



## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP G 01 K / 255 365 1

(22) 03.10.83

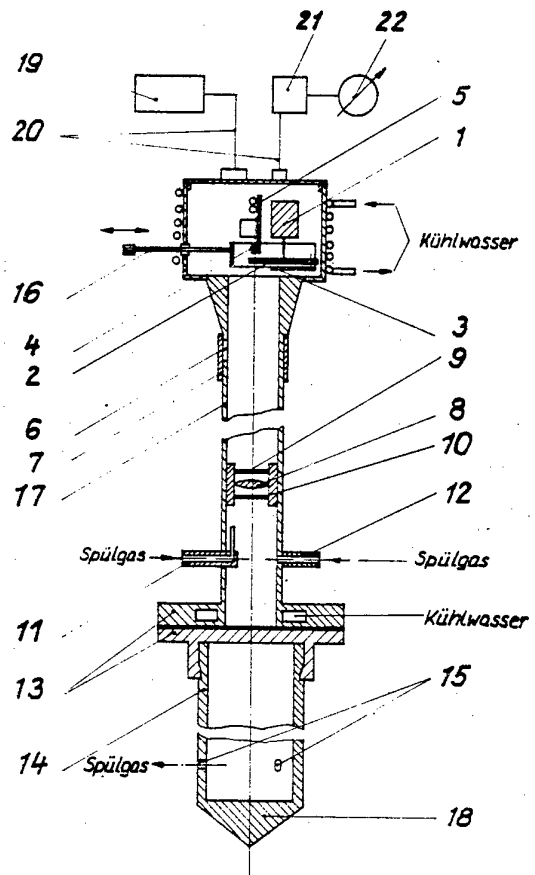
(45) 09.04.86

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, 1080 Berlin, Otto-Nuschke-Straße 22/23, DD

(72) Lachmann, Joachim, Dr. rer. nat.; Schäfer, Dieter, Dr. rer. nat.; Spangenberg, Hans-Joachim, Prof. Dr. rer. nat., DD

(54) Bestimmung der räumlichen Temperaturverteilung in metallurgischen Öfen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Messung der Temperaturverteilung in der Ofenfüllung (Möller und Schmelze) von metallurgischen Öfen. Ziel und Aufgabe der Erfindung besteht in der Bestimmung von räumlichen Temperaturverteilungen in der Ofenfüllung metallurgischer Öfen zum Zwecke der Untersuchung von Störungen im Ofenbetrieb und der Konkretisierung mathematischer Betriebsmodelle dieser Öfen. Das wird erreicht, indem man das einseitig verschlossene Sondenrohr einer Meßsonde in den Möller einsinken läßt und die Temperatur des Rohrbodens, die gleiche der Temperatur des ihn umgebenden Möllers ist, mittels eines Pyrometers mißt. Figur



### **Erfindungsanspruch:**

1. Verfahren zur Bestimmung der räumlichen Temperaturverteilung in der Beschickung (Möller und Schmelzzone) vorzugsweise metallurgischer Öfen, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein einseitig verschlossenes Meßrohr auf die Füllung aufgesetzt und wegen der kontinuierlichen Beschickung des Ofens in diese einsinkt, wobei die Temperatur des Rohrbodens, der die Temperatur der ihn umgebenden Füllung annimmt, mit einem Pyrometer gemessen wird und eine Ortsbestimmung des Meßrohrbodens mittels Längenmaßstab und Winkelmessung erfolgt.
2. Verfahren nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Meßrohr mittels eines geeigneten Gasstroms von lichtabsorbierenden Dämpfen freigehalten wird.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1 und 2, bestehend aus einem einseitig verschlossenen Rohr, einer Führung des oberen Teils dieses Rohres und einem Pyrometer, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Temperatur des in die Ofenbeschickung eingesunkenen Rohrbodens (18) mittels eines photoelektrischen Teilstrahlungs-pyrometers, das einen Lichtchopper enthält, gemessen wird und dessen Signalweg (Verstärker (5) und Zuleitung (20) zum Anzeige- bzw. Registriergerät) an geeigneter Stelle einen Hochpaß (21) zur Unterdrückung magnetischer Brummeinstreuungen aus dem Primärstromkreis des Ofens enthält.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

### **Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung der räumlichen Temperaturverteilung in metallurgischen Öfen.

Die Kenntnis der räumlichen Temperaturverteilung in der Füllung eines metallurgischen Ofens, vorzugsweise im Möller eines elektrischen Karbidofens, hat hauptsächlich zwei Anwendungsfälle. Sie wird zum einen zur Formulierung und Konkretisierung eines sich auf den jeweiligen Ofen beziehenden mathematischen Modells, wie z. B. zur rechnergestützten Prozeßführung gebraucht wird, benötigt. Zum anderen lassen sich Störungen im Ofenbetrieb nachweisen und untersuchen, die z. B. durch unerwünschte Sinterungsprozesse des Möllers, aber auch durch Inhomogenitäten seiner Zusammensetzung verursacht werden. Diese Störungen bedingen eine vom Normalfall abweichende Temperaturverteilung.

### **Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Bei einem Karbidofen zur Herstellung von Kalziumkarbid wurden die Temperaturen bisher nur in der obersten Schicht des Möllers und am Abstich gemessen. Hierzu wurden pyrometrische Meßverfahren und mit Thermoelementen bestückte Meßlanzen eingesetzt.

Die angewandten pyrometrischen Meßverfahren ergaben nur Temperaturen der Oberfläche des Möllers und des Abstichs. Die Schwierigkeit dieser bekannten Verfahren liegt darin, daß die Emissivität der Oberfläche des recht inhomogenen Möllers nicht bekannt ist und daß die sich zeitlich ändernde Lichtabsorption der am Ofen auftretenden Dämpfe, die als Faktor in die effektive Emissivität eingeht, nur schwer zu erfassen ist.

Bei Temperaturmessungen mit Thermoelementen bestückten Meßlanzen werden keine Stoffdaten des Möllers benötigt, so daß eine Sofortanzeige der Temperatur möglich ist. Sie haben aber folgende Nachteile:

1. Die Messungen müssen aus Sicherheitsgründen und um elektrische Einstreuungen aus dem Hauptstromkreis des Ofens in den Thermoelementenkreis zu vermeiden, bei abgeschalteten Ofen durchgeführt werden. Da sich der abgeschaltete Ofen langsam abkühlt, ergeben sich zu kleine Temperaturwerte. Die Differenz kann je nach Meßort und Abschaltedauer ( $t < 30$  min) bis zu 400°C betragen.
2. Der Meßbereich ist meist auf  $T < 1400^\circ\text{C}$  beschränkt.
3. Beim manuellen Einbringen der Meßlanze in den Möller ist weder ein genau vorherbestimmter Meßort erreichbar, noch ist dieser exakt bestimmbar. Die Anwendbarkeit der Meßlanzen ist im allgemeinen auch auf geringe Tiefen im Möller ( $< 0,4$  m) beschränkt.

### **Ziel der Erfindung**

Ziel der Erfindung ist es, die Temperaturverteilung in einer Ofenfüllung (Möller und Schmelze) zu messen, ohne daß dazu Stoffdaten der Ofenfüllung benötigt werden.

### **Merkmale der Erfindung**

Erfindungsgemäß wird dies mit einer Meßsonde erreicht, die aus einem einseitig geschlossenen Rohr besteht, dessen Boden auf der Oberfläche des Möllers aufgesetzt und das am oberen Teil durch eine Haltevorrichtung geführt wird. Dieses Rohr sinkt gemeinsam mit den umliegenden Möllerpartikeln in den Möller. (Der Möller wird durch die Ofenbeschickung kontinuierlich nachgefüllt). Der Ort des Rohrbodens kann durch Messung der Einsinktiefe und des Neigungswinkels des Rohres leicht bestimmt werden. Die Temperatur des Rohrbodens wird mit einem optischen Pyrometer gemessen. Sie stimmt mit der Temperatur des den Rohrboden umgebenden Möllers überein. Zur Vermeidung einer Lichtabsorption werden durch eine Spülung mit einem geeigneten Gas, vorzugsweise Ar,  $\text{N}_2$  oder Co, in das Rohr diffundierende Dämpfe entfernt.

Die aus einem einseitig geschlossenen Rohr (Sondenrohr) und einem optischen Teilstrahlungs-pyrometer bestehende erfindungsgemäße Vorrichtung gestattet, die Temperaturverteilung in einer Ofenfüllung (Möller und Schmelze) zu messen, ohne daß dazu Stoffdaten der Ofenfüllung bekannt sein müssen.

Das Sondenrohr besitzt in der Nähe des Rohrbodens Bohrungen, durch die das zur Vermeidung von Lichtabsorption (durch in das Rohr diffundierende Dämpfe) verwendete Spülgas aus dem Sondenrohr ausströmt. Es wird einseitig so gehalten, daß ein Pendeln desselben innerhalb eines kleinen Winkels möglich ist. Zur Messung der Temperatur des Rohrbodens wird erfindungsgemäß ein Teilstrahlungs-pyrometer (Spektralthermometer) benutzt, das die Helligkeit des Rohrbodens bezüglich einer Wellenlänge (vorzugsweise 650 nm) auswertet. Bei einer derartigen Anordnung ist der Temperaturmeßbereich nach oben nur durch die Materialeigenschaften des Rohres begrenzt, so daß Temperaturmessungen bis zu 3500°C mit TiC bzw. 2000°C mit Graphit im Karbidofen möglich sind. Diese Temperaturen sind wesentlich höher als die mit kommerziellen Thermoelementen erreichbaren. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung gegenüber Thermoelementen besteht darin, daß magnetische Einstreuungen in die Zuleitungen durch entsprechende Dimensionierung der Elektronik des Pyrometers vermieden werden können.

## Ausführungsbeispiel

Die Figur zeigt die Meßapparatur im Schnitt. Das Zentrum des glühenden Rohrbodens 18 des Sondenrohres 14 wird mittels einer Linse 8 auf einen Phototransistor 4 abgebildet. Dieser verwandelt das mittels Motor 1 von einer rotierenden Lochscheibe 2 zerhackte Licht in entsprechende Spannungsimpulse (500 Hz), deren Effektivwert nach Verstärkung in einem Verstärker 5 unter Zwischenschaltung eines NF-Kabels 20 von einem abgesetzten Spannungsmesser 22 gemessen wird.

Da die vom Verstärker 5 abgegebene Meßspannung proportional der Helligkeit des Bodens des Sondenrohres 14 ist und diese eindeutig von der Temperatur des Bodens 18 abhängt (Plancksches Strahlungsgesetz), ist die vom Gerät abgegebene Meßspannung eine eindeutige Funktion der Temperatur.

Das zum Phototransistor 4 gelangende Licht passiert neben der Linse 8 ein Wärmeschutzfilter 10 und ein Interferenzfilter 9 ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ). Während das Filter 10 ein übermäßiges Aufheizen der Lochscheibe 2 und des Phototransistors 4 verhindert, bewirkt das Interferenzfilter 9, daß die Helligkeit des Rohrbodens 18 nur bezüglich der Wellenlänge  $\lambda$  gemessen wird. Hierdurch ist es möglich, daß Pyrometer 17 ohne das Sondenrohr 14 mit Hilfe eines Strahlungsnormal (Wolframbandlampe), dessen Helligkeit bzw. schwarze Temperatur bezüglich dieser Wellenlänge bekannt ist, zu eichen.

Das Pyrometerrohr 17 enthält im Innern geschwärzte Blenden, um unerwünschte Lichtstreuungen zu vermeiden.

Die Helligkeit und damit die Temperatur des Bodens 18 des Sondenrohres 14 kann eindeutig gemessen werden, wenn dieses keine lichtabsorbierenden Dämpfe enthält. Deshalb wird das Rohr 14 mit Stickstoff gespült, der über den Anschluß 12 eintritt und durch drei Bohrungen 15 aus dem Rohr 14 in den Möller gelangt. Eine zusätzliche Stickstoffspülung über Anschluß 11 verhindert ein Bedampfen des Wärmeschutzfilters 10. Zur Kühlung des Optikkblocks (Teile 8; 9 und 10) und des Verstärkers 5 wird der Anschlußflansch 13 des Pyrometers 17 und das Gehäuse des Verstärkers 5 mit einer Wasserkühlung versehen.

Der Verstärker 5 muß speziellen Anforderungen genügen. Wegen der z. T. geringen Lichtintensität liegt der Photostrom des Phototransistors 4 ( $\geq 10^{-9} \text{ A}$ ) in der Größenordnung seines Dunkelstromes. Es ist deshalb erforderlich, daß das Licht hellkeitsmoduliert (Lochscheibe 2) und die Modulation des Photostromes (500 bis 600 Hz) verstärkt und gemessen wird. Weil auf eine besondere Stabilisierung der Modulationsfrequenz verzichtet wird, muß die Verstärkung innerhalb des Bereiches 450 bis 800 Hz konstant sein. Wegen des hohen Betriebsstromes des Karbidofens ist mit magnetischen Einstreuungen der Frequenz 50 Hz und ihrer Harmonischen zu rechnen. Die Verstärkung muß deshalb unterhalb 450 Hz steil abfallen. Um das Rauschen gering zu halten, muß die Verstärkung auch oberhalb 800 Hz stark abfallen.

Die geringe Bandbreite des Gesamtverstärkers wird durch Nachschalten eines aktiven Tiefpaßfilters und eines aktiven Hochpaßfilters 21 bewirkt. Wenn das Hochpaßfilter 21 am Ausgang des NF-Kabels 20 angeordnet wird, können auch magnetische Einstreuungen vom Hauptstromkreis des Ofens auf das Kabel 20 unterdrückt werden. Zur Verhinderung von Brummeinstreuungen aus dem Netz (Erdungspunkt) wird der Verstärker 5 mit Batterien 19 betrieben.

Zur Eichung des Pyrometers 17 wird das Rohr 14 durch Lösen der Flanschverbindung 13 entfernt und vor die Abbildungslinse 8 eine Vorsatzlinse angeordnet. Das Band einer Wolframbandlampe kann dann auf den Phototransistor 4 abgebildet werden. Die richtige Justierung der Wolframbandlampe wird gefunden, indem man den Bildschirm 3 (auf dem die Lage der Transistors eingezeichnet ist) mit Hilfe der Stange 16 vor die Lochscheibe 2 zieht und nach Entfernen der Abdeckung 7 das Bild des Wolfram-Bandes durch die Öffnung 6 beobachtet. Die Erfindung ist nicht auf die genannten Anwendungsmöglichkeiten beschränkt. Sie kann beispielsweise auch bei Glasschmelzöfen, Alu-Öfen u. a. angewendet werden.

