

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 933/2011
(22) Anmeldetag: 27.06.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2012

(51) Int. Cl. : **G01B 11/16** (2006.01)

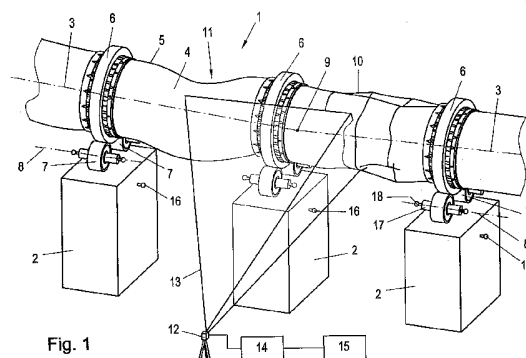
(56) Entgegenhaltungen:
WO 2004097355 A1
JP 2008107175 A

(73) Patentinhaber:
HOLCIM TECHNOLOGY LTD
8645 RAPPERSWIL-JONA (CH)

(72) Erfinder:
STUTZ THOMAS
WETTINGEN (CH)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERFASSEN VON GERADHEITSABWEICHUNGEN UND/ODER VERFORMUNGEN BEI EINEM DREHROHROFEN

(57) Bei einem Verfahren zum Erfassen von Geradheitsabweichungen und/oder Verformungen bei einem Drehrohrföhrn (1), dessen Drehrohr (4) in axialer Richtung voneinander beabstandete Laufringe (6) aufweist, die jeweils auf Laufrollen (7) abgestützt sind, werden die äußere Mantelfläche (5) des Drehrohres (4), die Laufringe (6), die Laufrollen (7) und/oder die Wellen (17) der Laufrollen (7) mit Hilfe wenigstens einer Abtastvorrichtung (12) berührungslos abgetastet werden, sodass bezüglich der abgetasteten Objekte dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, und die dreidimensionalen Positionsdaten werden hinsichtlich des Auftretens einer Abweichung der Drehrohrföhrnachs (3) von einer Geraden, einer Abweichung des Drehrohres (4) von einer zylindrischen Form und/oder einer Abweichung der Laufrollendrehachsen (8) von einer Parallelen mit der Drehrohrföhrnachs (3) ausgewertet. Bei einer Vorrichtung zum Erfassen von Geradheitsabweichungen und/oder Verformungen bei einem Drehrohrföhrn (1) ist wenigstens eine berührungslos arbeitende Abtastvorrichtung (12) vorgesehen, die angeordnet ist, um die äußere Mantelfläche (5) des Drehrohres (4), die Laufringe (6), die Laufrollen (7) und/oder die Wellen (17) und/oder Wellen-End-Verlängerungen der Laufrollen (7) berührungslos abzutasten.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen von Geradheitsabweichungen und/oder Verformungen bei einem Drehrohrofen, dessen Drehrohr in axialer Richtung voneinander beabstandete Laufringe aufweist, die jeweils auf Laufrollen abgestützt sind.

[0002] Drehrohröfen sind Öfen für kontinuierliche Prozesse in der Verfahrenstechnik und werden zum Beispiel als Klinkeröfen in Zementherstellungsanlagen eingesetzt. Das Drehrohr eines solchen Ofens ist in Längsrichtung leicht geneigt, um mit dem Umlauf des Ofenrohres einen axialen Transport des Materials im Inneren des Ofens herbeizuführen, und zwar von der Einlaufseite zur Auslaufseite. In der Zementindustrie verwendete Drehrohröfen haben typischerweise Längen von 75 bis 80 m, erreichen jedoch manchmal bis zu 150 m, und haben Durchmesser von bis zu 6,5 m. Das Drehrohr des Drehrohrrofens weist in axialer Richtung voneinander beabstandete Laufringe auf, die mit dem Drehrohr über Befestigungssysteme verbunden sind, welche thermische Ausdehnungen des Drehrohres im Betrieb zulassen. Die Laufringe sind auf Laufrollen abgestützt, die jeweils um eine in axialer Richtung der Drehrohrachse verlaufende Achse drehbar gelagert sind. Jedem Laufring sind in der Regel zwei Laufrollen zugeordnet, deren Drehachsen parallel zueinander verlaufen und die in Abstand zueinander angeordnet sind. Durch die Einstellung des Abstands zwischen den beiden jeweils einen Laufring abstützenden Laufrollen kann die Abstützhöhe und die seitliche Position eingestellt werden, wobei darauf abgezielt wird, die Abstützhöhe und die seitliche Position bei allen Laufringen so einzustellen, dass die Drehrohrachse, d.h. die Verbindung der Mittelpunkte der durch alle Laufringe aufgespannten Kreisflächen, über die gesamte Länge des Drehrohrrofens gerade verläuft.

[0003] Geradheitsabweichungen der Drehrohrföfenachse, die zum Beispiel auf Grund von Installationstoleranzen, Abnutzung von Laufringen, Laufrollen und Laufrollen-Lager während des Betriebes des Ofens hervorgerufen werden können, führen zu einer dynamischen Biegebelastung des Drehrohrmantels und dadurch zu Rissgefahr und erhöhtem Verschleiß.

[0004] Abweichungen der Parallelität der Laufrollendrehachsen mit der Drehrohrföfenachse führen einerseits zu einer deutlichen Erhöhung der Reibung zwischen Laufring und Laufrollen und andererseits zu einem ungleichmäßigen Kontakt zwischen dem Laufring und den Laufrollen. Beides erhöht den Verschleiß und verringert die Standzeit, d.h. diejenige Zeit, in welcher der Drehrohrföfen ohne Unterbrechung arbeiten kann, bis die nächste Wartung durchgeführt werden muss.

[0005] Die Standzeit eines Drehrohrrofens wird weiters entscheidend von Verformungen des Drehrohrmantels beeinflusst. Solche Verformungen, die insbesondere auf Grund von hohen Temperaturen entstehen können, haben nichts mit den oben beschriebenen Geradheitsabweichungen der Drehrohrachse zu tun, sondern betreffen insbesondere lokale Abweichungen von der Geradheit des Mantels bzw. der Mantelerzeugenden und die Rundheit des Mantelquerschnitts. Die Verformungen des Drehrohrmantels haben negative Auswirkungen auf die Feuerfestverkleidung im Inneren des Drehrohres.

[0006] Die Erfindung zielt nun darauf ab, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen Geradheitsabweichungen und/oder Verformungen bei einem Drehrohrföfen mit großer Genauigkeit erfasst werden können, damit etwaige Abweichungen bzw. Verformungen frühzeitig erkannt und behoben werden können, um die Standzeit eines Drehrohrrofens zu verlängern. Die Erfassung der Geradheitsabweichungen bzw. der Verformungen soll möglichst ohne Unterbrechung des laufenden Betriebes des Drehrohrrofens möglich sein. Weiters sollen Eingriffe in die bestehende Konstruktion des jeweiligen Drehrohrrofens vermieden werden. Schließlich soll eine einfache Messung an bestehenden Öfen möglich sein.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe ist gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ein Verfahren zum Erfassen von Geradheitsabweichungen und/oder Verformungen bei einem Drehrohrföfen, insbesondere einem Klinker- oder Kalkföfen einer Zementherstellungsanlage oder ähnliche, vorgesehen, das sich dadurch auszeichnet, dass die äußere Mantelfläche des Drehrohres, die

Laufringe, die Laufrollen und/oder die Wellen der Laufrollen mit Hilfe wenigstens einer Abtastvorrichtung berührungslos abgetastet werden, sodass bezüglich der abgetasteten Objekte dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, und dass die dreidimensionalen Positionsdaten hinsichtlich des Auftretens einer Abweichung der Drehrohrofenachse von einer Geraden, einer Abweichung des Drehrohrs von einer zylindrischen Form und/oder einer Abweichung der Laufrollendrehachsen von einer Parallelen mit der Drehrohrofenachse ausgewertet werden. Dadurch, dass die Objekte berührungslos abgetastet werden, muss lediglich dafür Sorge getragen werden, dass die wenigstens eine Abtastvorrichtung neben dem Drehrohrofen aufgestellt werden kann, konstruktive Veränderungen des Ofens selbst sind jedoch nicht erforderlich. Optisch arbeitende Abtastvorrichtungen weisen eine hohe Genauigkeit auf, sodass auch relativ geringe Abweichungen bzw. Verformungen erfasst werden können. Beispielsweise ist es bei bestimmten Drehrohröfen günstig, wenn Abweichungen und Verformungen im Bereich von wenigen Millimetern erfasst werden können. Optisch arbeitende Abtastvorrichtungen haben in der Regel einen bestimmten Erfassungswinkel, sodass mit einer einzigen Abtastvorrichtung mehrere der oben genannten Objekte gleichzeitig erfasst werden können.

[0008] Dadurch, dass das erfindungsgemäße Verfahren auf der Erfassung und Verarbeitung dreidimensionaler Positionsdaten beruht, kann mit erprobten softwaretechnischen Mitteln eine Auswertung vorgenommen werden, wobei insbesondere die Verarbeitung der Positionsdaten zu einem dreidimensionalen Modell der abgetasteten Objekte in einfacher Weise möglich ist. Die wenigstens eine Abtastvorrichtung kann hierbei so arbeiten, dass sie eine Vielzahl von Punkten auf der Oberfläche des abzutastenden Objekts nach einem vorgegebenen Muster oder Raster abtastet, sodass zu jedem Punkt dreidimensionale Positionsdaten gewonnen werden. Aufgrund der Zuordnung der dreidimensionalen Positionsdaten zu dem entsprechend Punkt innerhalb des vorgegebenen Musters bzw. Rasters kann das dreidimensionale Modell in einfacher Weise erstellt und ggf. auf einer Anzeigevorrichtung dargestellt werden.

[0009] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass aufgrund der berührungslosen Arbeitsweise das Abtasten bevorzugt auch während des Betriebes des Drehrohröfens erfolgen kann.

[0010] Da Drehrohröfen sehr lang sein können, ist es in der Regel nicht möglich, die gesamte Ofenlänge mit einer Abtastvorrichtung zu erfassen. Eine bevorzugte Verfahrensweise sieht daher vor, dass mit der wenigstens einen Abtastvorrichtung ein axialer Teilbereich des Drehrohröfens abgetastet wird, dass Abtastungen in einer Mehrzahl von entlang der Ofenlänge verteilten axialen Teilbereichen vorgenommen werden, bei denen jeweils mindestens ein Referenzpunkt oder Referenzobjekt miterfasst wird, und dass die dreidimensionalen Positionsdaten auf den jeweiligen Referenzpunkt bzw. das Referenzobjekt bezogen werden, um relative Positionsdaten zu erhalten, und die relativen Positionsdaten mehrerer axialer Teilbereiche zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet werden. Der Referenzpunkt kann beispielsweise ein eigens für diesen Zweck angebrachtes ortsfestes Objekt sein. Alternativ besteht auch die Möglichkeit besteht auch, auf eigene Referenzpunkte zu verzichten und als Referenzobjekt nur die Geometrie der Laufringe für das Zusammenfügen der verschiedenen Abtastungen zu verwenden. Die entlang der Ofenlänge verteilten Abtastungen können hierbei mit einer einzigen Abtastvorrichtung vorgenommen werden, die nach jedem Abtastvorgang entlang der Ofenlänge verschoben werden muss, um am neuen Aufstellungsort jeweils einen neuen Abtastvorgang zu starten. Es ist aber auch möglich, mehrere Abtastvorrichtungen zu verwenden, die entlang der Ofenlänge verteilt angeordnet sind. Der Erfassungsbereich der einzelnen Abtastungen kann sich bevorzugt überlappen, wobei im Überlappungsbereich bevorzugt jeweils mindestens ein, besser mehrere der genannten Referenzpunkte bzw. -Objekte angeordnet sind, damit benachbarte Abtastungen auf den gleichen ortsfesten Punkt bezogen und in der Folge gemeinsam ausgewertet werden können.

[0011] Bevorzugt wird der Drehrohrofen von beiden Seiten abgetastet, d.h. die wenigstens eine Abtastvorrichtung wird an beiden Seiten der durch die Drehachse verlaufenden, vertikalen Längsmittlebene des Drehrohrs positioniert. Dadurch können beide der jeweils einem Lauftring zugeordneten Laufrollen abgetastet werden.

[0012] Geradheitsabweichungen der Drehrohrofenachse werden bevorzugt so erfasst, dass beim Abtasten der Laufringe Umfangspunkte der Laufringe repräsentierende dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, dass an die Umfangspunkte eines jeden Laufrings rechnerisch ein Kreis angepasst wird, der Mittelpunkt jedes Kreises ermittelt wird, die Ofenachse rechnerisch als Verbindung der Mittelpunkte erhalten wird, die Ofenachse mit einer Geraden verglichen und allfällige Abweichungen ausgegeben werden.

[0013] Verformungen des Drehrohrofenmantels werden bevorzugt so erfasst, dass beim Abtasten der Mantelfläche des Drehrohres Mantelpunkte repräsentierende dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, die mit Drehwinkeldaten verknüpft werden, die den momentanen Drehwinkel des Drehrohres zum Zeitpunkt der Abtastung des jeweiligen Mantelpunktes repräsentieren. Dadurch, kann der Mantel während des laufenden Betriebs, d.h. während der Rotation des Drehrohres, abgetastet werden. Mit Vorteil wird hierbei so vorgegangen, dass aus den die Mantelpunkte repräsentierenden dreidimensionalen Positionsdaten und den jeweils zugeordneten Drehwinkeldaten ein dreidimensionales Modell des Drehrohres erstellt wird. Das dreidimensionale Modell kann danach bevorzugt mit einem zylindrischen Vergleichsmodell verglichen werden, wobei lokale Abweichungen des dreidimensionalen Modells vom Vergleichsmodell angezeigt werden. Abweichungen können sich hierbei in verschiedener Hinsicht ergeben. Bevorzugt werden lokale Abweichungen des Querschnitts des Drehrohres von einem kreisförmigen Querschnitt und Abweichungen des Verlaufs der Achse des Drehrohres von einem geraden Verlauf gesondert voneinander angezeigt.

[0014] Parallelitätsabweichungen der Laufrollen werden bevorzugt so erfasst, dass das Abtasten der Laufrollen das Abtasten von an den beiden Enden der Laufrollendrehachsen angeordneten Referenzobjekten, insbesondere Referenzkugeln, umfasst. Mit Vorteil wird dabei so vorgegangen, dass die Rotationsachse der Laufrollen rechnerisch als Verbindung der Referenzobjekte erhalten wird und dass die Parallelität der Rotationsachse mit der Ofenachse ermittelt und Abweichungen von der Parallelität angezeigt werden.

[0015] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Abtasten mittels 3D-Laserscanning besonders bevorzugt. Laserscanning bezeichnet das zeilen- oder rasterartige Überstreichen von Oberflächen oder Körpern mit einem Laserstrahl. Beim 3D-Laserscanning wird die Oberflächengeometrie des abgetasteten Objekts mittels Pulslaufzeit, Phasendifferenz im Vergleich zu einer Referenz oder durch Triangulation von Laserstrahlen digital erfasst. Dabei entsteht eine diskrete Menge von dreidimensionalen Abtastpunkten, die als Punktwolke bezeichnet wird. Die Koordinaten der gemessenen Punkte werden aus den Winkeln und der Entfernung in Bezug zum Ursprung (Gerätestandort) ermittelt. Anhand der Punktwolke können entweder Einzelmaße wie z.B. Längen und Winkel bestimmt werden oder es wird aus ihr eine geschlossene Oberfläche aus Dreiecken konstruiert (Vermaschung oder Meshing) und z.B. in der 3D-Computergrafik zur Visualisierung verwendet.

[0016] Zur Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe ist gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung eine Vorrichtung vorgesehen, die gekennzeichnet ist durch wenigstens eine berührungslos arbeitende Abtastvorrichtung, die angeordnet ist, um die äußere Mantelfläche des Drehrohres, die Laufringe, die Laufrollen und/oder die Wellen der Laufrollen berührungslos abzutasten, sodass bezüglich der abgetasteten Objekte dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, wobei die dreidimensionalen Positionsdaten einer Recheneinheit zugeführt sind, die eine Auswerteschaltung aufweist, um die dreidimensionalen Positionsdaten hinsichtlich des Auftretens einer Abweichung der Drehrohrofenachse von einer Geraden, einer Abweichung des Drehrohres von einer zylindrischen Form und/oder einer Abweichung der Laufrollendrehachsen von einer Parallelen mit der Drehrohrofenachse auszuwerten.

[0017] Bevorzugt ist die Abtastvorrichtung als 3D-Laserscanner ausgebildet.

[0018] Der Erfassungsbereich der wenigstens einen Abtastvorrichtung entspricht bevorzugt einem axialen Teilbereich des Drehrohrofens, wobei eine oder eine Mehrzahl von Abtastvorrichtungen entlang der Ofenlänge verteilt angeordnet ist, im Erfassungsbereich jeder Abtastvorrichtung bevorzugt wenigstens ein ortsfester Referenzpunkt oder wenigstens ein Referenzobjekt

angeordnet sind, und die Recheneinheit ausgebildet ist, um die dreidimensionalen Positionsdaten auf den jeweiligen Referenzpunkt zu beziehen, um relative Positionsdaten zu erhalten, und die relativen Positionsdaten mehrerer axialer Teilbereiche zusammenzuführen und gemeinsam auszuwerten.

[0019] Bevorzugt ist an jeder Seite des Drehrohrofens wenigstens eine Abtastvorrichtung angeordnet.

[0020] Bevorzugt sind die Abtastvorrichtungen auf die Laufringe gerichtet, sodass Umfangspunkte der Laufringe repräsentierende dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, wobei die Positionsdaten der Recheneinheit zugeführt sind und die Recheneinheit Verarbeitungsmittel aufweist, um an die Umfangspunkte eines jeden Laufrings rechnerisch einen Kreis anzupassen, den Mittelpunkt jedes Kreises zu ermitteln, die Ofenachse rechnerisch als Verbindung der Mittelpunkte zu erhalten und die Ofenachse mit einer Geraden zu vergleichen, und wobei Ausgabemittel vorgesehen sind, die mit der Recheneinheit zur Ausgabe von allfällige Abweichungen der Ofenachse von der Geraden zusammenwirken.

[0021] Bevorzugt ist die wenigstens eine Abtastvorrichtung auf die Mantelfläche des Drehrohres gerichtet, sodass Mantelpunkte repräsentierende dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, wobei wenigstens ein Drehwinkelsensor zur Erfassung von den momentanen Drehwinkel des Drehrohrs repräsentierenden Drehwinkelnden oder ein Impulssensor zur Ermittlung der Rotation des Drehrohrs vorgesehen ist und die Positionsdaten und die Drehwinkelnden der Recheneinheit zugeführt sind, wobei die Positionsdaten mit denjenigen Drehwinkelnden verknüpft sind, die den momentanen Drehwinkel des Drehrohres zum Zeitpunkt der Abtastung des jeweiligen Mantelpunktes repräsentieren.

[0022] Bevorzugt sind Verarbeitungsmittel der Recheneinheit ausgebildet, um aus den die Mantelpunkte repräsentierenden dreidimensionalen Positionsdaten und den jeweils zugeordneten Drehwinkelnden ein dreidimensionales Modell des Drehrohres zu erstellen.

[0023] Bevorzugt sind die Verarbeitungsmittel ausgebildet, um das dreidimensionale Modell mit einem zylindrischen Vergleichsmodell zu vergleichen, wobei Ausgabemittel vorgesehen sind, die mit den Verarbeitungsmittel zu Ausgabe von lokalen Abweichungen des dreidimensionalen Modells vom Vergleichsmodell zusammenwirken.

[0024] Bevorzugt ist die wenigstens eine Abtastvorrichtung auf an den beiden Enden der Laufrollenwelle angeordnete Referenzobjekte, insbesondere Referenzkugeln, gerichtet.

[0025] Bevorzugt sind Verarbeitungsmittel der Recheneinheit ausgebildet, um die Rotationsachse der Laufrollen rechnerisch als Verbindung der Referenzobjekte zu erhalten und die Parallelität der Rotationsachse mit der Ofenachse zu ermitteln, wobei Ausgabemittel vorgesehen sind, die mit der Recheneinheit zur Ausgabe von Abweichungen von der Parallelität zusammenwirken.

[0026] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigen Fig.1 eine perspektivische Ansicht eines Drehrohrofens von der Seite und Fig. 2 eine Detailansicht der Festlegung der Laufringe am Drehrohrmantel.

[0027] In Fig.1 ist ein axialer Teilbereich eines Drehrohrofens 1 dargestellt, wobei der Drehrohrofen 1 auf drei ortsfesten Rollenböcken 2 abgestützt ist. Der Drehrohrofen 1 weist ein um die Achse 3 drehbar gelagertes Drehrohr 4 auf, dessen Mantel mit 5 bezeichnet ist. Am Mantel 5 des Drehrohrs 4 sind beim dargestellten Beispiel drei voneinander beabstandete Laufringe 6 über ein in Fig.2 näher dargestelltes Befestigungssystem befestigt. Der Antrieb des Drehrohrs 4 ist der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Der Antrieb erfolgt in der Regel über einen mit dem Mantel 5 des Drehrohrs 4 drehfest verbundenen Zahnkranz. Ein Antrieb für einen derartigen Zahnkranz ist bspw. der WO 2010/067183 A1 zu entnehmen.

[0028] Jeder Laufring 6 ist auf zwei zugeordneten Laufrollen 7 abgestützt, wobei die Laufrollen 7 jeweils um eine zur Drehrohrachse 3 parallel angeordnete Drehachse 8 drehbar gelagert sind.

[0029] Die Drehachse 3 des Drehrohrs 4 ist als diejenige Achse definiert, die sich aus der Verbindung der gedachten Mittelpunkte der einzelnen Laufringe 6 ergibt. Im Idealfall sollten die Mittelpunkte 9 der Laufringe 6 auf einer Geraden liegen. In der Praxis ergeben sich jedoch Abweichungen dahingehend, dass, wie in Fig.1 dargestellt, der Mittelpunkt des mittleren Laufrings zu tief liegt, sodass die Verbindung der Mittelpunkte des linken und des mittleren Laufrings 6 zur Verbindung der Mittelpunkte des mittleren und des rechten Laufrings 6 einen stumpfen Winkel einschließen. In der Praxis werden maximale Abweichungen in Höhenrichtung und/oder in seitlicher Richtung von 3 bis 10 mm vom Idealzustand toleriert. Darüber hinausgehende Abweichungen würden zu einem deutlichen Anstieg der dynamischen Biegebelastung des Drehrohrs 4 und damit verbunden zu einer Erhöhung des Verschleißes führen.

[0030] In Fig.1 ist weiters ersichtlich, dass der mit 10 angedeutete axiale Bereich des Drehrohrmantels 5 Verformungen dergestalt aufweist, dass der Mantelquerschnitt von einer kreisrunden Form abweicht. In dem mit 11 schematisch angedeuteten axialen Bereich des Drehrohrrofens weist das Drehrohr 4 ausgehend von der idealen Kreiszylinderform eine Verformung dahingehend auf, dass die Erzeugungen des Zylinders nicht mehr gerade, sondern gebogen verlaufen.

[0031] Um die verschiedenen Geradheitsabweichungen und Verformungen beim Drehrohrföfen mit hoher Genauigkeit erfassen zu können, ist erfindungsgemäß ein 3D-Laserscanner 12 seitlich neben dem Drehrohrföfen aufgestellt, dessen Erfassungsbereich mit bezeichnet ist. Der Laserscanner 12 tastet innerhalb des Erfassungsbereichs 13 die Oberfläche des Drehrohrs 4 des Laufrings 6 sowie der Laufrollen 7 ab. Aufgrund der Abtastung wird innerhalb des Erfassungsbereichs 13 eine Vielzahl von dreidimensionalen Positionsdaten erhalten, die einer Recheneinrichtung 14 zugeführt werden. In der Recheneinheit werden die dreidimensionalen Positionsdaten ausgewertet, wobei das Ergebnis der Auswertung auf einer schematisch dargestellten Ausgabeeinrichtung 15, wie bspw. einem Bildschirm dargestellt werden. Innerhalb des Erfassungsbereichs 13 ist ein ortsfestes, am Auflagebock 2 befestigtes Referenzobjekt 16 angeordnet, das bei der Ermittlung der Positionsdaten als Bezugspunkt herangezogen wird. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel erstreckt sich der Erfassungsbereich 13 des Laserscanners 12 lediglich über einen axialen Teilbereich des Drehrohrrofens 1 und es müssen daher nacheinander mehrere Messungen mit entsprechend in axialer Richtung verschobenem Laserscanner 12 vorgenommen werden, wobei sich die jeweiligen Erfassungsbereiche 13 bevorzugt überlappen. Alternativ wird eine entsprechende Mehrzahl von Laserscannern 12 eingesetzt und das Abtasten des Drehrohrrofens 1 erfolgt dementsprechend mit der Mehrzahl von Laserscannern 12 gleichzeitig. Die Laserscanner 12 können entweder lediglich an einer Seite des Drehrohrrofens angeordnet werden oder an beiden Seiten um eine genauere Auswertung zu ermöglichen. Um die Messungen durch mehrere Laserscanner 12 bzw. mehrere nacheinander an axial zueinander versetzten Bereichen einer gemeinsamen Auswertung zuzuführen, ist in jedem der bevorzugt einander überlappenden Erfassungsbereiche 13 ein Referenzobjekt 16 angeordnet.

[0032] Abgesehen von den Bezugsobjekten 16 erfordert das Abtasten der Oberfläche des Drehrohrs 4 sowie der Laufringe 6 keine weiteren Ein- oder Umbauten am Drehrohrföfen 1. Für die Erfassung von Abweichungen der Rotationsachse 8 der Laufrollen 7 bei einem zur Drehrohrachse 3 parallelen Verlauf ist es jedoch vorteilhaft, wenn an den Enden der Laufrollenwelle 17 jeweils ein vom Laserscanner 12 erfassbares Referenzobjekt 18 angeordnet ist. Der Verlauf der Rotationsachse 8 der Laufrollen 7 wird hierbei in der Recheneinheit 14 durch die Verbindung der bei den beiden Referenzobjekten 18 ermittelten Positionsdaten ermittelt.

[0033] Fig.2 zeigt tangential am Mantel 5 des Drehrohrs 4 abgestützte Platten 19, welche den Drehrohrföfen 1 mit dem Laufring 6 verbinden. Durch die federnde Wirkung der Platten 19 kann eine thermische Ausdehnung des Drehrohrs 4 in einfacher Weise ausgeglichen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen von Geradheitsabweichungen und/oder Verformungen bei einem Drehrohren, dessen Drehrohr in axialer Richtung voneinander beabstandete Laufringe aufweist, die jeweils auf Laufrollen abgestützt sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die äußere Mantelfläche (5) des Drehrohres (4), die Laufringe (6), die Laufrollen (7) und/oder die Wellen (17) der Laufrollen (7) mit Hilfe wenigstens einer Abtastvorrichtung (12) berührungslos abgetastet werden, sodass bezüglich der abgetasteten Objekte dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, und dass die dreidimensionalen Positionsdaten hinsichtlich des Auftretens einer Abweichung der Drehrohrenachse (3) von einer Geraden, einer Abweichung des Drehrohres (4) von einer zylindrischen Form und/oder einer Abweichung der Laufrollendrehachsen (8) von einer Parallelen mit der Drehrohrenachse (3) ausgewertet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abtasten während des Betriebes des Drehrohrens (1) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der wenigstens einen Abtastvorrichtung (12) ein axialer Teilbereich (11) des Drehrohrens (1) abgetastet wird, dass Abtastungen in einer Mehrzahl von entlang der Ofenlänge verteilten axialen Teilbereichen (11) vorgenommen werden, bei denen jeweils ein ortsfester Referenzpunkt miterfasst wird, und dass die dreidimensionalen Positionsdaten auf den jeweiligen Referenzpunkt bezogen werden, um relative Positionsdaten zu erhalten, und die relativen Positionsdaten mehrerer axialer Teilbereiche (11) zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehrohren (1) von beiden Seiten abgetastet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Abtasten der Laufringe (6) Umfangspunkte der Laufringe (6) repräsentierende dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, dass an die Umfangspunkte eines jeden Laufrings (6) rechnerisch ein Kreis angepasst wird, der Mittelpunkt jedes Kreises ermittelt wird, die Ofenachse rechnerisch als Verbindung der Mittelpunkte (9) erhalten wird, die Ofenachse mit einer Geraden verglichen und allfällige Abweichungen ausgegeben werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Abtasten der Mantelfläche (5) des Drehrohres (4) Mantelpunkte repräsentierende dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, die mit Drehwinkeldaten verknüpft werden, die den momentanen Drehwinkel des Drehrohres (4) zum Zeitpunkt der Abtastung des jeweiligen Mantelpunktes repräsentieren.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den die Mantelpunkte repräsentierenden dreidimensionalen Positionsdaten und den jeweils zugeordneten Drehwinkeldaten ein dreidimensionales Modell des Drehrohres (1) erstellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dreidimensionale Modell mit einem zylindrischen Vergleichsmodell verglichen wird und dass lokale Abweichungen des dreidimensionalen Modells vom Vergleichsmodell angezeigt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass lokale Abweichungen des Querschnitts des Drehrohres (4) von einem kreisförmigen Querschnitt und Abweichungen des Verlaufs der Achse (3) des Drehrohres (4) von einem geraden Verlauf gesondert voneinander angezeigt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abtasten der Laufrollen (7) das Abtasten von an den beiden Enden der Laufrollendrehachsen (8) angeordneten Referenzobjekten (18), insbesondere Referenzkugeln, umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rotationsachse (8) der Laufrollen (7) rechnerisch als Verbindung der Referenzobjekte (18) erhalten wird und dass die Parallelität der Rotationsachse (8) mit der Ofenachse ermittelt und Abweichungen von der Parallelität angezeigt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abtasten mittels 3D-Laserscanning erfolgt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehrohrofen (1) ein Klinkerofen einer Zementherstellungsanlage oder Kalkofen einer Kalkherstellungsanlage ist.
14. Vorrichtung zum Erfassen von Geradheitsabweichungen und/oder Verformungen bei einem Drehrohrofen (1), dessen Drehrohr (4) in axialer Richtung voneinander beabstandete Laufringe (6) aufweist, die jeweils auf Laufrollen (7) abgestützt sind, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **gekennzeichnet durch** wenigstens eine berührungslos arbeitende Abtastvorrichtung (12), die angeordnet ist, um die äußere Mantelfläche (5) des Drehrohres (4), die Laufringe (6), die Laufrollen (7) und/oder die Wellen (17) und/oder Wellen-End-Verlängerungen der Laufrollen (7) berührungslos abzutasten, sodass bezüglich der abgetasteten Objekte dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, wobei die dreidimensionalen Positionsdaten einer Recheneinheit (14) zugeführt sind, die eine Auswerteschaltung aufweist, um die dreidimensionalen Positionsdaten hinsichtlich des Auftretens einer Abweichung der Drehrohrofenachse (3) von einer Geraden, einer Abweichung des Drehrohres (4) von einer zylindrischen Form und/oder einer Abweichung der Laufrollendrehachsen (8) von einer Parallelen mit der Drehrohrofenachse (3) auszuwerten.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abtastvorrichtung als 3D-Laserscanner (12) ausgebildet ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Erfassungsbereich der wenigstens einen Abtastvorrichtung (12) einem axialen Teilbereich (11) des Drehrohrofens (1) entspricht, dass eine oder eine Mehrzahl von Abtastvorrichtungen (12) entlang der Ofenlänge verteilt angeordnet ist, dass im Erfassungsbereich jeder Abtastvorrichtung (12) wenigstens ein ortsfester Referenzpunkt oder wenigstens ein Referenzobjekt (16) angeordnet ist, und dass die Recheneinheit (14) ausgebildet ist, um die dreidimensionalen Positionsdaten auf den jeweiligen Referenzpunkt zu beziehen, um relative Positionsdaten zu erhalten, und die relativen Positionsdaten mehrerer axialer Teilbereiche (11) zusammenzuführen und gemeinsam auszuwerten.
17. Vorrichtung nach Anspruch 14, 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass an jeder Seite des Drehrohrofens (1) wenigstens eine Abtastvorrichtung (12) angeordnet ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abtastvorrichtungen (12) auf die Laufringe (6) gerichtet sind, sodass Umfangspunkte der Laufringe (6) repräsentierende dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, dass die Positionsdaten der Recheneinheit (14) zugeführt sind und dass die Recheneinheit (14) Verarbeitungsmittel aufweist, um an die Umfangspunkte eines jeden Laufrings (6) rechnerisch einen Kreis anzupassen, den Mittelpunkt (9) jedes Kreises zu ermitteln, die Ofenachse rechnerisch als Verbindung der Mittelpunkte (9) zu erhalten und die Ofenachse mit einer Geraden zu vergleichen, und dass Ausgabemittel (15) vorgesehen sind, die mit der Recheneinheit (14) zur Ausgabe von allfälligen Abweichungen der Ofenachse von der Geraden zusammenwirken.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Abtastvorrichtung (12) auf die Mantelfläche (5) des Drehrohres (4) gerichtet ist, sodass Mantelpunkte repräsentierende dreidimensionale Positionsdaten erhalten werden, dass wenigstens ein Drehwinkelsensor zur Erfassung von den momentanen Drehwinkel des Drehrohres (4) repräsentierenden Drehwinkeldaten oder ein Impulssensor

- zur Ermittlung der Rotation des Drehrohrs (4) vorgesehen ist und dass die Positionsdaten und die Drehwinkeldaten der Recheneinheit (14) zugeführt sind, wobei die Positionsdaten mit denjenigen Drehwinkeldaten verknüpft sind, die den momentanen Drehwinkel des Drehrohres (4) zum Zeitpunkt der Abtastung des jeweiligen Mantelpunktes repräsentieren.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass Verarbeitungsmittel der Recheneinheit (14) ausgebildet sind, um aus den die Mantelpunkte repräsentierenden dreidimensionalen Positionsdaten und den jeweils zugeordneten Drehwinkeldaten ein dreidimensionales Modell des Drehrohrs (4) zu erstellen.
 21. Vorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verarbeitungsmittel ausgebildet sind, um das dreidimensionale Modell mit einem zylindrischen Vergleichsmodell zu vergleichen, und dass Ausgabemittel (15) vorgesehen sind, die mit den Verarbeitungsmittel zu Ausgabe von lokalen Abweichungen des dreidimensionalen Modells vom Vergleichsmodell zusammenwirken.
 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Abtastvorrichtung (12) auf an den beiden Enden der Laufrollenwelle (17) angeordnete Referenzobjekte (18), insbesondere Referenzkugel, gerichtet ist.
 23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass Verarbeitungsmittel der Recheneinheit (14) ausgebildet sind, um die Rotationsachse (8) der Laufrollen (7) rechnerisch als Verbindung der Referenzobjekte (18) zu erhalten und die Parallelität der Rotationsachse mit der Ofenachse (3) zu ermitteln und dass Ausgabemittel vorgesehen sind, die mit der Recheneinheit (14) zur Ausgabe von Abweichungen von der Parallelität zusammenwirken.
 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehrohrföfen (1) ein Klinkerföfen einer Zementherstellungsanlage oder Kalkföfen einer Kalkherstellungsanlage ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

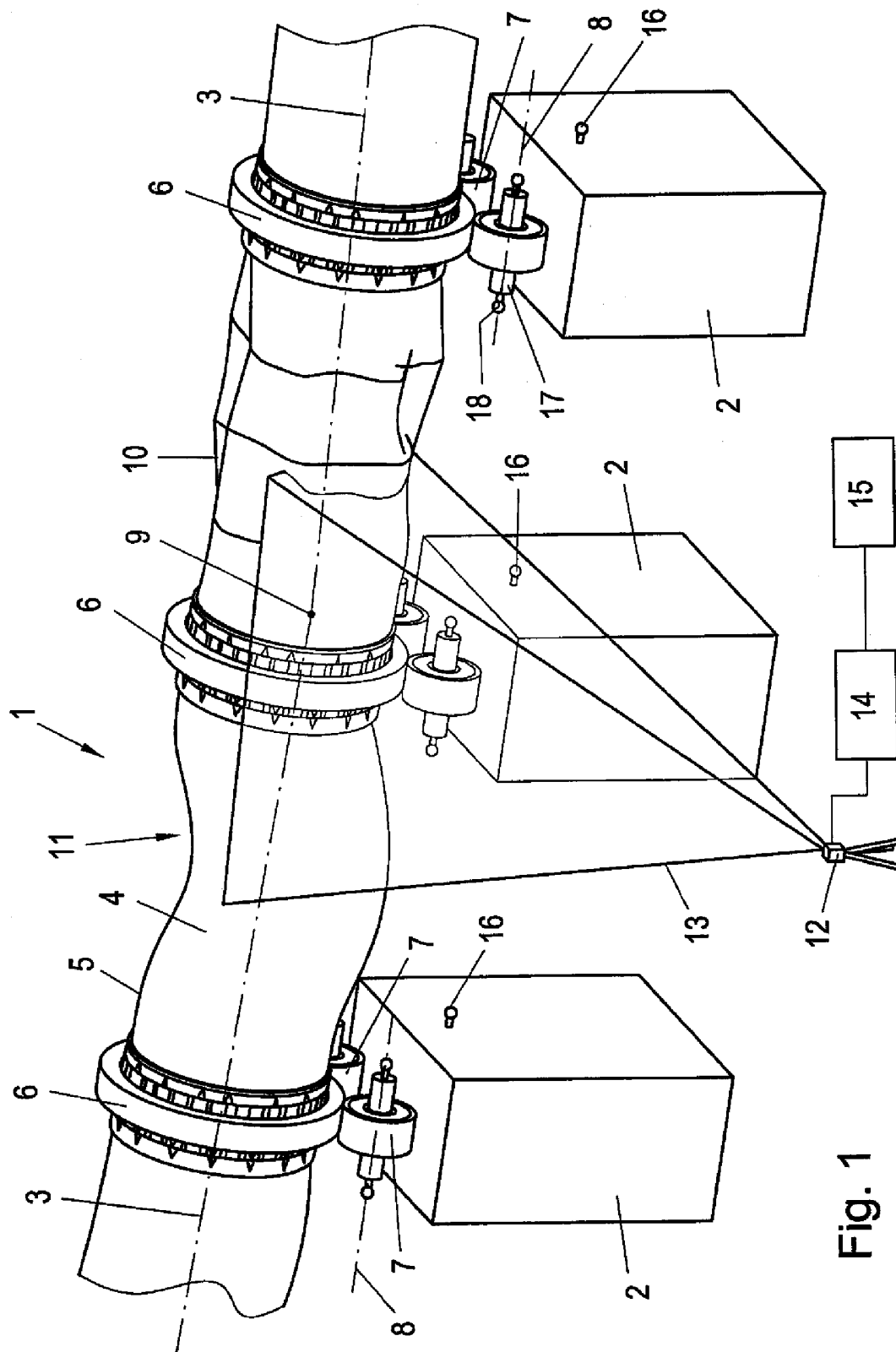


Fig. 1

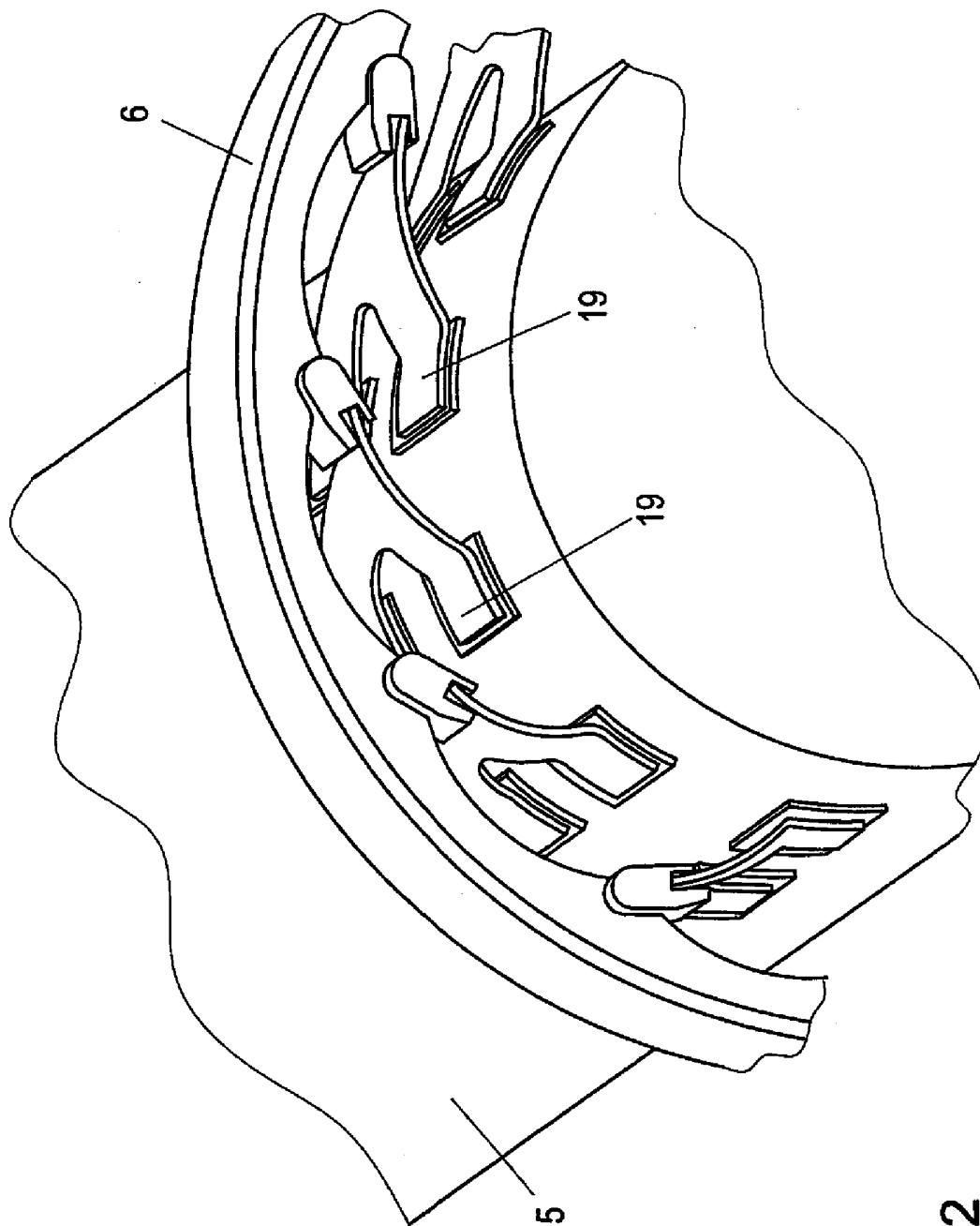


Fig. 2