



Erfolgspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑬ PATENTSCHRIFT A5

⑯ Gesuchsnummer: 4565/87

⑯ Inhaber:
National Council for Cement & Building
Materials, New Delhi (IN)

⑯ Anmeldungsdatum: 24.11.1987

⑯ Erfinder:
Visvesvaraya, Hosagrahar Ch., Dr., New Delhi
(IN)

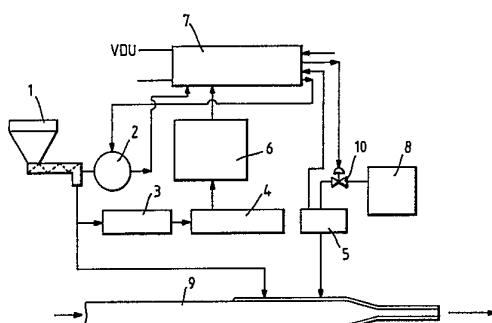
⑯ Patent erteilt: 31.05.1990

⑯ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑮ Verfahren zum Regeln der Feuerung eines Brennofens mit einem Brenner für pulverisierte Kohle unterschiedlicher Qualität und Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.

⑯ Unterschiedliche Kohlequalität oder Einsatz von Kohle mit hohem Aschegehalt beeinflusst die Brennbedingungen in einem Drehofen und dadurch die Qualität von Klinkern und die Lebensdauer der feuерfesten Auskleidung des Ofens. Bekannte Verfahren zur Verbesserung der Kohlequalität ver mahlen die Kohle und fügen Chemikalien hinzu, die die mineralische Asche binden und ausschwemmen sollen. Diese Vorgehensweise ist kostenintensiv, und es gibt Entsorgungsprobleme. Das neue Verfahren und die neue Vorrichtung sollen kostengünstig und umweltfreundlich für gleichbleibende Bedingungen im Brennbereich des Drehofens sorgen.

Der Absolutgehalt mindestens eines anorganischen Konstituenten in der Kohle wird zur Bestimmung des Gesamtaschegehaltes in der Kohle benutzt. Falls die Ofentemperatur von einem Sollwert abweicht, wird dem Brenner (9) ein zusätzliches Brennmittel zugeführt, wobei auch die Kohlezufuhr geändert werden kann. Es kann auch nur die Kohlezufuhr zum Brenner (9) erhöht oder herabgesetzt werden. Die Vorrichtung umfasst den Brenner (9), eine Zuführvorrichtung (1) für pulverisierte Kohle, einen automatischen Probennehmer (3) sowie einen Rechner (7). Der Rechner (7) betreibt eine Vorrichtung (10), um zusätzlichen Brennstoff von einem Speicher (8) zum Brenner (9) durch einen Durchflussmesser (5) zuzuführen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Regeln der Feuerung eines Brennofens mit einem Brenner für pulverisierte Kohle unterschiedlicher Qualität, dadurch gekennzeichnet, dass periodisch Kohleproben von der Zuführung für die pulverisierte Kohle zum Brenner gezogen werden, daraus eine Probe für einen On-Line-Analysator präpariert wird, der Absolutgehalt mindestens eines anorganischen Konstituenten in der Kohleprobe vom Analysator bestimmt wird, die Daten in einen Prozessrechner eingespeist werden, der Gesamtaschegehalt in der Kohle aus den Daten bestimmt wird, und, falls die Ofentemperatur von einem Sollwert abweicht oder falls eine Änderung im Gesamtaschegehalt festgestellt wird, der Prozessrechner Signale liefert, die erforderlichenfalls eine zusätzliche Brennstoffzufuhr mit oder ohne Änderung in der Kohlezufuhr zum Brenner veranlassen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Absolutgehalt von Kieselerde, Eisen, Aluminium, Kalzium und Magnesium in der Kohle zum Bestimmen des Gesamtaschegehaltes berechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Absolutgehalt von Aluminium, Eisen, Kieselerde und Magnesium zum Bestimmen des totalen Aschegehaltes berechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Absolutgehalt von Kieselerde, Aluminium und Eisen in der Kohle zum Bestimmen des Gesamtaschegehaltes berechnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Absolutgehalt von Kieselerde und Eisen oder nur von Kieselerde zum Bestimmen des Gesamtaschegehaltes berechnet wird.

6. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit einer Zufuhr für pulverisierte Kohle zu einem Vielkanalbrenner, dadurch gekennzeichnet, dass an der Zufuhr ein automatisierter Probennehmer zum periodischen Ziehen von Kohleproben, eine Proben-Aufbereitungseinheit am Probennehmer, ein On-Line-Analysator an der Präparationseinheit zum Bestimmen des Absolutgehaltes mindestens einer der anorganischen Konstituenten in der Probe und ein Rechner zum Aufnehmen der Daten vom Analysator zusammen mit anderen Daten vom Ofen und zum Bestimmen des Aschegehaltes in der Probe aus dem Absolutgehalt der anorganischen Konstituenten vorgesehen ist, wobei der Computer erforderlichenfalls Signale an Vorrichtungen zum Zuführen eines zusätzlichen Brennstoffes mit oder ohne Steigern der Kohlezufuhr zum Brenner liefert.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass er eine Waage zum Auswiegen einer vorbestimmten Menge pulverisierter Kohle für die Zufuhr, ein Förderband zum Transportieren der Kohle von der Waage zur Zufuhr und einen Antrieb für variable Geschwindigkeit für das Förderband gemäß der Signale vom Prozessrechner aufweist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln der Feuerung eines Brennofens nach dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1. Speziell betrifft die Erfindung Drehöfen für die Produktion von Zementklinkern, sie ist aber nicht darauf beschränkt. Die Öfen werden mit einer Mischung gespeist, die, falls es sich um Öfen zur Herstellung von Zementklinkern handelt, aus Kalkstein, Ton und einer Reihe ausgewählter Zusätze besteht, je nach der Zusammen-

setzung und den gewünschten Eigenschaften des produzierten Zements. Pulverisierte Kohle und Luft werden dem Ofen durch einen Brenner zugeführt und darin verbrannt, um die Mischung zu bearbeiten und sie in Klinker zu überführen.

Beim Herstellen von Zementklinkern ist ein Prozessparameter, die Brennzone des Drehofens auf eine bestimmte Temperatur zu bringen und sie dann zu halten. Solche Brennbedingungen sind nötig, um einen Klinker mit gewünschter gleichbleibender Qualität herzustellen. Es ist bekannt, dass eine variable Kohlequalität oder der Einsatz von Kohle mit hohem Aschegehalt die Brennbedingungen eines Drehofens und damit auch die Qualität und Gleichförmigkeit von Klinkern beeinflussen kann, weiterhin einen ungünstigen Einfluss auf die Lebensdauer der feuerfesten Auskleidung hat und vieles mehr.

Der Einsatz von Kohle mit hohem Aschegehalt ist mit weiteren Nachteilen behaftet. Wenn nämlich solche Kohle als Brennstoff in einem Drehofen benutzt wird, wird der Gehalt an C₃S im Klinker herabgesetzt. Dadurch nimmt die Mahlenergie des Klinkers zu und reduziert die Stärke des so erhaltenen Zements. Außerdem wird der Ausschliss reduziert, da Kohle mit hohem Aschegehalt weniger Hitze in der Brennzone des Drehofens liefert. Es ist bekannt, Kohle in pulverisiertem Zustand als Brennstoff einem Drehofen zuzuführen. Das dazu notwendige Vermahlen ist bei Kohle mit hohem Aschegehalt schwierig. Zudem erfordert der Einsatz von Kohle mit hohem Aschegehalt eine bessere Qualität des Kalksteins in der Mischung. Ein weiterer Nachteil ist, dass solche Kohle zur Ringbildung im Ofen führt. Die Ringbildung reduziert den effektiven Gesamtdurchmesser des Ofens. Kohle mit hohem Aschegehalt braucht auch längere Zeit zum Abbrennen und hat einen geringeren kalorischen Wert.

35 Viele Verfahren zum Anreichern der Kohle sind bekannt, um aschebildende Materie aus der Kohle zu entfernen. Ein solches Verfahren besteht darin, die Kohle fein zu vermahlen und dann gewisse Chemikalien hinzuzufügen. Sodann wird sie der Schaum-Schwimmaufbereitung ausgesetzt. Mit 40 diesem Verfahren sind höhere Kosten verbunden, darüberhinaus müssen die Verunreinigungen entsorgt werden. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Kohle zunächst feucht ist und daher getrocknet werden muss, bevor sie in den Ofen gebracht wird.

45 Verschiedene Nachteile sind auch mit der Verwendung Kohle unterschiedlicher Qualität verknüpft. Beispielsweise variiert der kalorische Wert, woraus Temperaturfluktuationen resultieren. Es ändert sich das Temperaturprofil im Ofen, und als Folge davon erhält man die Klinker nicht mit 50 der gewünschten Phasenzusammensetzung. Da eine variierende Temperatur ein nicht gleichförmiges Brennen des Klinkers bedingt, erhält man im allgemeinen einen gelben oder nicht gebrannten Klinker. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass eine fluktuierende Temperatur einen instabilen 55 Überzug im Brennbereich gibt und die Lebensdauer der feuerfesten Auskleidung des Ofens herabsetzt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Regeln der Feuerung eines Ofens bereitzustellen sowie ein Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens, 60 durch das eine verlängerte Lebensdauer der feuerfesten Auskleidung des Ofens erreicht wird, wobei man eine verbesserte und gleichförmige Qualität des Klinkers erreicht und wobei die Nachteile des Standes der Technik vermieden werden.

Das Verfahren besteht aus den im Anspruch 1 aufgeführten Schritten.

Die Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens ermöglicht gleichbleibende Bedingungen in der Brennzone des Ofens. Er weist eine Zuführung auf, um pulverisierte Kohle

zu einem Vielkanalbrenner zu leiten, einen automatischen Probennehmer an der Zuführung, um periodisch Kohleproben zu ziehen, eine Proben-Aufbereitungseinheit am Probennehmer, um die zugeführte Kohle zu präparieren, einen On-Line-Analysator an der Aufbereitungseinheit zum Bestimmen des absoluten Gehaltes mindestens eines anorganischen Konstituenten in der Kohleprobe, und einem Computer, der die Daten vom Analysator zusammen mit anderen Daten vom Ofen erhält. Der Aschegehalt in der Probe wird aus dem Absolutgehalt der genannten anorganischen Konstituenten bestimmt. Falls erforderlich, liefert der Computer Signale an Vorrichtungen, die zusätzlichen Brennstoff liefern mit oder ohne Änderungen in der Kohlezufuhr oder zu Vorrichtungen nur zum Steigern oder Absenken der Kohlezufuhr zum Brenner.

Mit Hilfe des Verfahrens und der Vorrichtung erreicht man gleichförmige Bedingungen im Brennbereich des Ofens und damit eine gleichförmige Qualität der Klinker. Weiterhin wird die Lebensdauer der feuerfesten Auskleidung des Ofens erhöht.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wurde nun gefunden, dass der Absolutgehalt mindestens eines anorganischen Konstituenten, der in der Probe vorliegt und der vom Analysator bestimmt wird, praktisch sofort Daten über den Aschegehalt der Kohleprobe liefert. Bei konventionellen Methoden liegt die erforderliche Zeit zur Bestimmung des Aschegehaltes bei etwa 2 bis 3 Stunden.

Die Erfindung soll nun anhand der beigefügten Zeichnungen weiter erläutert werden. Es zeigt

Fig. 1 die schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, und

Fig. 2 bis 6 den berechneten Aschegehalt aufgrund von Korrelationen mit Kieselerde, Eisen, Aluminium, Kalzium und Magnesium aufgetragen gegen den tatsächlich nachgewiesenen Aschegehalt.

Fig. 1 zeigt eine Zuführungsvorrichtung (1) für pulverisierte Kohle, die abgewogenen Mengen pulverisierter Kohle zu einem Vielkanalbrenner (9) über einen Antrieb (2) für variable Geschwindigkeit zuführt. Ein automatischer Probennehmer (3) entnimmt kontinuierlich Proben und sammelt sie in einem kleinen Fülltrichter, vermischt und bringt dann ein Teil oder das Ganze zur Proben-Aufbereitungseinheit (4). In dieser Einheit (4) wird die pulverisierte Kohle mit einem Bindemittel gemischt und auf bekannte Weise in Brikettform gebracht. Diese Briketts werden einem On-Line-Analysator (6) zugeführt, in dem der Prozentgehalt von Kieselerde, Aluminium, Eisen, Magnesium und Kalziumoxid bestimmt werden. Die Informationen über den Prozentgehalt von Kieselerde, Aluminium und anderen der oben genannten Substanzen wird einen Prozessrechner (7) eingespeist. Informationen über die Temperatur im Ofen, der nicht gezeigt ist, werden auch in den Rechner (7) eingespeist. Wenn die Temperatur im Ofen zu hoch ist, ist es offensichtlich, dass gerade Kohle mit einem höheren kalorischen Wert zugeführt wird, und der Rechner (7) kontrolliert den Antrieb für variable Geschwindigkeit (2) so, dass die dem Brenner zugeführte Kohlemenge reduziert wird. Andererseits gibt eine reduzierte Temperatur einen niedrigeren kalorischen Wert der Kohle aufgrund des höheren Aschegehaltes

an. In so einem Fall wird der Rechner (7) Vorrichtungen (19) betreiben, um einen zusätzlichen Brennstoff wie zum Beispiel Heizöl oder brennbares Gas von einem Speicher (8) zum Vielkanalbrenner (9) durch einen Durchflussmesser (5) zu führen. Gleichzeitig oder alternativ kann der Rechner (7) den Antrieb für variable Geschwindigkeit (2) betreiben, um die Kohlezufuhr zum Brenner (9) zu verändern.

Der Analysator (6) ist ein geeignetes analytisches Gerät zum schnellen und genauen Messen anorganischer Konstituenten in der Kohle. Der kontrollierende Mikroprozessor oder der zur Verfügung stehende Rechner dieses Geräts oder der Hauptprozessrechner wird benutzt, um diese Daten in den Aschegehalt der Kohle zu konvertieren, und zwar gemäß der aufgestellten statistischen Beziehungen des oben dargestellten Typs. In einer anderen Ausführungsform kann (6) auch ein On-Line-Gerät zur direkten Bestimmung des Aschegehaltes sein.

Der Prozessrechner (7) steht über Interfaces mit dem Labor in Verbindung, das Verfahren und interne Vorgänge werden gemäß der Software kontrolliert und ausgeführt, von der ein Flussdiagramm in Fig. 7 gezeigt wird.

Es wird nun Bezug genommen auf Tabelle 1, die die Rechnung darstellt, die mit 35 verschiedenen Kohleproben durchgeführt wurden. Die Rechnungen beziehen sich auf den Prozentgehalt von SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO und MgO , die in solchen Proben vorliegen. Aufgrund solcher Rechnungen und multipler Regressionsanalyse wurde die folgenden Regressionsgleichungen entwickelt, in dem die oben genannte Analyse durchgeführt wurde. Die Ergebnisse für die Beispiele 1 bis 5 sind in den Figuren 2 bis 6 dargestellt.

Beispiel 1:

$$\text{Aschegehalt \%} = 1,03 + 1,075 (\text{SiO}_2) + 1,442 (\text{Fe}_2\text{O}_3) + 1,035 (\text{Al}_2\text{O}_3) + 1,034 (\text{CaO}) + 1,36 (\text{MgO})$$

Multipler Korrelations-Koeffizient 0,9923

Beispiel 2:

$$\text{Aschegehalt \%} = 0,2589 + 1,153 (\text{SiO}_2) + 1,388 (\text{Fe}_2\text{O}_3) + 0,849 (\text{Al}_2\text{O}_3) + 2,166 (\text{MgO})$$

Multipler Korrelations-Koeffizient 0,9848

Beispiel 3:

$$\text{Aschegehalt \%} = 1,464 + 1,195 (\text{SiO}_2) + 2,074 (\text{Fe}_2\text{O}_3) + 0,482 (\text{Al}_2\text{O}_3)$$

Multipler Korrelations-Koeffizient 0,9646

Beispiel 4:

$$\text{Aschegehalt \%} = 2,289 + 1,315 (\text{SiO}_2) + 2,403 (\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Multipler Korrelations-Koeffizient 0,9612

Beispiel 5:

$$\text{Aschegehalt \%} = 5,608 + 1,439 (\text{SiO}_2)$$

Multipler Korrelations-Koeffizient 0,9021

Vom Wert des multiplen Korrelations-Koeffizienten her sieht man aus dem obigen Gleichungssatz, dass abhängig von der Komplexität der Kohle ein statistisch gültiger und praktisch akzeptabler einfacher oder komplexer Zusammenhang für die indirekte Bestimmung des Aschegehaltes immer hergeleitet werden kann.

Tabelle 1
Analysedaten für die Kohle

Probe- Nr.	% Asche in der Kohle	% anorganischer Konstituenten in der Kohle				
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
1	2	3	4	5	6	7
1	24,36	13,6	1,77	8,06	0,48	0,13
2	26,04	13,8	2,30	8,68	0,74	0,11
3	15,97	8,48	1,55	4,73	0,38	0,13
4	20,80	11,19	1,62	6,34	0,56	0,16
5	17,68	9,20	1,52	5,38	0,66	0,13
6	34,96	20,83	2,05	7,27	2,53	0,25
7	24,24	14,37	2,62	4,82	0,64	0,24
8	40,65	24,67	2,42	9,16	0,86	0,23
9	36,76	19,72	3,28	10,03	1,18	0,32
10	31,83	19,17	2,10	7,69	0,50	0,45
11	27,03	10,63	3,60	7,95	1,62	0,09
12	40,30	22,79	3,40	10,62	0,38	0,21
13	40,27	22,67	5,08	9,84	0,40	-
14	9,92	4,14	1,35	1,84	0,94	0,07
15	34,64	21,08	1,77	8,27	1,48	0,18
16	31,37	18,97	1,92	7,55	0,59	0,49
17	41,05	25,43	2,26	8,14	2,81	4,49
18	33,70	20,09	1,89	8,57	1,21	0,28
19	29,72	19,22	1,28	7,28	0,92	0,08
20	36,26	18,09	3,02	9,20	1,08	0,29
21	29,17	17,05	2,28	7,74	0,73	0,17
22	32,90	20,05	1,42	8,57	1,04	0,36
23	30,95	11,47	3,68	5,99	3,72	3,41
24	43,96	25,36	2,69	9,54	2,75	0,52
25	24,60	13,02	2,18	6,79	0,99	0,69
26	34,98	20,35	2,19	9,06	1,07	0,32
27	27,90	16,16	1,65	6,51	1,60	0,31
28	26,31	14,42	1,75	6,01	1,98	0,30
29	23,74	14,10	1,32	5,78	1,27	0,22
30	32,23	18,37	3,14	8,76	0,63	0,27
31	25,43	14,39	1,62	5,73	2,53	0,23
32	26,92	15,85	1,52	6,09	2,35	0,30
33	21,24	11,37	1,82	5,84	1,79	-
34	21,04	10,86	1,62	6,40	1,77	-
35	21,64	11,85	2,31	5,73	1,51	-

Fig. 1.

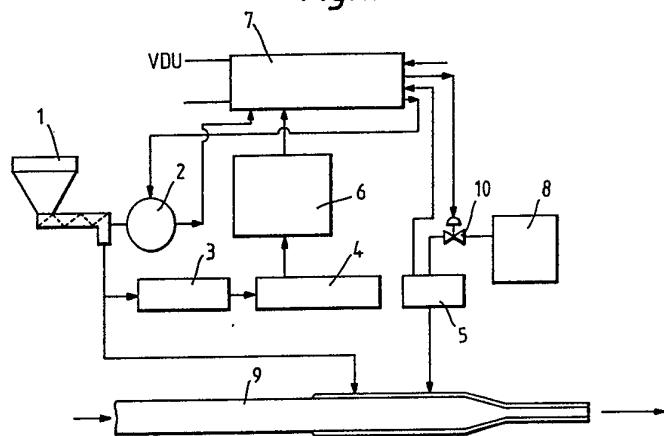


Fig. 2.

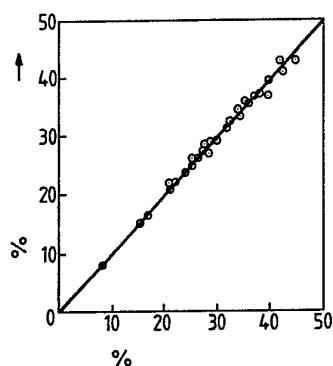


Fig. 3.

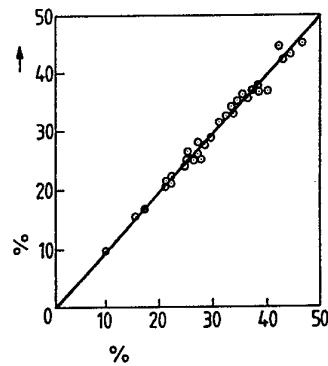


Fig. 4.

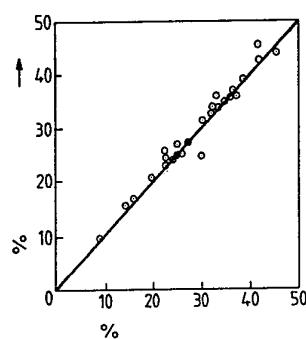


Fig. 5.

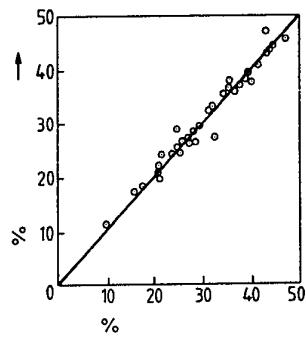


Fig. 6.

