildung von größeren Schlackenasen oder gar das Zuwachsen des Drehrohrfens mit Schlacke kann mit Hilfe von Abschmelzbrennern vermieden werden. Nachteil hierbei ist der konstruktionsbedingte Aufwand und der Mehrverbrauch an Brennstoff, der die Betriebskosten erhöht.

[0013] Zentrale Problemzone für den Verlust an Strahlungswärme ist der direkte Kontakt der Wasseroberfläche des Nassentschlackers mit dem Brennraum. Aus dem Stand der Technik sind keine Lösungen zur Reduzierung der Wärmeverluste am Nassentschlacker bekannt.

[0014] Ausgehend hiervon ist es die Aufgabe der Erfindung, eine Verbrennungsanlage mit Nassentschlacker und ein Verfahren zum Austrag von Verbrennungsrückständen bereitzustellen, welche die Nachteile des Standes der Technik reduzieren.

[0015] Insbesondere sollen hiermit die Wärmeverluste am Nassentschlacker einer Verbrennungsanlage reduziert werden, um somit die Anlageneffizienz zu erhöhen. Darüber hinaus soll bei der Verwendung von Drehrohranlagen durch die thermische Optimierung am Nassentschlacker der Schlackeausstrag verbessert werden. Ein weiteres Ziel der Erfindung liegt darin, die Verdunstung von Wasser am Nassentschlacker zu reduzieren. Gleichzeitig sollte aber der Eintrag von Verbrennungsrückständen in Form von fester oder flüssiger Schlacke bzw. Asche aus der Brennkammer in das Wasserbad des Nassentschlackers nicht beeinträchtigt werden.

[0016] Des Weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren vorzuschlagen, mit welchem eine Verbrennungsanlage mit Nassentschlacker Ressourcen schonender betrieben werden kann als im Stand der Technik bekannt.

[0017] Die Aufgabe wird durch eine Verbrennungsanlage mit Nassentschlacker gemäß den Merkmalen aus dem Anspruch 1 sowie einem Verfahren zum Austrag von Verbrennungsrückständen nach Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden in den Unteransprüchen wiedergegeben.

[0018] Eine Lösung, um den Verlust an Strahlungswärme aus dem Brennraum einer Verbrennungsanlage in den Nassentschlacker zu verhindern, ist eine Abdeckung der Wasseroberfläche des Nassentschlackers mit einer flexiblen Wärmedämmschicht. Diese Wärmedämmschicht umfasst eine Vielzahl von Schwimmkörpern, welche die Wasseroberfläche zum Brennraum hin abtrennen, sodass die Strahlungswärme zum überwiegenden Teil auf die Schwimmkörper trifft und nicht auf die Wasseroberfläche.

[0019] Die Schwimmkörper sind gegeneinander beweglich. Beweglich bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich die Schwimmkörper auf der Wasseroberfläche horizontal bewegen können, damit eine Lücke entsteht, um herunterfallende Verbrennungsrückstände passieren zu lassen. Des Weiteren können sich die Schwimmkörper vertikal bewegen, was insbesondere eine Verschiebung einzelner Schwimmkörper zwischen mehreren Schichten ermöglicht.

[0020] In einer bevorzugten Ausführung weisen die Schwimmkörper mindestens einen rotatorischen Freiheitsgrad auf. Rotatorische Freiheitsgrade sind Bewegungen um eine der drei Rotationsachsen des Schwimmkörpers, wobei der Schwerpunkt des Körpers nicht verschoben wird. Fallen Verbrennungsrückstände aus dem Brennraum auf die Schwimmkörper mit einem rotatorischen Freiheitsgrad, so findet eine kurzzeitige Auslenkung des Schwerpunkts statt worauf die Schwimmkörper mit einer Drehbewegung reagieren, die die Verbrennungsrückstände in Richtung des Wasserbads weiter-

bewegen. Die Rotationsbewegungen sind in diesem Zusammenhang nicht beschränkt auf Vollrotationen, auch Kippbewegungen, bei welchen der Körper nach der Drehbewegung wieder in die Ausgangsstellung zurückrotiert, sind inbegriffen. Folglich ist in einer besonders bevorzugten Ausführung mindestens eine Drehachse der Schwimmkörper nicht parallel zur Achse des Gravitationsfelds. Die Drehachse ist bevorzugt in einem Winkel zur Wasseroberfläche, der zwischen 0° und 89°, besonders bevorzugt zwischen 0° und 45° ausgerichtet.

[0021] Durch diese Merkmale funktionieren die Schwimmkörper als flexible Barriere, damit die Verbrennungsrückstände aus dem Brennraum durch die aus Schwimmkörpern bestehende Wärmedämmschicht hindurch in das Wasserbad gelangen können. Die Schwimmkörper organisieren sich aufgrund ihrer Schwimmfähigkeit, ihres Gewichts sowie der Wasserbewegung beim Eindringen von Schlackeanteilen selbstständig zu einer weitgehend geschlossenen Schicht.

[0022] In einer bevorzugten Ausführung sind die Schwimmkörper aus einem Material gefertigt, welches eine Emissivität ϵ aufweist, die kleiner als die des Wassers ist, also zwischen 0 und 0,96, besonders bevorzugt zwischen 0,01 und 0,2 (Werte für polierte Metalloberflächen oder metallbedampfte Oberflächen). Somit kann gewährleistet werden, dass ein erheblicher Teil der Wärmestrahlung zurück in den Brennraum reflektiert wird.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausführung sollten die Schwimmkörper aus Materialien gefertigt sein, die im Idealfall einen wartungsfreien Dauerbetrieb ermöglichen. Dementsprechend sind temperaturbeständige, vorzugsweise feuerfeste Materialien erforderlich, da im Brennraum hohe Temperaturen herrschen. Je nach Anlagenkonzept, Brennstoff und Höhe des Fallschachts sind über der Wasseroberfläche eines konventionellen Nassentschlackers ohne Abdeckung Temperaturen von ca. 150°C - 200°C zu erwarten. Hinzu kommt, dass die herunterfallende Schlacke in noch heißerem Zustand auf die Schwimmkörper auftrifft. Dementsprechend sind für die Schwimmkörperoberfläche temperaturbeständige oder feuerfeste Materialien erforderlich, die eine Hitzebeständigkeit bei Temperaturen von mindestens 200°C aufweisen.

[0024] Ein weiterer Aspekt ist die mechanische Beanspruchbarkeit der Schwimmkörper, da die herab fallenden Verbrennungsrückstände die Schwimmkörper beschädigen könnten. Bevorzugte Materialien sind in diesem Zusammenhang metallische Materialien, insbesondere Edelmetalle, da diese neben der mechanischen Formstabilität auch ein hohes Maß an Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Ferner haben Metalloberflächen eine niedrige Emissivität, z.B. hat poliertes Eisen eine Emissivität ϵ zwischen 0,04 und 0,19. Vorzugsweise sind auch Stahllegierungen mit Chrom, Nickel, Molybdän, Titan oder Vanadium geeignet.

[0025] Ein weiteres bevorzugtes Material für die Schwimmkörper stellen keramische Materialien dar. Keramiken zeichnen sich ebenfalls durch einen hohen

Formstabilität und mechanische Beanspruchbarkeit aus. Insbesondere werden technische Keramiken oder Ingenieurskeramiken verwendet. In diesem Zusammenhang können sog. Nichtoxidkeramiken (beispielsweise Nitride, Carbide oder Boride) verwendet werden, die durch eine meist graue bis dunkelgraue Färbung gekennzeichnet sind, vorzugsweise können aber die weiß bis gelblich gefärbten und daher eine bevorzugt geringere Emissivität aufweisenden Oxidkeramiken (beispielsweise Aluminiumoxid, Titandioxid, Zirkoniumdioxid) verwendet werden.

[0026] Als weitere bevorzugte Materialien für die Schwimmkörper können temperaturbeständige Kunststoffe zum Einsatz kommen. Besonders bevorzugt werden hierbei polyfluorierte Kunststoffmaterialien wie Polytetrafluorethen (Teflon®) oder polyfluorierter Kautschuk (Viton®) eingesetzt. Temperaturbeständigkeit bedeutet in diesem Zusammenhang eine Hitzebeständigkeit bei Temperaturen von mindestens 200°C. Die Hitzebeständigkeit liegen lt. Hersteller von Viton® bei 200°C und die von Teflon® bei 260°C.

[0027] Aufgrund ihrer hohen spezifischen Dichte sind Metalle, Keramiken oder Kunststoffe meist nicht schwimmfähig und sollten vorzugsweise als Hohlkörper gefertigt sein. Alternativ können die Schwimmkörper aus porösem Material gefertigt sein, wobei die Poren vorzugsweise geschlossen sind.

[0028] Besonders bevorzugt sind Schwimmkörper, deren Oberfläche eine reflektierende Beschichtung aufweist, die dem Körper eine besonders geringe Emissivität verleiht. Ebenso ist durch eine Beschichtung eine offene Porosität verschleißbar. Vorzugsweise ist die Oberfläche zusätzlich geglättet oder poliert.

[0029] In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführung sind die Schwimmkörper kugelförmig.

[0030] In einer besonderen Hinsicht betrifft die Erfindung die Verwendung einer Wärmedämmschicht für Nassentschlacker in Verbrennungsanlagen, umfassend eine Vielzahl von gegeneinander beweglicher und bevorzugt um mindestens eine Drehachse rotierfähiger Schwimmkörper.

[0031] Die erfindungsgemäße Wärmedämmschicht ist aufgrund ihres Aufbaus mit einer Vielzahl von Schwimmkörpern flexibel in unterschiedlichen Verbrennungsanlagen mit Nassentschlacker verwendbar. Bestehende Verbrennungsanlagen können auch einfach ohne bauliche Zusatzmaßnahmen am Nassentschlacker nachgerüstet werden.

[0032] Bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Wärmedämmschicht in Verbrennungsanlagen wird die Betriebstemperatur im Brennraum erhöht und der Wärmeverlust am Nassentschlacker erniedrigt. Dies macht folglich einen zusätzlichen Energieeintrag zur Kompensierung von Wärmeverlusten und/oder zur Verflüssigung von Schlackebestandteilen überflüssig. Insbesondere bei Verbrennungsanlagen mit Drehrohrfeuerung wird der Austrag der Schlacke aus dem Verbrennungssystem vereinfacht, da die Schlacke am Brennkammerauslauf

nicht erstarrt.

[0033] Optional können mehrere Schichten von Schwimmkörpern verwendet werden, damit die Wasseroberfläche maximal abgedeckt wird. Hierzu können gegebenenfalls Schwimmkörper unterschiedlicher Größe verwendet werden.

[0034] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Aufbaus der Verbrennungsanlage ist die stark verringerte Evaporation des Wassers im Nassentschlacker. Im normalen Betrieb einer konventionellen Verbrennungsanlage ohne Wärmedämmschicht wird das Wasserbad auf etwa 30°C bis 80°C aufgeheizt, was einen erheblichen Wärmeverlust darstellt. Außerdem findet bei dieser Temperatur eine erhebliche Verdunstung statt. Die auf die Wasseroberfläche auftreffende Strahlungswärme beschleunigt den Verdunstungsprozess. Die Verdunstung von Wasser ist ein endothermer Prozess; die hierfür notwendige Verdampfungsenthalpie geht dem System verloren und ist eine weitere Energieverlustquelle in verbrennungsanlagen. Die Schwimmkörper der Dämmschicht reduzieren die Kontaktfläche zwischen Wasserbad und Gasraum (Brennraum). Somit wird zusätzlich die Verdunstung von Wasser aus dem Nassentschlacker in den Brennraum verringert. Ein reduzierter Verbrauch an Prozesswasser ist ein weiterer Vorteil der Erfindung.

[0035] Erfindungsgemäß werden die Verbrennungsrückstände aus Verbrennungsanlagen mit Nassentschlacker nach folgendem Verfahren ausgetragen: Zunächst wird eine Verbrennungsanlage bereitgestellt mit einer als Wasserbad dienenden Wanne für eine Aufnahme von Verbrennungsrückständen (Nassentschlacker), umfassend eine schwimmfähigen Wärmedämmschicht, die eine Vielzahl von gegeneinander beweglicher Schwimmkörpern umfasst. Anschließend werden im Verbrennungsraum die festen Brennstoffe wie z.B. Produktionsrückstände aus der Industrie, Hausmüll, Ersatzbrennstoffe, Kohle oder Biomasse verbrannt. Dies kann sowohl über eine Rost- oder eine Drehrohrfeuerung aber auch in Kohle-Verbrennungskesseln geschehen. Die hierbei entstehenden Verbrennungsrückstände (Schlacken, Asche) werden im folgenden Verfahrensschritt am Ende des Drehrohres oder des Rostes bzw. im unteren Teil des Kohle-Verbrennungskessels durch einen Fallschacht in das Wasserbad des Nassentschlackers ausgetragen, wobei die Verbrennungsrückstände vor dem Eintritt in das Wasserbad die Wärmedämmschicht durchdringen.

[0036] Da dieses Wasserbad erfindungsgemäß mit einer Wärmedämmschicht aus Schwimmkörpern bedeckt ist, fallen die Rückstände zunächst auf die Schwimmkörper, die jedoch aufgrund ihrer Bewegungsfreiheitsgrade keine Barriere darstellen, sondern die Rückstände in das Wasserbad passieren lassen. Hierbei können sich die Schwimmkörper entweder horizontal bzw. vertikal verschieben, um eine Lücke auszubilden.

[0037] Vorzugsweise besitzen die Schwimmkörper mindestens eine Drehachse, um welche sie rotieren können.

Die Rotationsbewegung kommt beim Austrag der Verbrennungsrückstände dadurch zustande, dass durch die auftreffenden Feststoffe der Schwerpunkt der Schwimmkörper derart verändert wird, dass im Gravitationsfeld eine Rotations- oder Kippbewegung die Folge ist, welche die Verbrennungsrückstände in das Wasserbad befördert. Dies gilt insbesondere für kugelförmige Schwimmkörper.

[0038] Nachdem die Verbrennungsrückstände die Wärmedämmschicht passiert haben, organisieren sich die Schwimmkörper spontan zu einer geschlossenen Schicht. Werden bei längerem Betrieb der Wärmedämmschicht einzelne Schwimmkörper beschädigt oder unbrauchbar gemacht, oder kommt es zu einem Verlust von Schwimmkörpern beim Abtransport der Verbrennungsrückstände aus dem Nassentschlacker, können neue Schwimmkörper einfach auf die Wasseroberfläche des Nassentschlackers aufgetragen werden.

[0039] Die Erfindung wird im Folgenden mit Ausführungsbeispielen und folgenden Figuren erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Verbrennungsanlage mit Drehrohr und Nassentschlacker aus dem Stand der Technik.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Nassentschlacker-Teststandes im Technikumsmaßstab.

Fig. 3 zeigt einen grafischen Verlauf der Temperatur im Nassentschlacker-Teststand gem. **Fig. 2** als Funktion der Höhe über der Wasseroberfläche.

[0040] In **Fig. 1** ist beispielhaft der Aufbau einer konventionellen Verbrennungsanlage mit erster Verbrennungsstufe **1** und zweiter Verbrennungsstufe **2** im Querschnitt dargestellt. Über eine Schurre **3** werden feste Gebinde in den Brennraum der ersten Verbrennungsstufe **1** gegeben, wo sie verbrannt werden. Die Schlacken **4** fallen am Ende der Verbrennung durch einen Fallschacht **5** in das Wasserbad **7** des Nassentschlackers **6**. Die aus der ersten Verbrennungsstufe **1** entweichenden heißen Rauchgase gelangen in den Gasraum **8** der zweiten Verbrennungsstufe **2**. In der zweiten Verbrennungsstufe **2** (Nachbrennkammer) erfolgt der Gasphasenausbrand der teilweise nur unzureichend ausgebrannten Rauchgase mit Hilfe von Nachbrennkammerbrennern. Folglich herrscht in diesem Gasraum **8** eine erhebliche Wärmestrahlung, welche bis zum Wasserbad **7** des Nassentschlackers **6** ausstrahlt. Die auf das Wasserbad **7** auftreffende Strahlung wird größtenteils absorbiert.

[0041] Der in **Fig. 2** dargestellte Nassentschlacker-Teststand im Technikumsmaßstab wurde entwickelt, um die grundlegenden Vorgänge an einem Nassentschlacker **6** einer Verbrennungsanlage zu simulieren. Dieser Teststand besteht im Wesentlichen aus den Einzelkomponenten Strahlungsquelle **9**, Wasserbad **7** und Gasraum **8** mit Außenisolierung **11**. Die Strahlungsquelle **9** bestand aus 4 x 100 W Lichtstrahlern, die Außenisoli-

weisen.

4. Verbrennungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Schwimmkörper **(12)** aus feuerfestem Material bestehen.
5. Verbrennungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Schwimmkörper **(12)** Hohlkörper sind.
6. Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Schwimmkörper **(12)** aus porösem Material bestehen.
7. Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Schwimmkörper **(12)** aus Metall sind.
8. Verbrennungsanlage nach Anspruch 7, wobei die Schwimmkörper **(12)** aus Edelstahl sind.
9. Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Schwimmkörper **(12)** aus Keramik sind.
10. Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Schwimmkörper **(12)** aus temperaturbeständigem Kunststoff sind.
11. Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Schwimmkörper **(12)** aus Glas sind.
12. Verbrennungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Schwimmkörper **(12)** außen eine reflektierende Beschichtung aufweisen.
13. Verbrennungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Schwimmkörper **(12)** kugelförmig sind.
14. Verfahren zum Austrag von Verbrennungsrückständen aus Verbrennungsanlagen in einen Nassentschlacker **(6)**, umfassend folgende Verfahrensschritte:
 - a) Bereitstellen einer Verbrennungsanlage mit einer als Wasserbad **(7)** mit einer Wasseroberfläche dienenden Wanne für eine Aufnahme von Verbrennungsrückständen mit einer auf der Wasseroberfläche schwimmfähigen Wärmedämmschicht **(13)**, die eine Vielzahl von gegeneinander beweglichen Schwimmkörpern **(12)** umfasst,
 - b) Verbrennen der Feststoffe,
 - c) Austragen der Verbrennungsrückstände in den Nassentschlacker **(6)**,

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Schwimmkörper **(12)** um mindestens eine Drehachse rotierfähig sind.

- 5 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei die Schwimmkörper **(12)** nach der Durchdringung durch die Verbrennungsrückstände sich wieder zu einer geschlossenen Wärmedämmschicht **(13)** formieren.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

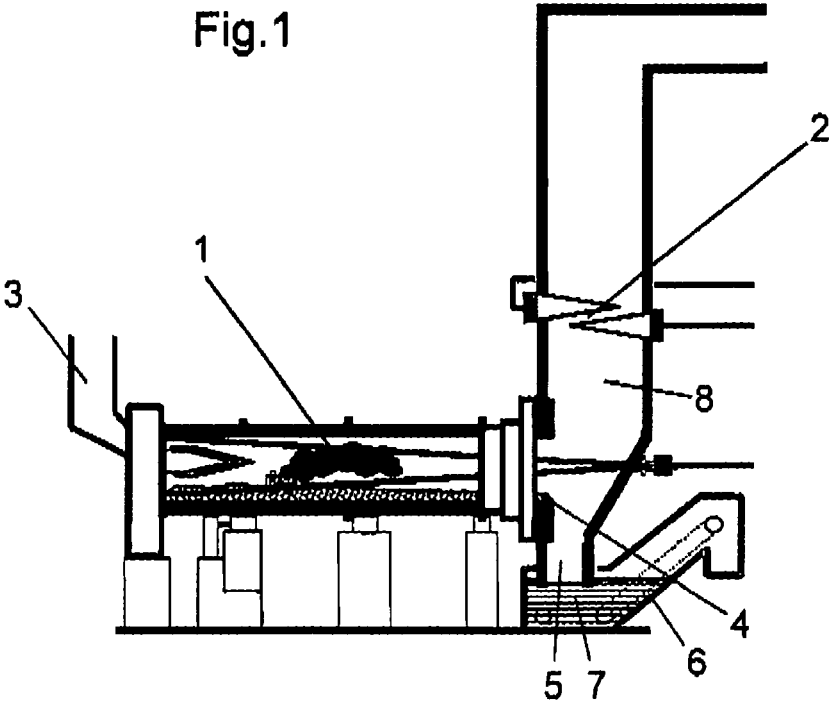


Fig. 2

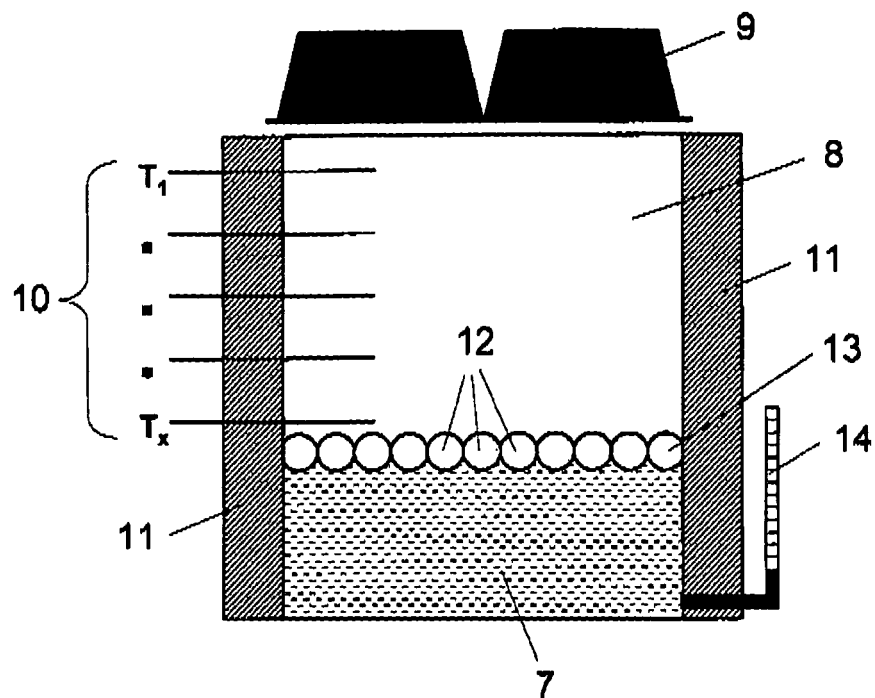


Fig. 3

