

①



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪

Veröffentlichungsnummer: **0 168 700
B1**

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④

Veröffentlichungstag der Patentschrift:
07.02.90

⑤

Int. Cl. ⁵: **F 23 N 1/02, F 23 N 5/00**

⑥

Anmeldenummer: **85108086.1**

⑦

Anmeldetag: **29.06.85**

⑤

Regelungsverfahren für Dampferzeuger.

③

Priorität: **02.07.84 DE 3424314**

④

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.01.86 Patentblatt 86/04

⑤

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.02.90 Patentblatt 90/06

⑧

Bennante Vertragsstaaten:
AT CH FR GB IT LI SE

⑥

Entgegenhaltungen:
**DE-A-3 125 513
DE-A-3 221 660
FR-A-2 260 751
FR-A-2 392 327
GB-A-2 022 263
US-A-3 243 116**

⑦

Patentinhaber: **Deutsche Forschungsanstalt für Luft-
und Raumfahrt e.V.
Linder Höhe Postfach 90 60 58
D-5000 Köln 90 (DE)**

⑦

Erfinder: **Wolfmüller, Karlheinz
Friedrich-Pfeil-Strasse 6
D-7519 Eppingen-Adelshofen (DE)**

⑦

Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner
Uhlandstrasse 14 c
D-7000 Stuttgart 1 (DE)**

EP 0 168 700 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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

Die Erfindung betrifft ein Regelungsverfahren für einen Dampferzeuger zum Regeln von einer Verbrennung zugeführten Massenströmen eines Oxidators und eines Brennstoffes in stöchiometrischen Verhältnissen.

Bei modernen Kraftwerksanlagen besteht in immer größerem Masse eine Notwendigkeit, Verbrennungsvorgänge in Bezug auf eine Reaktion von Oxidator und Brennstoff in stöchiometrischen Verhältnissen zu optimieren, damit die entstehenden Abgase möglichst schadstofffrei sind. Dies ist in erhöhtem Masse bei einer neuartigen Kraftwerkskomponente, einer sogenannten Wasserstoff/Sauerstoff-Dampferzeugeranlage der Fall, die vor allem als schnelle thermische Leistungsreserve für konventionelle Kraftwerke geeignet ist und insbesondere beim Ausgleich von Spitzenlasten Verwendung finden soll. In diesen Anlagen wird Wasserstoffgas mit Sauerstoffgas zu Wasser "verbrannt" und in den heißen Gasstrom zusätzlich Wasser eingeleitet, so daß ein konventionellen Dampferzeugern für Kraftwerke entsprechenden Heißdampf entsteht. Da bei einer derartigen Anlage nicht nur eine optimale Verbrennung angestrebt wird, sondern aufgrund großer Gefahren bei Auftreten von Sauerstoff- oder Wasserstoff-Restgasanteilen in dem Heißdampf auch noch zusätzliche Sicherheitsanforderungen hinsichtlich dieser Restgasanteile eingehalten werden müssen, liegen deren zulässige Grenzwerte bei 0,01 % für Wasserstoff und 0,03 % für Sauerstoff im produzierten Dampf.

Bisher sind keine Verfahren bekannt, die eine derart exakte Regelung der einer Verbrennung zugeführten Massenströme erlauben.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Regelungsverfahren der eingangs beschriebenen Art zu entwickeln, das eine Regelung der Massenströme in im wesentlichen stöchiometrischen Verhältnissen ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einem Regelungsverfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Regelung sowohl eine Steuergröße für den Massenstrom des Oxidations als auch eine Steuergröße für den Massenstrom des Brennstoffs aufgrund von Messungen der zugeführten Massenströme und deren Vergleich mit theoretisch vorgegebenen stöchiometrischen Verhältnissen ermittelt werden, daß Fehler bei diesen Messungen durch eine nach der Verbrennung durchgeführte Analyse von Verbrennungsgasen kontinuierlich mittels einer Sonde bestimmt werden, daß diese Fehler zur Korrektur der Steuergrößen verwendet werden und daß die Korrektur mit einer Zeitkonstante erfolgt, die kleiner ist als die Zeitkonstante dynamischer Änderungen der Fehler.

Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, daß zunächst die Steuergrößen zur Regelung aufgrund direkter Messungen der der Verbrennung zugeführten Massenströme ermittelt werden, so daß eine grobe Vorgabe der Steuergrößen durch die direkte Regelung sehr schnell ohne große

steuerungsbedingte Totzeiten erfolgen kann und die Verhältnisse der Massenströme ungefähr stöchiometrischen Verhältnissen entsprechen. Derartige direkte Messungen sind jedoch prinzipiell mit einem Fehler behaftet, der im wesentlichen durch Variationen der thermodynamischen Zustandsgrößen des Oxidators und des Brennstoffes verursacht wird und gleichzeitig auch dynamischen Veränderungen unterliegt. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Regelung liegt darin, daß dieser Fehler durch die nachträgliche Analyse der Verbrennungsgase mittels der Sonde erfaßt wird und innerhalb eines Zeitintervalls zu einer Korrektur der Steuergrößen führt, das kleiner ist als die Zeitkonstante der dynamischen Veränderungen des Fehlers. Damit kann das erfindungsgemäße Regelungsverfahren bei der groben Vorgabe der Steuergrößen auftretende systematische Fehler mit ausreichender Schnelligkeit korrigieren und folglich die Massenströme auf im wesentlichen stöchiometrische Verhältnisse regeln. Weiterhin ermöglicht das vorgeschlagene Regelungsverfahren aufgrund der kontinuierlichen Bestimmung der Fehler auch instationäre Betriebszustände, wie z. B. das Anfahren des Dampferzeugers, mit der erforderlichen Genauigkeit zu steuern.

Bei dem bisher beschriebenen erfindungsgemäßen Regelungsverfahren war nicht festgelegt, ob die Messung der zugeführten Massenströme in der Gasphase oder der flüssigen Phase erfolgen soll. Bei einer Ausführung ist jedoch vorgesehen, daß die Messungen der zugeführten Massenströme in der Gasphase durchgeführt werden.

Eine sehr genaue Vorgabe der Steuergrößen aufgrund direkter Messungen ist möglich, wenn die Messungen der zugeführten Massenströme mittels eines Wirkdruckverfahrens durchgeführt werden, so daß nachfolgende Korrekturen nur in äußerst geringem Umfang erforderlich sind. Das Wirkdruckverfahren ist besonders bei unter hohen Absolutdrücken stehenden Gasen anderen Meßverfahren vorzuziehen und kann bei sorgfältiger Auswahl und Auslegung der einzelnen Komponenten mit einem Fehler von ungefähr 1 % arbeiten.

Die zur Analyse der Verbrennungsgase verwendbaren Sonden stellen im allgemeinen bestimmte Anforderungen an die Zustandsgrößen der zu untersuchenden Verbrennungsgase, d.h. eine genaue Analyse dieser Gase ist nur bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck möglich. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, wenn die Verbrennungsgase zur Analyse mittels der Sonde an einer Stelle im Dampferzeuger entnommen werden, an der sie für die Analyse mittels der Sonde geeignete Zustandsgrößen besitzen, wobei diese Zustandsgrößen ohne Energiezufuhr noch im Rahmen der durch die allgemeine Gasgleichung vorgegebenen Verhältnisse, z. B. durch Expandieren, verändert werden können. Dies hat den Vorteil, daß eine aufwendige Aufbereitung der zu untersuchenden Verbrennungsgase, z. B. durch Er-

wärmen oder Abkühlen, die sich in der Regel nachteilig auf die Zeitkonstante bei der Bestimmung des Fehlers mittels der Sonde auswirkt, vor einer Analyse durch die Sonde entfällt.

Die Verbrennungsgase liegen in dem Dampferzeuger meist unter Drucken vor, die für die Sonde zu hoch sind. Eine sehr einfache und günstige Anpassung an die Sonde ist möglich, wenn die Verbrennungsgase vor Erreichen der Sonde auf einen für diese geeigneten Druck entspannt werden. In einem derartigen Fall werden die Verbrennungsgase zwar an einer Stelle im Dampferzeuger entnommen, an der sie einen wesentlich höheren Druck und eine wesentlich höhere Temperatur besitzen als für die Sonde geeignet sind, durch die Entspannung werden jedoch Druck und Temperatur gleichzeitig verringert, so daß beide Zustandsgrößen den Erfordernissen der Sonde entsprechen. Die oben beschriebene Stelle im Dampferzeuger, an der die Verbrennungsgase entnommen werden, ist also so zu wählen, daß die Temperatur abzüglich der bei Verminderung des Drucks entstehenden Abkühlung der Betriebstemperatur der Sonde entspricht.

Bei der Analyse der Verbrennungsgase in der Sonde können unterschiedliche Analyseverfahren Verwendung finden. Zum Beispiel stehen Massenspektrometrie, Gaschromatographie, optische Verfahren und auch Messungen der Wärmeleitfähigkeit zur Verfügung. Bei all diesen Verfahren ist eine aufwendige Meßgasaufbereitung an die gerätespezifischen Anforderungen erforderlich, damit verfahrensbedingte Störungen vermieden werden. Außerdem liegen die Zeitkonstanten für eine Analyse der Verbrennungsgase im wesentlichen im Bereich von Minuten. Hinsichtlich der Nachteile der genannten Verfahren ist es besonders vorteilhaft, wenn die Analyse der Verbrennungsgase mittels einer Festelektrolytsonde vorgenommen wird.

Dabei ist vorgesehen, daß als Festelektrolyt Zirkoniumoxid (ZrO_2) verwendet wird. Der Vorteil dieser Zirkoniumoxidsonde besteht darin, daß sie aufgrund ihrer Ansprechempfindlichkeit und vor allem ihrer Schnelligkeit den obengenannten Möglichkeiten überlegen ist. Sie erlaubt eine Analyse der Verbrennungsgase mit einer Zeitkonstante im Bereich von Zehntelsekunden. Ein weiterer Vorteil der Festelektrolytsonde liegt darin, daß sie im Bereich des Stöchiometriepunktes, d.h. am Umschlagpunkt zwischen einem Überschuss von Oxidator und einem Überschuss von nicht verbranntem Brennstoff, eine drastische Änderung in ihrer Kennlinie aufweist und folglich ein Über- oder Unterschreiten des Stöchiometriepunktes mit einfachen Mitteln und äusserst hoher Genauigkeit nachgewiesen werden kann.

Zur Erhöhung der Langzeitstabilität ist es von Vorteil, wenn die Sonde mit Umgebungsluft als Referenzgas betrieben wird.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung sowie der beigefügten zeichnerischen Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens, das beispielhaft bei einem

Wasserstoff/Sauerstoff-Dampferzeuger angewandt wird. In der Zeichnung zeigen:

- 5 Fig. 1 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemässen Regelungsverfahrens;
- Fig. 2 eine Schnittansicht einer Sonde für das erfindungsgemässe Regelungsverfahren und
- 10 Fig. 3 eine Eichkurve der Sonde.

Ein in Fig. 1 dargestelltes Blockdiagramm einer erfindungsgemässen Wasserstoff/Sauerstoff-Dampferzeugeranlage zur thermischen Umsetzung von Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zu H_2O besitzt einen Reaktionsraum 10, der mit einer ersten Zuführeinrichtung 12 für Wasserstoff und einer zweiten Zuführeinrichtung 14 für Sauerstoff in Verbindung steht. Zusätzlich dazu mündet in den Reaktionsraum 10 noch eine dritte Zuführeinrichtung 16 für Wasser. Durch Verbrennen von Wasserstoff mit Sauerstoff als Oxidationsmittel zu Wasser und späterem Zusatz von Wasser zu dabei entstandenen heißen Verbrennungsgasen entsteht Heißdampf, welcher auf einem Wege 18 aus dem Reaktionsraum 10 entweicht und zum Beispiel Turbinen eines Kraftwerks zugeführt werden kann.

Zur Ermittlung eines von der ersten Zuführeinrichtung 12 in den Reaktionsraum 10 eingeleiteten Massenstromes von Wasserstoff mittels eines Wirkdruckverfahrens ist in der ersten Zuführeinrichtung 12 eine Meßstelle 20 vorgesehen.

Das Wirkdruckverfahren arbeitet mit in eine Zuführleitung eingesetzten Blendensystemen und sieht eine Messung des absoluten Drucks PH_2 vor dem Blendensystem, des Differenzdrucks DPH_2 zwischen dem Absolutdruck vor dem Blendensystem und einem im Bereich des Blendensystems ermittelten Druck sowie der absoluten Temperatur TH_2 des Wasserstoffgases vor.

Aus diesen drei von der ersten Meßstelle 20 einem Rechnersystem übermittelten Werten PH_2 , DPH_2 und TH_2 ist der von der ersten Zuführeinrichtung 12 an den Reaktionsraum 10 abgegebene Massenstrom des Wasserstoffs MH_2 mittels eines ersten Programms 22 bestimmbar.

Eine zweite Meßstelle 24 ermittelt in analoger Weise wie die erste Meßstelle 20 mittels des Wirkdruckverfahrens die Größen PO_2 , DPO_2 und TO_2 des dem Reaktionsraum 10 zugeführten Sauerstoffs, und ein zweites Programm 26 des Rechnersystems errechnet daraus den Massenstrom MO_2 .

Ein drittes Programm 28 des Rechnersystems bestimmt aufgrund der Massenströme MH_2 und MO_2 und der Vorgabe, daß Wasserstoff und Sauerstoff in einem stöchiometrischen Verhältnis von Massenstrom O_2 /Massenstrom $H_2 = 7.94$ dem Reaktionsraum 10 zuzuführen sind, die Steuergrößen SH_2 und SO_2 für in der ersten Zuführeinrichtung 12 und der zweiten Zuführeinrichtung 14 vorgesehene Schieber 30 bzw. 32.

Zur nachträglichen Analyse der Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff in stöchiometri-

schen Verhältnissen, d.h. einer Kontrolle, ob weder Wasserstoff noch Sauerstoff als Gasreste in dem Heißdampf vorhanden sind, ist eine Leitung 34 zum Abzweigen einer kleinen Menge von Heißdampf aus dem Reaktionsraum 10 vorgesehen. Diese Leitung 34 führt über eine Drossel 36 zu einer Sonde 38, welche zur Analyse des Heißdampfes bezüglich eines darin enthaltenen Überschusses von Wasserstoff oder Sauerstoff dient. Die Drossel 36 ist erforderlich, da der durch die Leitung 34 aus dem Reaktionsraum 10 abgezweigte Heißdampf einen Druck größer als 50 Bar und eine Temperatur im Bereich von 500 bis 2000°C besitzt. Die Sonde 38 arbeitet jedoch nur einwandfrei, wenn sie von Gas mit einem Druck von ungefähr 1 Bar und einer Temperatur von ungefähr 800°C angeströmt ist. Eine derartige Reduzierung des Druckes ist durch Entspannung des Heißdampfes in der Drossel 36 möglich, wobei es vorteilhaft ist, wenn sich der Heißdampf bei der Expansion auf eine für die Sonde 38 optimale Betriebstemperatur von ungefähr 800°C abkühlt.

Entsprechend dem in dem abgezweigten Heißdampf vorhandenen Sauerstoff- oder Wasserstoffüberschuß erzeugt die Sonde 38 eine elektromotorische Kraft und folglich eine Meßgröße F, welche ihrerseits von den Meßfehlern in der ersten Meßstelle 20 und der zweiten Meßstelle 24 abhängig ist und die Abweichungen von einem stöchiometrischen Verhältnis zwischen Wasserstoff und Sauerstoff angibt.

Diese Meßgröße F geht über einen aufgrund eines Fehlermodells aufgestellten Algorithmus in das dritte Programm 28 ein und führt zu einer Korrektur der von diesem Programm 28 errechneten Steuergröße SH_2 und SO_2 und folglich zu einer Korrektur der Stellungen der Schieber 30 oder 32.

Die in Fig. 2 dargestellte Sonde 38 umfaßt ein äußeres rohrähnliches Gehäuse 42, in welches an einem Ende die Leitung 34 zur Zuführung des Heißdampfes mündet, wobei die Mündung der Leitung 34 gleichzeitig mit einer Verengung 44 zur Drosselung eines Heißdampfstromes versehen ist. Auf der dieser Mündung abgewandten Seite des rohrähnlichen Gehäuses 42 sind in dessen Wandflächen Öffnungen 56 zum Abführen des Heißdampfes angeordnet.

Innerhalb des rohrähnlichen Gehäuses 42 ist koaxial zu diesem ein erstes Rohr 46 angeordnet, welches einen Außendurchmesser aufweist, der kleiner als der Innendurchmesser des rohrähnlichen Gehäuses 42 ist und an seinem, der Einmündung der Leitung 34 zugewandten Ende durch ein Keramikplättchen 48 aus Zirkoniumoxid abgeschlossen ist. Dieses Keramikplättchen 48 trennt den über die Leitung 34 in das Innere des Gehäuses 42 einströmenden Heißdampf von einem Innern des Rohres 46 ab.

Zum Schutz des Keramikplättchens 48 vor dem direkten Strahl des in das Gehäuse 42 eintretenden Heißdampfes ist zwischen diesem und der Einmündung der Leitung 34 koaxial zu dem Gehäuse 42 eine Prallplatte 50 vorgesehen.

Damit das Keramikplättchen 48 gegebenenfalls beheizt werden kann, trägt das erste Rohr 46 auf seinem Umfang mehrere Heizwicklungen 52, welche eine Erwärmung des Rohres 46 und damit indirekt des an diesem gehaltenen Keramikplättchens 48 erlauben.

Innerhalb des Rohres 46 ist ein koaxial zu diesem angeordnetes zweites Rohr 54 vorgesehen, das ein Anblasen einer dem Heißdampf abgewandten Seite des Keramikplättchens 48 mit Umgebungsluft ermöglicht.

Der durch die Leitung 34 zugeführte, in der Verengung 44 gedrosselte und in dem Gehäuse 42 auf einen Druck von 1 Bar expandierte Heißdampfstrom wird zunächst durch die Prallplatte 50 entlang innerer Wandflächen des Gehäuses 42 abgelenkt und bildet hinter der Prallplatte 50 und vor dem Keramikplättchen 48 Wirbel, so daß das Keramikplättchen 48 ständig von Heißdampf angeströmt wird. Anschließend strömt der Heißdampf dann in einem Zwischenraum zwischen dem ersten Rohr 46 und der Innenwand des Gehäuses 42 entlang und entweicht aus dem Gehäuse durch die Öffnungen 56.

Wenn der Heißdampf nach der Expansion eine Temperatur von ungefähr 800°C besitzt, wird das Keramikplättchen 48 durch den Heißdampf auf seiner optimalen Betriebstemperatur gehalten. Sollte dies nicht der Fall sein, so besteht die Möglichkeit, das Keramikplättchen 48 durch die Heizwicklungen 52 auf Betriebstemperatur zu erwärmen.

Mittels des zweiten Rohrs 54 wird die dem Heißdampf abgewandte Seite des Plättchens 48 ständig mit Umgebungsluft angeblasen, die anschließend in einem Zwischenraum zwischen dem zweiten Rohr 54 und einer Innenwand des ersten Rohres 46 wieder abgeleitet wird.

Das Keramikplättchen 48 aus Zirkoniumoxid stellt den eigentlichen Festkörperelektrolyt dar, der nun in Abhängigkeit von der Differenz zwischen einer Sauerstoff/Wasserstoffkonzentration des Heißdampfes und der Sauerstoffkonzentration der Umgebungsluft eine elektromotorische Kraft (EMK), d.h. eine Spannung zwischen der mit Heißdampf und der mit Umgebungsluft angeströmten Seite, erzeugt.

Zum Abgriff dieser Spannung sind beide Seiten des Keramikplättchens 48 mit einer porösen Platinschicht 58, 60 versehen. Jede dieser Platinschichten 58, 60 ist mit einer von zwei aus dem Gehäuse 42 herausführenden elektrischen Leitungen 62, 64 verbunden, welche zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft zu einem außerhalb des Gehäuses 42 angeordneten Meßgerät 66 führen.

In Fig. 3 ist die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft (EMK) in Millivolt von einer jeweiligen Überschußkonzentration (C) von Wasserstoff (H_2) der Sauerstoff (O_2) dargestellt, die bei Verwendung der beschriebenen Sonde mit einem Keramikplättchen 48 aus Zirkoniumoxid für Heißdampf gemessen wurde. Eine derartige Eichkurve ist auch von den neben Sauerstoff in einem Gasgemisch auftretenden Elementen abhängig.

Aus der logarithmischen Auftragung der EMK über den jeweiligen Überschußkonzentrationen (C) ist zu ersehen, daß bei abnehmender Sauerstoffüberschußkonzentration die EMK mit geringer Steigung zunimmt, jedoch bei Sauerstoffkonzentration Null und zunehmender Wasserstoffüberschußkonzentration sehr steil ansteigt. Der Schnittpunkt dieser beiden Geraden mit unterschiedlicher Steigung ist genau der Stöchiometriepunkt, d.h. der Punkt, an dem sowohl die Sauerstoff- wie auch die Wasserstoffüberschußkonzentration gleich Null sind und der Heißdampf reinen Wasserdampf enthält. Die starke Änderung der EMK bei Überschreiten des Stöchiometriepunktes von Sauerstoffüberschußkonzentration zu Wasserstoffüberschußkonzentration wird zur Bestimmung des Fehlers bei der Messung der Massenstromverhältnisse bei den Meßstellen 20, 24 ausgenutzt und ermöglicht in einfacher Weise, die Verbrennungsvorgänge im Reaktionsraum im stöchiometrischen Bereich zu halten.

Zur Verarbeitung in dem dritten Programm 28 wird die mit dem Meßgerät 66 ermittelte EMK in üblicher Weise digitalisiert und steht dann als Fehler F zur Korrektur der Steuergrößen SH_2 und SO_2 durch das dritte Programm 28 zur Verfügung.

Für eine einwandfreie Funktion des erfindungsgemäßen Steuerungsverfahrens ist es erforderlich, daß die Größe F möglichst kurze Zeit nach der Verbrennung der durch die erste Meßstelle 20 und die zweite Meßstelle 24 bestimmten Massenströme vorliegt, so daß die Korrektur der jeweiligen Steuergrößen SH_2 und SO_2 möglichst schnell erfolgen kann. Eine Zeitverzögerung zwischen der Messung der jeweiligen Massenströme an den Meßstellen 20 und 24 und dem Vorliegen der Größe F ist bedingt durch die Zeitspanne, die die Gase benötigen, um von den einzelnen Meßstellen 20 oder 24 zu dem Reaktionsraum 10 zu gelangen, die Zeitspanne, die die Verbrennungsgase benötigen, um zu der Einmündung der Leitung 34 in den Reaktionsraum zu gelangen, die Zeitspanne, die die Verbrennungsgase oder der Heißdampf benötigen, um durch die Leitung 34 zu den Keramikplättchen 48 zu strömen und die Zeitspanne, die zum Aufbau der EMK, d.h. der Spannung, in dem Keramikplättchen 48 notwendig ist.

Zeitkonstanten des Meßgerätes und einer anschließenden Digitalisierung der gemessenen Spannungen werden gegenüber den vorher genannten Zeitspannen im allgemeinen vernachlässigbar sein. Die Summe aller genannten Zeitspannen wurde experimentell bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel bestimmt und beträgt ungefähr 300 bis 400 Millisekunden. Eine derartige Zeitverzögerung ist zur Korrektur der im allgemeinen beim Wirkdruckverfahren auftretenden systematischen Meßfehler ausreichend, da diese im wesentlichen durch Variationen der Zustandsgrößen der gemessenen Gase bedingt sind, die in der Regel Schwankungen mit Zeitkonstanten im Minutenbereich unterliegen.

Patentansprüche

1. Regelungsverfahren für einen Dampferzeuger zum Regeln von einer Verbrennung zugeführten Massenströmen eines Oxidators und eines Brennstoffs in einem jeweiligen Betriebszustand entsprechenden stöchiometrischen Verhältnissen, *dadurch gekennzeichnet*, daß zur Regelung sowohl eine Steuergröße für den Massenstrom des Oxidators als auch eine Steuergröße für den Massenstrom des Brennstoffs aufgrund von Messungen der beiden zugeführten Massenströme und deren Vergleich mit theoretisch vorgegebenen stöchiometrischen Verhältnissen ermittelt werden, daß Fehler bei diesen Messungen durch eine nach der Verbrennung durchgeführte Analyse von Verbrennungsgasen kontinuierlich mittels einer Sonde bestimmt werden, daß diese Fehler zur Korrektur der Steuergrößen verwendet werden und daß die Korrektur mit einer Zeitkonstante erfolgt, die kleiner ist als die Zeitkonstante dynamischer Änderungen der Fehler.

2. Regelungsverfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Messungen der zugeführten Massenströme in der Gasphase durchgeführt werden.

3. Regelungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Messungen der zugeführten Massenströme mittels eines Wirkdruckverfahrens durchgeführt werden.

4. Regelungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Verbrennungsgase zur Analyse mittels der Sonde an einer Stelle im Dampferzeuger entnommen werden, an der sie für die Analyse mittels der Sonde geeignete Zustandsgrößen besitzen.

5. Regelungsverfahren nach Anspruch 4, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Verbrennungsgase vor Erreichen der Sonde auf einen für diese geeigneten Druck entspannt werden.

6. Regelungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Analyse der Verbrennungsgase mittels einer Festelektrolyt-Sonde vorgenommen wird.

7. Regelungsverfahren nach Anspruch 6, *dadurch gekennzeichnet*, daß als Festelektrolyt Zirkoniumoxid (ZrO_2) verwendet wird.

8. Regelungsverfahren nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Zirkoniumoxid-Sonde mit Umgebungsluft als Referenzgas betrieben wird.

Claims

1. A regulating process for a steam generator, for regulating mass flows of an oxidizer and a fuel

supplied to a combustion in stoichiometric proportions corresponding to a current operating condition, characterized in that for regulating, both an operating variable for the mass flow of the oxidizer and an operating variable for the mass flow of the fuel are determined on the basis of measurement of the two supplied mass flows and their comparison with theoretically predetermined stoichiometric proportions, in that errors in these measurements are continuously determined by an analysis of the combustion gases which is carried out, by means of a probe, after combustion, in that these errors are used to correct the operating variables, and in that correcting takes place using a time constant which is smaller than the time constant of dynamic variation of the errors.

2. A regulating process in accordance with Claim 1, characterized in that the measurements of the supplied mass flows are made in the gas phase.

3. A regulating process in accordance with Claim 1 or 2, characterized in that the measurements of the supplied mass flows are made by means of a differential pressure process.

4. A regulating process in accordance with any one of the preceding Claims, characterized in that the combustion gases for analysis by means of the probe are removed at a place in the steam generator at which they have suitable state variables for analysis by means of the probe.

5. A regulating process in accordance with Claim 4, characterized in that the combustion gases are depressurized to a pressure suitable for the probe before they reach the latter.

6. A regulating process in accordance with any one of the preceding Claims, characterized in that the analysis of the combustion gases is carried out by means of a solid-electrolyte probe.

7. A regulating process in accordance with Claim 6, characterized in that zirconium oxide (ZrO_2) is used as a solid electrolyte.

8. A regulating process in accordance with Claim 7, characterized in that the zirconium-oxide probe is operated using ambient air as a reference gas.

Revendications

1. Procédé de régulation pour un générateur de vapeur, pour régler des débits massiques d'un oxydant et d'un combustible acheminés à une combustion dans des proportions stoechiométriques qui correspondent à un état de travail, caractérisé en ce que, pour la régulation, on détermine une variable de commande pour le débit massique de l'oxydant ainsi qu'une variable de commande pour le débit massique de combustible sur la base de mesures des deux débits mas-

siques acheminés, et on effectue la comparaison de ces variables avec les proportions stoechiométriques fixées par la théorie, en ce qu'on détermine en continu au moyen d'une sonde les erreurs décelées au cours de ces mesures, par une analyse des gaz de combustion effectuée après la combustion, en ce qu'on utilise ces erreurs pour corriger les variables de commande et en ce que la correction s'effectue avec une constante de temps qui est inférieure à la constante de temps des variations dynamiques des erreurs.

2. Procédé de régulation selon la revendication 1, caractérisé en ce que les mesures des débits massiques acheminées sont exécutées en phase gazeuse.

3. Procédé de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les mesures des débits massiques acheminés sont exécutées à l'aide d'un procédé de pression différentielle.

4. Procédé de régulation selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les gaz de combustion destinés à être analysés au moyen de la sonde sont prélevés en un point du générateur de vapeur où ils possèdent des variables d'état qui sont appropriées pour permettre d'exécuter l'analyse au moyen de la sonde.

5. Procédé de régulation selon la revendication 4, caractérisé en ce que, avant d'atteindre la sonde, les gaz de combustion sont détendus à une pression appropriée pour cette dernière.

6. Procédé de régulation selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'analyse des gaz de combustion est exécutée au moyen d'une sonde à électrolyte solide.

7. Procédé de régulation selon la revendication 6, caractérisé en ce que, comme électrolyte solide, on utilise de l'oxyde de zirconium (ZrO_2).

8. Procédé de régulation selon la revendication 7, caractérisé en ce que la sonde à oxyde de zirconium est alimentée en air ambiant servant de gaz de référence.

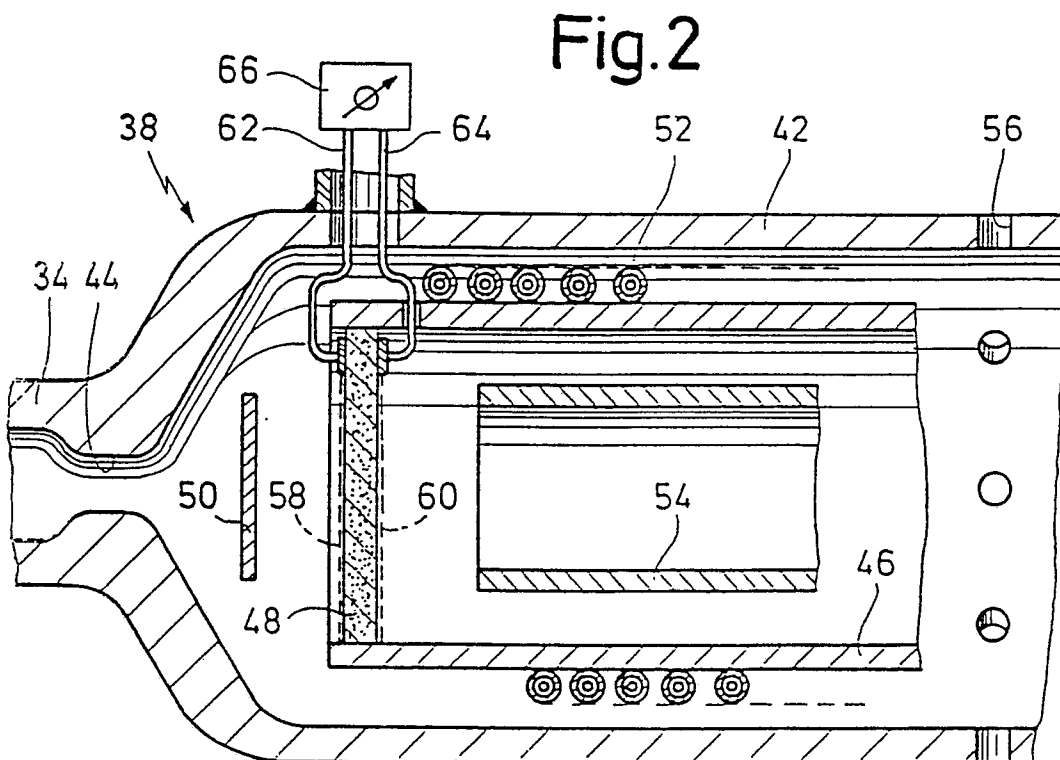
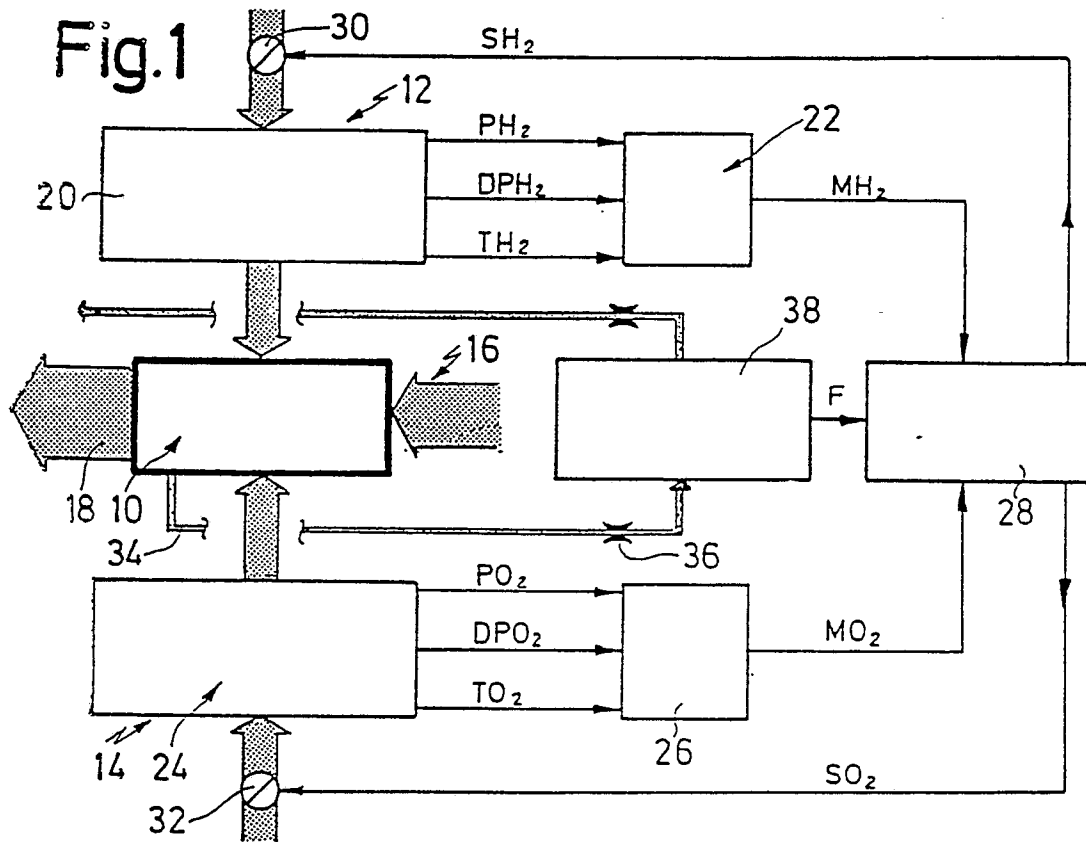


Fig.3

