



⑤<sup>1</sup> Int. Cl.<sup>5</sup>: F23G 5/00

72 Erfinder : Jetter, Fritz, Dipl.-Ing.  
Anton Kriegergasse 53-57  
A-1238 Wien (AT)

The diagram illustrates a control system for a steam turbine engine. The components and their interconnections are as follows:

- SA (Steam Admission Valve):** Receives **RM** (Reference Manoeuvring) input and provides output to **PA**.
- PA (Pressure Amplifier):** Receives input from **SA** and **PG** (from **GM**). It outputs to **PK** and **BR**.
- PK (Pressure Controller):** Receives input from **PA** and **AF**. It outputs to **BR** and **AF**.
- AF (Automatic Feedback):** Receives input from **PK** and **BR**. It outputs to **PK** and **BR**.
- BR (Boiler Regulator):** Receives input from **PA**, **PK**, and **AF**. It outputs to **IM** (Intermediate Manoeuvring) and **NB**.
- NB (Nozzle Bank):** Receives input from **BR** and **F**. It outputs to **F**.
- F (Fuel Valve):** Receives input from **NB** and **BR**. It outputs to the turbine.
- GM (Governor Manoeuvring):** Provides input to **PG**.
- PG (Pressure Governor):** Receives input from **GM** and **PA**. It outputs to **PA** and **BR**.
- AL (Automatic Load):** Provides input to **S**.
- S (Steam Supply):** Receives input from **AL** and **BR**. It outputs to **SA**.
- IM (Intermediate Manoeuvring):** Receives input from **BR** and **AF**.
- D (Disturbance):** Provides input to **AL**.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verwertung von Pyrolyse-Reststoff und Pyrolysegas, die aus einer aus nichtverwertbarem Restmüll aussortierten und mechanisch aufbereiteten Müll - Leichtfraktion durch Pyrolyse gewonnen werden.

Derartige Verfahren sind aus der DE-OS 37 27 004 bekannt. So wird der Kohlenstoffgehalt des Pyrolysekokes erhöht, womit er eine Aktivkohlestruktur mit chemisorbierenden Eigenschaften erhält. Dadurch kann er als Filter verwendet werden, wird verschmutzt und muß anschließend entsorgt werden. Als weitere Möglichkeit wird u.a. beschrieben, Pyrolysereststoff zur energetischen Versorgung in Kalkbrandöfen zu verwenden. Dadurch ist eine Kalzinierung bzw. Keramisierung der inerten Stoffanteile beabsichtigt. Es ist jedoch immer eine bestimmte Zusammensetzung des Pyrolyse-Reststoffes erforderlich, um die gewünschten Entsorgungseffekte zu erzielen.

Aus der DE-OS 35 20 819 ist ein Verfahren zur thermischen Behandlung von mit Schadstoffen belasteten Materialien bekannt die erhitzt werden und die entstehende Abluft einer thermischen Nachverbrennung unterzogen wird. Mit Hilfe eines Drehrohrofens können auch stark verschmutzte Abfälle verarbeitet werden. Thermisch gereinigter Boden kann anstelle von ausgehobenen Bodenmaterial wieder eingebaut werden. Als Brennstoff für den Drehrohrofen wird Öl oder Gas verwendet.

In der US 4,017,273 wird die Verbesserung eines Pyrolyse- und Verbrennungsprozesses beschrieben. Der Sauerstoffgehalt des zugeführten Brenngases soll dadurch reduziert werden können, daß Pyrolysekoks aus dem Ofen entnommen wird. Dieser muß dann zusätzlich entsorgt werden. Eine andere Weiterentwicklung des Pyrolyse- und Verbrennungsverfahrens ist in der US 4,042,345 beschrieben. Es soll die Bildung von Abgaskanälen bei Befüllung des Ofens mit geschredderten Müll verhindert werden. Grundsätzlich wird bei den beiden Müllverbrennungsverfahren jedoch hauptsächlich ein Synthesegas als Rohstoff für die chemische Industrie erzeugt. Für dessen Qualität ist der Sauerstoffanteil des Brenngases von großer Bedeutung. Die kombinierte Pyrolyse und Verbrennung von Abfall in einem einzigen Ofen ist schwer beherrschbar, wie die beiden Verbesserungsversuche zeigen.

Die Erfindung hat die Aufgabe, Abfälle auch bei wechselnder Zusammensetzung sicher zu entsorgen.

Dies wird dadurch erreicht, daß der Pyrolyse-Reststoff als Pyrolysekoks in einem Ofen durch Erhitzen auf hohe Temperatur in inertes Material umgewandelt, das Pyrolysegas zur Befeuerung des Ofens verwendet und die Abluft nachverbrannt wird.

Dadurch kann auch als Filter wiederverschmutzter Pyrolysekoks umweltfreundlich entsorgt werden. Das bei der Pyrolyse gewonnene Pyrolysegas wird direkt zur Umwandlung von Pyrolysekoks in inertes Material verwendet. Damit wird die Verwendung zusätzlicher Energieträger, wie Öl oder Gas, überflüssig oder zumindest sehr stark beschränkt. Pyrolysekoks trägt gleichfalls zur Beheizung bei, da er oftmals etwa 36 % Kohlenstoffanteil hat. Das Pyrolysegas wird nach der Befeuerung des Ofens mit der Abluft nachverbrannt und gereinigt, womit alle schädlichen Emissionen auf ein Minimum reduziert werden. Im Gegensatz zur Kalzinierung gewährleistet das Erhitzen des Pyrolysekoks in einem Ofen die zuverlässige Inertisierung.

Vorteilhafterweise wird das erfindungsgemäße Verfahren mit einer Deponiesanierung gekoppelt, wobei ein Altlastteil mit stückigem organischem Material der Aussortierung des Restmülls beigemischt wird. Somit kann die für die Sanierung der Altlast erforderliche Energie aus der Zerlegung des Restmülls in Pyrolysegas und Pyrolysekoks gewonnen werden. Gerade diese Altlasten aus alten Industriestandorten, Rangierhöfen, Tanklagern, Schrottplätzen und kontaminierten Böden weisen zahlreiche Stoffe mit hohem Heizwert auf.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können wesentlich stärker verschmutzte Abfälle verarbeitet werden und mit einem höheren Anteil von Kunststoffen und Gummi wird die Pyrolysegas-Ausbeute erhöht. Dieses Gas wird nunmehr einer sinnvollen Verwertung, wie beispielsweise den Sanieren einer Altlast zugeführt. Ein hoher Kohlenstoffanteil, wie er durch Kunststoffe, Gummi und Öle entsteht, wirkt sich beim Erhitzen im Ofen verbrennungsfördernd aus. Dadurch werden gerade die problematischen Müllinhaltsstoffe zum Sanieren der Umwelt herangezogen. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt eine wesentlich bessere Wärmenutzung bei der thermischen Zerlegung von Kohlenwasserstoffen. Mit der Pyrolyse erfolgt eine kontrollierte Wärmenutzung durch bessere Zerlegung unter Sauerstoffabschluß, der stark belastete Pyrolyse-Reststoff wird als Pyrolysekoks an Ort und Stelle im Ofen weitergenutzt. Andernfalls müßte er aufgrund seiner starken Verunreinigung in gesicherten Deponien unter Grundwasserabschluß gelagert werden, wobei auch viel Methan ungenutzt entweicht, das die Ozonschicht schädigt und den Treibhauseffekt verstärkt.

Zur Durchführung des Verfahrens ist es vorteilhaft, daß eine Sortieranlage vor einer Pyrolyseanlage angeordnet ist, daß eine Leitung für Pyrolysegas von der Pyrolyseanlage zu einem Ofen mit Brenner und Nachbrenner führt, daß der Pyrolysekoks dem Brenner direkt bzw. nach Verwendung in einer Adsorptionsfilteranlage zugeleitet ist und eine Siebeinrichtung für Altlastteile vorhanden ist.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels und einer Figur näher erläutert. Die Fig. zeigt das schematische Blockschaltbild einer Entsorgungsanlage.

Zur Lösung des Müllproblems gibt es verschiedene Ansätze. So wird durch die getrennte Sammlung von

Papier, Glas, Metallen, Kunststoffteilen in Reinsammlung und bioabfällen eine Wiederverwertung bzw. Kompostierung und eine Reduzierung des Abfalls um mehr als 60 % erreicht. Weitere 15 % Gewichtsreduktion wird durch die Erfassung von Sperrmüll und Bauschutt erzielt. Wie in der Fig. dargestellt, wird der verbleibende Restmüll RM oder unsortierter Müll einer Entsorgungsanlage zugeführt. Über eine Sortieranlage SA werden energetisch nutzbare Bestandteile des Restmülls RM in eine Pyrolyseanlage PA eingebracht. Hier erfolgt die Aufspaltung des Eintragsmaterials in die nutzbaren Energieformen Pyrolysegas PG und Pyrolysekoks PK. Ein nachfolgender Ofen mit Brenner BR und Nachbrenner NB wandelt unter Ausnutzung dieser Energie gefährliche Altlastteile AL von Deponien D, kontaminierte Klärschlämme und sonstige schadstoffbelastete Reste in ein wiederverwertbares, mineralisiertes Endprodukt von inertem Material IM um.

Die Pyrolyseanlage PA wird auch selbst durch Pyrolysegas PG beheizt. Weiteres Pyrolysegas PG kann auch über einen Gasmotor GM zur Stromerzeugung herangezogen werden. Zur Sicherheit ist eine Notfackel NF vorhanden.

Der Altlastteil AL wird vor der Entsorgung einer Siebeinrichtung S zugeführt. Er kann cyanid-verunreinigten Boden, PCB-verunreinigtes Material, Galvanikschlämme, Gerbereischlämme, ölverunreinigte Böden und mit tierischen Fetten verunreinigte Deponiekörper enthalten. Der Altlastteil AL mit Plastik, Gummi, Leder und organischem Material wird der Sortieranlage SA zugeführt. Öl- und Cyanidverunreinigungen, sowie anorganische Stoffe kommen direkt in den Brenner BR. Der Sortieranlage kann auch Shredder-Leichtmüll, u.a. aus Gummireifen, bzw. auch Autoshreder zugeführt werden. Vor allem verschwelbares Material mit langkettigen Kohlenwasserstoffen eignet sich zur Zerlegung in Pyrolyseanlagen PA unter Sauerstoffabschluß. Nach der Sortieranlage SA wird für die Pyrolyse ungeeignetes Material direkt dem Brenner BR zugeführt.

Der in der Pyrolyseanlage PA entstandene Pyrolysekoks PK wird entweder direkt mit anderen Altlastteilen AL und Filtrerrückständen über einen Kastenbeschicker in Brennerden bR geladen oder aber als Filter in einer Adsorptionsfilteranlage AF zur Reinigung verschmutzter Wässer verwendet und anschließend dem Brenner BR zugeführt. Der Brenner BR besteht aus einer Trockentrommel und einem Drehrohrofen. Nichtflüchtige Schwermetallanteile werden im bodenmaterial immobilisiert. Das staub- und schadstoffbelastete Abgas wird über Multizyklone mit nachgeschaltetem Schlauchfilter geführt. Die Schwermetalle legen sich an die Staubteilchen an und werden mit diesen abgeschieden. Der Staub wird mit Wasser und Tonmehl zu kleinen Kugeln vermischt und im Drehrohrofen nochmals gebrannt. Die so in Ton keramisierten Schwermetalle sind Basis für hochwertiges Baumaterial und werden als inertes Material IM ausgeschieden. Die verbleibende organische Matrix aus dem Abluftstrom wird in einem Nachbrenner NB bei 1200° C vollständig verbrannt. Im Wärmeaustauscher wird der Abgasstrom so rasch auf ca. 150° C abgekühlt, daß im Bereich 500 - 250° C kaum toxisch wirkende Dioxine und Furane entstehen können. Nach Trockenabsorption mit Kalkhydrat werden Staub- und Feinstpartikeln über eine Filteranlage F abgeschieden. Die Belastung der Abluft liegt weit unter dem gesetzlichen Grenzwerten.

Die Energieversorgung des Brenners BR und Nachbrenners NB erfolgt überwiegend mit Pyrolysegas PG, zur Sicherung eines kontinuierlichen Betriebes ist aber auch ein zusätzlicher Anschluß für Heizgas HG vorgesehen. Der Pyrolysekoks PK hat aufgrund seines Kohlenstoffanteils ebenfalls einen hohen Heizwert. Der über den Gasmotor GM erzeugte Strom versorgt ebenfalls die Entsorgungsanlage. Dadurch wird die Zufuhr externer Energie möglichst gering gehalten, Leitungs-, Umwandlungs- und Transportverluste entfallen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Verwertung von Pyrolyse-Reststoff und Pyrolysegas (PG), die aus einer aus nichtverwertbarem Restmüll (RM) aussortierten und mechanisch aufbereiteten Müll-Leichtfraktion durch Pyrolyse gewonnen werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Pyrolyse-Reststoff als Pyrolysekoks (PK) in einem Ofen durch Erhitzen auf hohe Temperatur in inertes Material (IM) umgewandelt, das Pyrolysegas (PG) zur Befeuerung des Ofens verwendet und die Abluft nachverbrannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Altlastteil (AL) mit stückigem organischem Material der Aussortierung des Restmülls (RM) beigemischt wird.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Sortieranlage (SA) vor einer Pyrolyseanlage (PA) angeordnet ist, daß eine Leitung für Pyrolysegas (PG) von der Pyrolyseanlage (PA) zu einem Ofen mit Brenner (BR) und Nachbrenner (NB) führt, daß der Pyrolysekoks (PK) dem Brenner (BR) direkt bzw. nach Verwendung in einer Adsorptionsfilteranlage (AF) zugeleitet ist und eine Siebeinrichtung (S) für Altlastteile (AL) vorhanden ist.

