(19) DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

Wirtschaftspatent

Erteilt gemaeß § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461 (11) 204 533

Int.Cl.³ 3(51) F 23 N 5/00

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veroeffentlicht

(21) WP F 23 N/ 2381 502 (22) 15.03.82 (44) 30.11.83

(71) siehe (72)
(72) GOETZE, WERNER,DIPL.-PHYS.;SEIDEMANN, INGO,DIPL.-ING.;KUHLMANN, TAMARA; STEIN, HELMUT, DR.-ING., DD
(73) siehe (72)
(74) KURT RAGUSCHKE VEB INSTITUT TECHN. GLAS JENA 6900 JENA GOESCHWITZER STRASSE 22

(54) VERFAHREN ZUM EINSTELLEN GUENSTIGER LUFT-BRENNSTOFF-VERHAELTNISSE AN INDUSTRIEOEFEN MIT REGENERATOREN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen günstiger Luft-Brennstoff-Verhältnisse an Industrieöfen mit Regeneratoren zur Verbrennungsluftvorwärmung. Das Verfahren ermöglicht eine Verbrennungsoptimierung auch bei hohen Abgastemperaturen und Anwesenheit von Staub, Alkalidämpfen und SO_3 im Abgas, wobei es die Störanfälligkeit und Fehlerhaftigkeit angewendeter Verfahren vermeidet. Die Aufgabe wird gelöst durch periodisches, schrittweises Verringern des Luft-Brennstoff-Verhältnisses bis zum Auffinden eines charakteristischen Verhältnisses, das durch eine signifikante Änderung der Aufheizgeschwindigkeit des oberen Teiles der vom Abgas durchströmten Regeneratorkammer gekennzeichnet ist. Von diesem charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnis aus wird ein ermittelter Differenzbetrag des Verhältnisses bis zum Erreichen nahstöchiometrischer Verbrennung addiert, getrennt für jeden Brenner mit zugeordnetem Regenerator. Das Verfahren ist vorzugsweise an ölbeheizten Öfen, insbesondere an Glasschmelzöfen anwendbar.

238150 2

Titel der Erfindung

Verfahren zum Einstellen günstiger Luft-Brennstoff-Verhältnisse an Industrieöfen mit Regeneratoren

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen günstiger Luft-Brennstoff-Verhältnisse an Industrieöfen mit Regeneratoren zur Verbrennungsluftvorwärmung, insbesondere Glasschmelzwannen, wobei ein charakteristisches Luft-Brennstoff-Verhältnis durch Verändern dieser Verhältnisse ermittelt wird und durch Addition eines ermittelten, konstanten Differenzbetrages dieses Verhältnisses ein günstiges Luft-Brennstoff-Verhältnis eingestellt wird.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für die Regelung von Verbrennungsprozessen an Industrieöfen ist allgemein bekannt, daß ein maximaler Wirkungsgrad nur dann erreicht wird, wenn das Luft-Brennstoff-Verhältnis auf einem optimalen Wert im Sinne einer nahstöchiometrischen Verbrennung gehalten wird.
Sowohl bei Luftmangel als auch bei Luftüberschuß entstehen Verluste, die einerseits durch unvollständige Verbrennung, andererseits durch Erwärmung der überschüssigen Luft auf Verbrennungstemperatur hervorgerufen werden.

Eine Einstellung des Luft-Brennstoff-Verhältnisses auf den theoretisch optimalen Wert ist nicht möglich, da die im Ofenraum verfügbare Verbrennungsluftmenge mit der gemessenen Verbrennungsluftmenge nicht übereinstimmt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß auf dem Transportweg der Luft zwischen Luftmengenmeßstelle und Ofenraum am Umsteuerungssystem für die Regenerativfeuerung und in den Regenerativkammern unbekannte Leckverluste und Falschluftzufuhr auftreten.

Aus der DDR-Patentschrift WP 79 096 ist bekannt, daß zur Einstellung einer optimalen Verbrennung eine Schaltung zur Regelung des Verbrennungsluftststromes vorgeschlagen wird, die den O_2-Gehalt an hinreichend repräsentativen Rauchgasentnahmestellen auswertet. Dabei werden zur Messung des O_2-Gehaltes die paramagnetische Meßmethode oder die modernere gaspotentiometrische Analysenmethode mit Sauerstoffionen leitenden Festelektrolytzellen angewendet.
Nach einem anderen Vorschlag (DDR-WP 109 258) wird das zur Erzielung eines maximalen Wirkungsgrades notwendige Luft-Brennstoff-Verhältnis dadurch eingestellt, daß der Verbrennungsluftstrom in einem Suchvorgang so lange verringert wird, bis der CO-Gehalt im Rauchgas auf einen kennzeichnenden Anteil von etwa 0,05 % angestiegen ist. Von diesem gefundenen charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnis gelangt man durch Addition eines festen Differenzbetrages des Luft-Brennstoff-Verhältnisses, der den Verlust durch Unverbranntes repräsentiert, zum optimalen Luft-Brennstoff-Verhältnis.

Die beiden genannten Verfahren haben den Nachteil, daß sie eine kontinuierliche Analyse des Rauchgases bezüglich O_2- bzw. CO-Gehalt voraussetzen. Die dazu erforderliche Rauchgasentnahme ist bei hohen Rauchgastemperaturen sowie bei hohem Staub- und SO_3-Gehalt des Rauchgases durch Zusetzen der Rauchgasentnahmesonden sehr problematisch und wartungsaufwendig, so daß sie unter derartigen

Bedingungen bisher kaum kontinuierlich durchführbar war. Der Einsatz von Sauerstoffionen leitenden Festelektrolytzellen zur Messung des O_2-Gehaltes unmittelbar im Ofenraum könnte zwar die problematische Rauchgasentnahme vermeiden, ist jedoch bei hohen Temperaturen (über etwa 1200° C) und bei alkalidampfhaltigem Rauchgas (z.B. an Glasschmelzwannen) derzeit nicht realisierbar.

Weiterhin wurde vorgeschlagen (BRD-Patentanmeldung Sch 8561 Ia/24 m), zur Optimierung des Luft-Brennstoff-Verhältnisses die Flammentemperatur, die bei optimalem Luft-Brennstoff-Verhältnis ein Maximum aufweist, heranzuziehen. Zur Extremwertsuche der Flammentemperatur werden der Verbrennungsluftmenge Schwingungen geringer Amplitude aufgeprägt. Durch Auswertung der entstehenden Schwankungen der Flammentemperatur kann auf die Lage des Arbeitspunktes der Verbrennungsluftmenge relativ zum Optimum geschlossen und entsprechend korrigiert eingegriffen werden.
Nachteilig bei diesem Verfahren ist die Schwierigkeit der Festlegung eines geeigneten Meßortes für die berührungslose Temperaturmessung in der Flamme.
Diese Unsicherheit in der Wahl des Meßortes tritt besonders bei großen bzw. bei mehreren ineinanderschlagenden Flammen und bei großen Brennräumen (hohe Gasturbulenzen) auf. Außerdem wird das Meßergebnis bei Auftreten von energiereicher Hintergrundstrahlung verfälscht.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, günstige Luft-Brennstoff-Verhältnisse an Industrieöfen mit Regeneratoren zur Verbrennungsluftvorwärmung mit einem nur gering störanfälligen und wenig fehlerbehafteten Verfahren einzustellen, um den Wartungsaufwand zu senken und den Ofenwirkungsgrad zu verbessern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auch bei hohen Abgastemperaturen und der Anwesenheit von Staub, Alkalidämpfen und SO_3 im Abgas, durch Auswertung des zeitlichen Temperaturverlaufes im System Ofen-Regenerator, die Einstellung günstiger Luft-Brennstoff-verhältnisse vorzunehmen.
Die Aufgabe wird gelöst, indem periodisch in bestimmten Zeitabständen ein Suchvorgang mit schrittweiser Verringerung des Luft-Brennstoff-Verhältnisses K_λ bis zum Auffinden eines charakteristischen Verhältnisses $K_{\lambda K}$ durchgeführt wird, das durch eine signifikante Änderung der Aufheizgeschwindigkeit des oberen Teiles der vom Abgas durchströmten Regeneratorkammer gekennzeichnet ist. Von diesem charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnis $K_{\lambda K}$ aus wird in an sich bekannter Weise ein gegebenenfalls vom Lastzustand des Ofens abhängiger Differenzbetrag ΔK_λ des Luft-Brennstoff-Verhältnisses addiert, und das so eingestellte günstige Luft-Brennstoff-Verhältnis $K_{\lambda 0}$ wird bis zum nächsten Such- und Korrekturvorgang beibehalten.
Die Ermittlung des charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnisses sowie die Addition des Differenzbetrages bis zum günstigen Verhältnis wird für jedes vorhandene Brennerpaar und für jede Feuerseite getrennt durchgeführt.
Der Lösung liegt dabei der erfinderische Gedanke zugrunde, daß bei Verringerung des Luft-Brennstoff-Verhältnisses K_λ die Änderungsgeschwindigkeit der Temperatur des oberen Teiles der vom Abgas durchströmten Regeneratorkammer (Kammerkopftemperatur T_K) $\Delta T_K / \Delta t$ bis zum Erreichen eines charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnisses $K_{\lambda K}$

etwa konstant bleibt und erst bei weiterer Verringerung dieses Verhältnisses stark ansteigt.
Es wurde weiterhin gefunden, daß der Abstand ΔK_λ zwischen dem charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnis $K_{\lambda K}$ und dem günstigen Luft-Brennstoff-Verhältnis $K_{\lambda O}$, bei dem die Ofentemperatur T maximal wird, für jeden Brenner mit der ihm abgasseitig zugeordneten Regeneratorkammer in Abhängigkeit vom Lastzustand des Ofens festliegt und zeitlich nahezu unveränderlich ist, sofern eine funktionsfähige Ofendruckregelung vorhanden ist.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß eine Einstellung günstiger Luft-Brennstoff-Verhältnisse auch bei hohen Abgastemperaturen und bei Bestandteilen im Abgas, die eine Abgasentnahme sowie Abgasanalyse erschweren, ermöglicht wird. Damit kann an vorzugsweise ölbeheizten Industrieöfen, an denen aus diesen genannten Gründen bisher auf eine automatische Korrektur des Luft-Brennstoff-Verhältnisses verzichtet wurde, beispielsweise an ölbeheizten Glasschmelzöfen, periodisch die Einstellung der Verbrennung auf ein günstiges Verhältnis mit den bekannten Vorteilen, wie Brennstoffeinsparung und Verringerung des Verschleißes des Feuerfestmaterials, vorgenommen werden.
Für die Kompensation zeitlich langsam zunehmender Leckverluste bzw. Falschluftzufuhr sowie anderer Störungen von langfristigem Charakter, wie z. B. Änderung der Druckverluste am Umsteuersystem, ist das erfindungsgemäße Verfahren gut geeignet. Es erfordert zudem keine zusätzlichen Wartungsmaßnahmen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird am Beispiel einer ölbeheizten U-Flammen-Glasschmelzwanne erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 das Schema der Luft-Öl- und Abgasführung;

Fig. 2 die Abhängigkeit der Ofentemperatur und der Änderungsgeschwindigkeit der Kammerkopftemperatur vom Luft-Brennstoff-Verhältnis.

Der Glasschmelzwanne 1 mit U-förmig ausgebildeter Flamme 2 werden der Brennstoff über die Rohrleitung 4 und die Verbrennungsluft über die Rohrleitung 5 zugeführt. Das Umsteuersystem 6 sorgt dafür, daß auf einer Wannenseite Brennstoff und Verbrennungsluft eingegeben und auf der anderen Wannenseite über eine der Regeneratorkammern 3; 3' die Abgasabführungen 7 zum Schornstein geöffnet werden. In den beiden möglichen Stellungen des Umsteuersystems 6 dient also jeweils eine der beiden Regeneratorkammern 3; 3' zur Vorwärmung der Verbrennungsluft, die andere zur Speicherung eines Teiles der im Abgas enthaltenen Wärmeenergie.
Die Verbrennungsluftmenge wird mittels eines Regelkreises, bestehend aus Meßblende 8, Meßumformer 9, Regler 10 und Stellglied 11 geregelt. Die Führungsgröße 12 des Reglers 10 wird durch einen Verhältnisregler 13 vorgegeben, wobei die Führungsgröße 12 der Brennstoffmenge, die mittels Meßblende 8' und Meßumformer 9' gemessen wird, auf Grund der am Verhältnisregler 13 vorgegebenen bzw. eingestellten Verhältnisführungsgröße 14 nachgeführt wird.
Die Vorgabe bzw. Einstellung der Verhältnisführungsgröße 14 für das Verhältnis zwischen Verbrennungsluft- und Brennstoffmenge ist im dargestellten Beispiel die Eingriffsstelle des erfindungsgemäßen Verfahrens am Prozeß.

Die Kammerkopftemperaturen der beiden Regeneratorkammern 3; 3' werden an den Meßstellen 15; 15' gemessen. Mit Hilfe einer mit dem Umsteuersystem 6 synchronisierten Umschalteinrichtung 16 wird jeweils die Kammerkopftemperatur der vom Abgas durchströmten Regeneratorkammer 3; 3' ausgewählt und dem Vergleichsblock 17 zugeführt. Der Vergleichsblock 17 beinhaltet die Ermittlung des zeitlichen Anstiegs der Kammerkopftemperaturen. In den Zeiträumen, in denen mit konstanten Luft-Brennstoff-Verhältnissen gefahren wird, werden die ermittelten Anstiegswerte als Vergleichsanstiege gespeichert. In den periodisch stattfindenden Such- und Korrekturzeiträumen werden die nach Verringerung der Verhältnisführungsgröße 14 erhaltenen zeitlichen Anstiege der Kammerkopftemperaturen der Meßstellen 15; 15' mit den entsprechenden Vergleichsanstiegen verglichen.
Solange das charakteristische Luft-Brennstoff-Verhältnis $K_{\lambda K}$ noch nicht erreicht ist, wird durch den Ausgabeblock 18 eine weitere schrittweise Verringerung der Luft-Brennstoff-Verhältnis-Führungsgröße 14 veranlaßt.
Nach Auffinden des charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnisses $K_{\lambda K}$ für jede Feuerseite wird im Additionsblock 19 für jede Feuerseite das günstige Luft-Brennstoff-Verhältnis $K_{\lambda O}$ durch Addition des betreffenden ΔK_{λ} ermittelt und mit Ausgabeblock 18 die Ausgabe der entsprechenden Verhältnis-Führungsgrößen 14 für die beiden Feuerseiten getrennt vorgenommen.
Bei der Ermittlung des charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnisses $K_{\lambda K}$ muß wegen des gekrümmten zeitlichen Verlaufs der Kammerkopftemperaturen der Zeitraum der geänderten K_{λ}-Einstellung und der Anstiegsermittlung in den Feuerwechselrhythmus zeitlich genauso eingeordnet sein, wie der Zeitraum der Vergleichsanstiegsermittlung.

Falls der gemessene Anstieg mit dem zugehörigen Vergleichsanstieg übereinstimmt, wird zum nächsten Suchschritt übergegangen. Ist der gemessene Anstieg größer als der zugehörige Vergleichsanstieg, so ist damit das charakteristische Luft-Brennstoff-Verhältnis $K_{\lambda K}$ mit der Genauigkeit der Suchschrittweite gefunden.

Der Differenzbetrag ΔK_λ zwischen den Luft-Brennstoff-Verhältnissen $K_{\lambda K}$ und $K_{\lambda 0}$ kann durch Eichversuche oder durch langzeitige Beobachtung des spezifischen Wärmeverbrauchs der Glasschmelzwanne ermittelt werden.
Die Eichung beinhaltet dabei entweder die Ermittlung des Luft-Brennstoff-Verhältnisses, das zum Ofentemperaturmaximum in der Glasschmelzwanne führt ($K_{\lambda 0}$), verbunden mit der unmittelbar danach erfolgenden Ermittlung von $K_{\lambda K}$ oder die Einstellung einer optimalen Verbrennung mittels kurzzeitiger Abgasanalyse, wiederum verbunden mit der unmittelbar danach erfolgenden Ermittlung von $K_{\lambda K}$.
Die langzeitige Beobachtung des spezifischen Wärmeverbrauchs bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit unterschiedlichem ΔK_λ und sonst gleichen Bedingungen, ergibt bei minimalen spezifischen Wärmeverbrauch ebenfalls das optimale ΔK_λ.
Das periodische Ermitteln des charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnisses $K_{\lambda K}$ und das Einstellen des günstigen Luft-Brennstoff-Verhältnisses $K_{\lambda 0}$ kann manuell aber auch mit Mitteln der Prozeßrechentechnik oder mit Mikrorechnern durchgeführt werden.

Erfindungsanspruch:

Verfahren zum Einstellen günstiger Luft-Brennstoff-Verhältnisse an Industrieöfen mit Regeneratoren zur Verbrennungsluftvorwärmung, insbesondere Glasschmelzwannen, wobei ein charakteristisches Luft-Brennstoff-Verhältnis durch Verändern dieses Verhältnisses ermittelt wird und durch Addition eines ermittelten konstanten Differenzbetrages dieses Verhältnisses ein günstiges Luft-Brennstoff-Verhältnis eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß periodisch schrittweise das Luft-Brennstoff-Verhältnis verringert wird, bis die Änderungsgeschwindigkeit der Kammerkopftemperatur der vom Abgas durchströmten Regeneratorkammer gegenüber einer vergleichsweise vorgegebenen Änderungsgeschwindigkeit signifikant ansteigt, wodurch das Erreichen des charakteristischen Luft-Brennstoff-Verhältnisses angezeigt wird und daß die Einstellung des günstigen Luft-Brennstoff-Verhältnisses für jeden Brenner mit dem ihm zugeordneten Regenerator getrennt durchgeführt wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

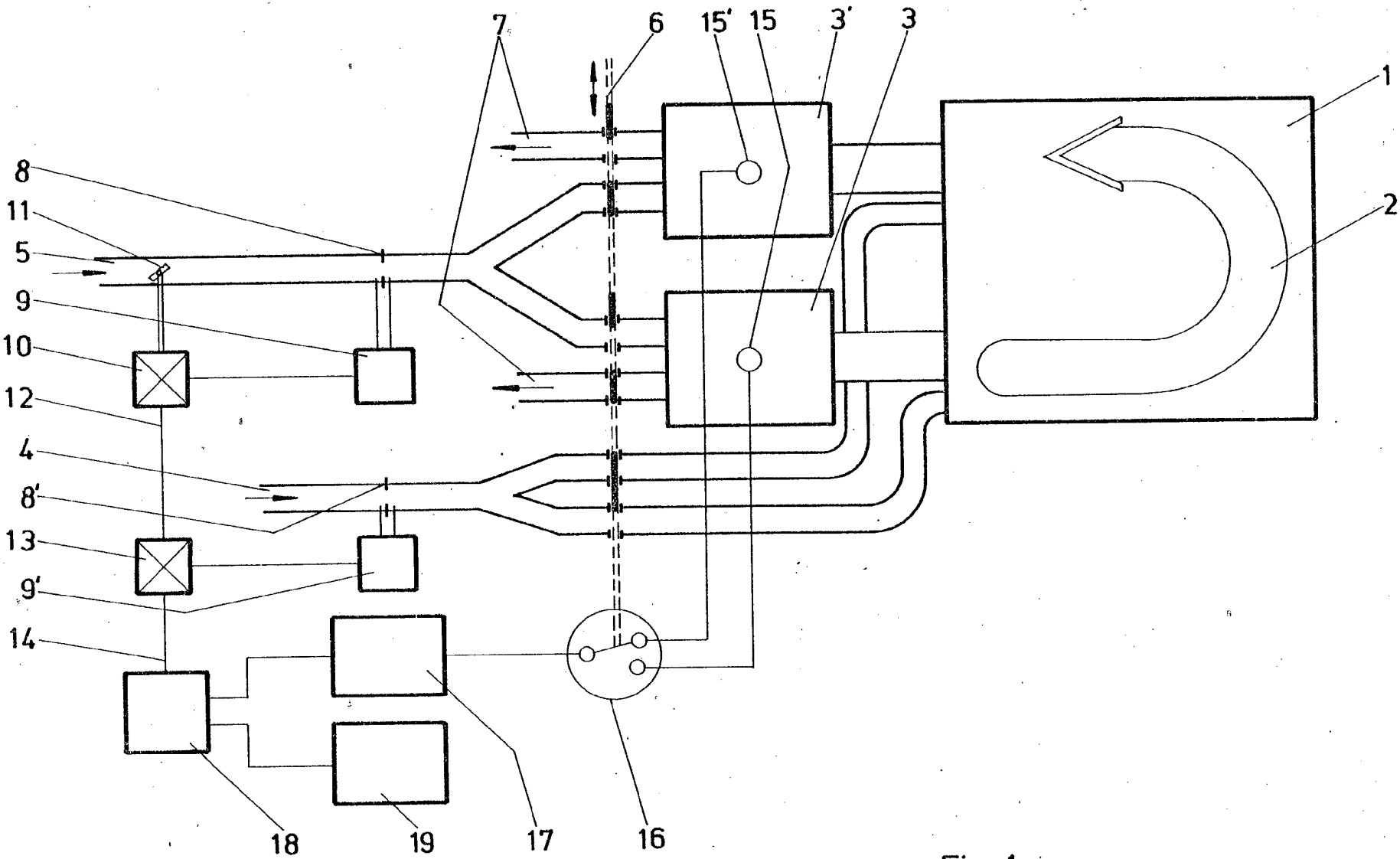


Fig. 1

2381502

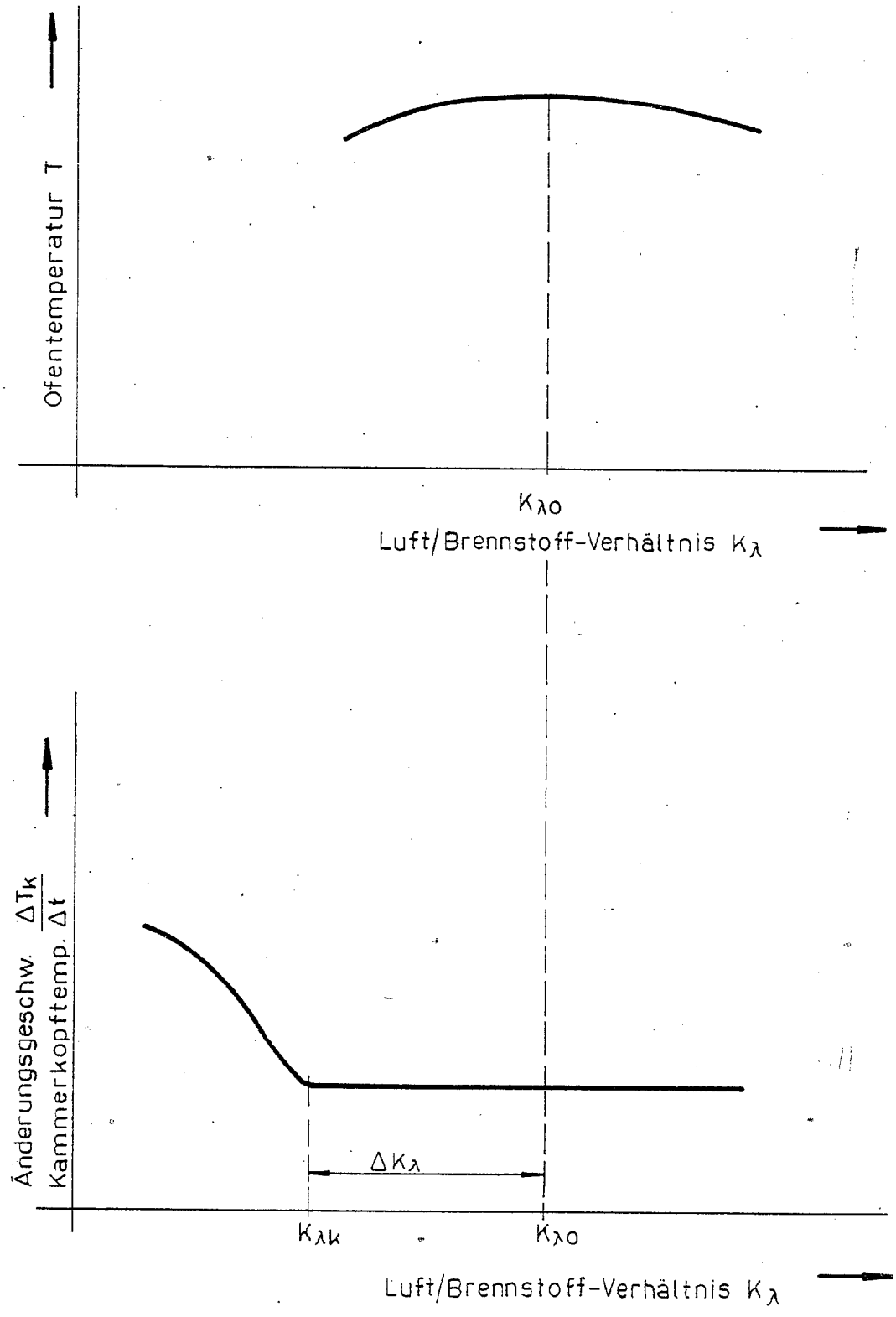

Ofentemperatur T
$K_{\lambda o}$
Luft/Brennstoff-Verhältnis K_λ
Änderungsgeschw. $\frac{\Delta T_K}{\text{Kammerkopftemp.}\ \Delta t}$
ΔK_λ
$K_{\lambda k}$
$K_{\lambda o}$
Luft/Brennstoff-Verhältnis K_λ

Fig. 2