



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.08.2017 Patentblatt 2017/33

(51) Int Cl.:
F27B 7/38 (2006.01)
F27D 9/00 (2006.01)
F27D 21/00 (2006.01)
F27B 7/42 (2006.01)
F27D 19/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16155363.1**

(22) Anmeldetag: **11.02.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Kalkert, Peter**
52428 Jülich (DE)
(72) Erfinder: **Kalkert, Peter, Dr.**
52428 Jülich (DE)
(74) Vertreter: **Jostarndt Patentanwalts-AG**
Philipsstrasse 8
52068 Aachen (DE)

(54) **ANPASSUNG VON DREHOFENFORMEN AN SOLL-FORMEN BEI DREHÖFEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Kühlsystem (3) für einen sich entlang einer Rotationsachse (R) drehenden Drehofen (1) zur lokalen Angleichung einer vorliegenden Drehofenform (VF) an eine Soll-Form (SF), auf einen Drehofen (1) mit einem solchen Kühlsystem (3) sowie auf ein entsprechendes Verfahren mit einem solchen Kühlsystem (3), das eine Anordnung von einem oder mehreren Kühlmodulen (31, 31') zur Aufbringung (130) von Kühlflüssigkeit (4) von außen auf den sich drehenden Ofenmantel (2) in einem Auftreffbereich (22) in einem der Drehung entsprechend um den Ofenmantel (2) umlaufenden Abschnitt (21) zur lokalen thermischen Verformung des Ofenmantels (2) im Auftreffbereich (22) umfasst, wobei das oder die Kühlmodule (31, 31') beabstandet zum Ofenmantel (2) angeordnet sind und jeweils ein ansteuerbares Schaltventil (311) und eine Fächerdüse (312) zur Abgabe eines gepulsten fächerförmigen Kühlflüssigkeitsstrahls (4) umfassen, und wobei das Kühlsystem (3) mindestens eine Messeinheit (35) mit mindestens einem ortsfest angeordneten Messsensor (36) geeignet zur fortlaufenden Bestimmung von Abständen (A) in vorbestimmter Richtung zwischen Messsensor (36) und dem sich drehenden Ofenmantels (2) im umlaufenden Abschnitt (21) und zur Berechnung einer ortsabhängigen Differenz (D) zwischen der aus den bestimmten Abständen (A) berechneten vorliegenden Drehofenform (VF) und der Soll-Form (SF) umfasst, wobei eine Kühlsystemsteuerung (32) auf Basis der ortsabhängigen Differenz (D) das Schaltventil (311) zum Aufbringen (130) der Kühlflüssigkeit (4) so ansteuert, dass mittels Einstellung (120) einer Pulslänge und/oder einer Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls (4) die vorliegende Drehofenform (VF) zumindest im Auftreffbereich (22) der Soll-Form (SF) angeglichen wird.

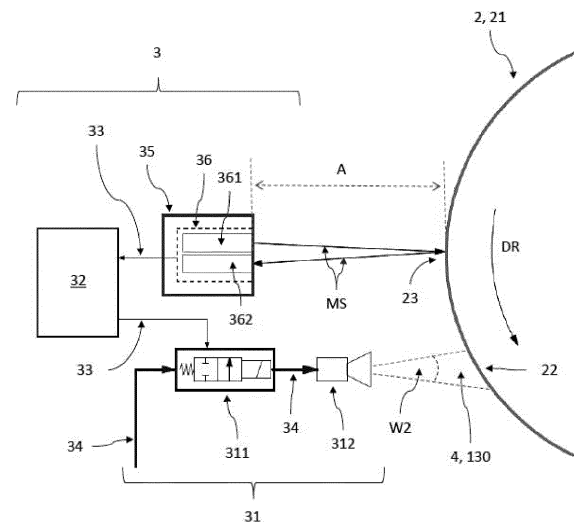


FIG. 2

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kühlsystem für einen sich entlang einer Rotationsachse drehenden Drehofen zur lokalen Angleichung einer vorliegenden Drehofenform an eine Soll-Form, auf einen Drehofen mit einem solchen Kühlsystem sowie auf ein entsprechendes Verfahren mit einem solchen Kühlsystem.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Drehöfen werden für kontinuierliche Prozesse in der Verfahrenstechnik verwendet. Ein Drehofen besteht in der Regel aus einem zum Teil viele Meter oder einige zehn Meter langen zylinderförmigen Drehrohr mit einem Ofenmantel in der Regel aus Metall. Hierbei ist der Ofenmantel leicht geneigt, um mit dem Umlauf des Ofenmantels einen Transport des Materials innen längs der Rotationsachse des Ofenmantels im Ofen von der höheren Einlaufseite zur niedrigeren Auslaufseite herbeizuführen. Das zu bearbeitenden Material kann unterschiedlich sein, beispielsweise Feststoffe, Gesteine, Schlämme oder Pulver. Die benötigte Prozesstemperatur kann in den Drehöfen direkt oder indirekt erzeugt werden. Bei Materialien, die eine hohe Prozesstemperatur benötigen, wird der Drehofen direkt, beispielsweise durch eine Lanze als Brenner an der Auslaufseite des Drehofens, die in etwa mittig im Drehrohr angeordnet ist, beheizt. Direkt beheizte Drehöfen werden beispielsweise für die Zementherstellung, für ein Kalkbrennen, das Schmelzen von keramischen Gläsern, Erschmelzen von Metallen, Eisenerzreduktion, Aktivkohleherstellung und andere Anwendungen verwendet. Die direkt beheizten Drehöfen werden dabei bei sehr heißen Temperaturen betrieben. Beispielsweise werden bei der Zementherstellung die Rohstoffe, umfassend Kalkstein und Ton, gemahlen und im Drehofen bei ca. 1450° C zu sogenanntem Klinker gebrannt und anschließend nach Verlassen des Drehofens abgekühlt und weiter verarbeitet.

[0003] Drehöfen, die diesen hohen Temperaturen ausgesetzt sind, haben einen Ofenmantel aus Edelstahl oder Hochtemperaturstahl, der Temperaturen zwischen 250° C und 500° C ausgesetzt werden kann. Da die Temperaturen im Bereich der direkten Heizung deutlich höher sind, ist der Ofenmantel aus Stahl an seiner Innenseite mit einer Feuerfestauskleidung aus einer Vielzahl an Ziegeln oder Kacheln aus einer Hochtemperaturkeramik versehen. Die Dicke der Auskleidung bestimmt dabei die Temperatur, die der Stahlmantel während des Prozesses spürt. Kommt es während des Betriebs zu radial ungleichmäßigen Temperaturen aufgrund von Störungen oder Schäden in der Feuerfestauskleidung, kann sich der Ofenmantel lokal verziehen und von der ursprünglichen kreisrunden Form (Soll-Form) in eine ovale oder unregelmäßig ausgebeulte Form (lokale Drehofenform) übergehen.

[0004] Hierdurch kommt es zu weiteren Störungen für die Feuerfestauskleidung, die nur aufgrund ihrer mechanischen Spannung zwischen den Ziegeln oder Kacheln hält. Hierbei können die Ziegel oder Kacheln gelockert oder unter eine zusätzliche Spannung gesetzt werden, so dass einzelne oder mehrere Ziegel oder Kacheln abfallen oder brechen und danach abfallen. In diesem Fall ist der äußere Stahlmantel nicht mehr vor der Prozesshitze geschützt und würde bei fortgesetztem Betrieb an diesen Stellen schmelzen. In einem solchen Schadensfall müsste der Drehofen umgehend gestoppt werden, was zu einem erheblichen Produktionsausfall führen würde.

[0005] Bisher werden solche Drehöfen zwar von außen mit Luftgebläsen, die über die gesamte Ofenmantellänge außen am Drehofen angeordnet sind, gekühlt. Solche Kühlgebläse sind aufwändig und nehmen einen großen Platz um den Drehofen herum ein. Diese Gebläse können zudem starke lokale Erwärmungen des Ofenmantels weder erkennen noch individuell kühlen und somit Störungen und Schäden an der Feuerfestverkleidung nicht vorbeugen.

[0006] Es wäre daher wünschenswert, ein System zur Verfügung zu haben, mit dem man Störungen oder Schäden in der Feuerfestauskleidung zuverlässig vermeiden kann und das eine längere Betriebsdauer der Drehöfen ermöglicht.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein System zur Verfügung zu stellen, mit dem man Störungen oder Schäden in der Feuerfestauskleidung zuverlässig vermeiden kann und das eine längere Betriebsdauer der Drehöfen ermöglicht.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Kühlsystem für einen sich entlang einer Rotationsachse drehenden Drehofen zur lokalen Angleichung einer vorliegenden Drehofenform an eine Soll-Form umfassend eine Anordnung von einem oder mehreren Kühlmodulen zur Aufbringung von Kühlflüssigkeit von außen auf den sich drehenden Ofenmantel in einem Auftreffbereich in einem der Drehung entsprechend um den Ofenmantel umlaufenden Abschnitt zur lokalen thermischen Verformung des Ofenmantels im Auftreffbereich, wobei das oder die Kühlmodule beabstandet zum Ofenmantel angeordnet sind und jeweils ein ansteuerbares Schaltventil und eine Fächerdüse zur Abgabe eines gepulsten fächerförmigen Kühlflüssigkeitsstrahls umfassen, und wobei das Kühlsystem mindestens eine Messeinheit mit mindestens einem ortsfest angeordneten Messsensor geeignet zur fortlaufenden Bestimmung von Abständen in vorbestimmter Richtung zwischen Messsensor und dem sich drehenden Ofenmantels im umlaufenden Abschnitt und zur Berechnung einer ortsabhängigen Differenz zwischen der aus den bestimmten Abständen berechneten vorliegenden Drehofenform und der Soll-Form umfasst, wobei eine Kühlsystemsteuerung auf Basis der ortsabhängigen Differenz das Schaltventil zum Aufbringen der

Kühlflüssigkeit so ansteuert, dass mittels Einstellung einer Pulslänge und/oder einer Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls die vorliegende Drehofenform zumindest im Auftreffbereich der Soll-Form angeglichen wird.

[0009] Der Begriff "angleichen" bezeichnet die Änderung der Drehofenform in Richtung der Soll-Form. Angleichen bedeutet somit, dass die Differenz zwischen der vorliegenden Drehofenform und der Soll-Form verringert wird, nicht zwangsweise aber, dass die vorliegende Drehofenform bereits gleich der Soll-Form ist. Die Bezeichnung "lokale Angleichung" bezieht sich darauf, dass das Kühlsystem nur im Bereich der Kühlmodule und des Auftreffbereichs eine Verformung verursachen kann. Somit sind die Verformungen auf den Auftreffbereich beschränkt und damit lediglich lokal. Für die Behandlung anderer Abschnitte des Ofenmantels müsste das Kühlsystem mit dem Messsensor entlang der Rotationsachse des Drehofens versetzt werden.

[0010] Der Auftreffbereich bezeichnet dabei den Bereich, in dem die Kühlflüssigkeit zur Kühlung des Ofenmantels auf dem Ofenmantel auftrifft. Der zu kühlende Abschnitt des Ofenmantels wird dabei durch den Auftreffbereich und den sich um seine Rotationsachse drehenden Drehofen definiert. Durch die Drehung läuft der Bereich, in dem Kühlwasser aufgebracht wurde (Auftreffbereich), auf dem Ofenmantel in umlaufender Richtung bei jeder vollständigen Drehung einmal um den Ofenmantel herum. Dieser so umlaufende Bereich bildet somit den Abschnitt des Ofenmantels, in dem thermische Verformungen des Ofenmantels mit dem erfindungsgemäßen Kühlsystem erzeugt werden können.

[0011] Die für die Messungen des Abstands zwischen Messsensor und dem sich drehenden Ofenmantels verwendeten Messsensoren können jede dafür geeignete Sensoren sein. Der durch Verdampfung der Kühlflüssigkeit auf dem Ofenmantel entstehende Dampf beeinflusst die Abstandsmessung nur geringfügig, da durch die Wahl der Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls die zeitliche Entwicklung des Dampfes gesteuert werden kann. Da die vorliegende Drehofenform über die gemessenen Abstände bestimmt wird, müssen zunächst die Abstände zwischen Messsensor und Ofenmantel auf mindestens einem vollen Umlauf des Ofenmantels gemessen werden. Für die Berechnung der Drehofenform muss dafür der Messsensor ortsfest montiert sein, damit eventuell bestimmte Abstandsänderungen, aus denen auf eine Ofenmantelverformung geschlossen wird, nicht durch Ortsschwankungen des Messsensors verursacht werden. Der Fachmann ist in der Lage, die Befestigung des Messsensors entsprechend massiv und ortsfest auszugestalten. Mit der ortsfesten Montage des Messsensors ist auch die Richtung festgelegt (vorbestimmt), in der der Abstand zum Ofenmantel mit dem Messsensor gemessen wird. Der Ofenmantel kann dabei in unterschiedlichen Bereichen entlang eine Umdrehung unterschiedliche lokale Verformungen aufweisen, sodass die Abstandsmessung im Vergleich zur Soll-Form positionsbedingt unterschiedliche Differenzen ergeben kann, so-

dass die Differenz zwischen vorliegender Drehofenform und Soll-Form entlang eines Umlaufs ortsabhängig ist.

[0012] Das Kühlsystem ist dabei ein System aus Kühlmodulen und einer Kühlsystemsteuerung, die zusätzlich zu der Messeinheit mit den einzelnen Kühlmodulen über eine oder mehrere Datenleitungen, vorzugsweise einen Datenbus, verbunden ist, um die jeweiligen Schaltventile anzusteuern. Dabei sind die einzelnen Kühlmodule durch eine oder mehrere Medienleitungen mit einer Kühlflüssigkeitsversorgung des Kühlsystems verbunden. Die Medienleitungen können separat zu den einzelnen Kühlmodulen ausgeführt sein oder über eine zentrale Medienleitung die Kühlmodule parallel mit Kühlflüssigkeit versorgen. Zur Steuerung der Pulsängen und Pulsfrequenzen des Kühlflüssigkeitsstrahls sind die Schaltventile innerhalb der Kühlmodule vor der jeweiligen Fächerdüse in den jeweiligen Medienleitungen an geeigneter Position angeordnet. Die einzelnen Komponenten des Kühlsystems wie Daten- oder Medienleitung(en) sowie die ansteuerbaren Schaltventile können vom Fachmann für die jeweilige Anwendung geeignet gewählt werden, insbesondere auf die benötigte Durchflussmenge der Kühlflüssigkeit angepasst werden. Die Schaltventile können dabei durch die Kühlsystemsteuerung beispielsweise so betrieben werden, dass zwischen einem voll geöffnetem und einem vollständig geschlossenem Zustand hin- und her geschaltet wird, so dass die Durchflussmenge der Kühlflüssigkeit durch die Fächerdüse hindurch idealisiert ein Rechteckprofil aufweist. Im Gegensatz zu kontinuierlichen Flüssigkeitsstrahlen wird in dem erfindungsgemäßen Kühlsystem ein gepulster Strahl von Kühlflüssigkeit verwendet, wo sich Kühlflüssigkeitspulse mit Ruhephasen ohne Kühlflüssigkeit zwischen den Pulsen abwechseln. Dies ist vorteilhaft, um einerseits eine gute Kühlwirkung lokal zu erreichen, ohne dass dabei aber die thermische Verformung des Ofenmantels im Auftreffbereich zu stark ist. Eine zu starke Abkühlung beispielsweise aufgrund eines kontinuierlichen Strahls an Kühlflüssigkeit würde nicht tolerierbare Spannungen und Verformungen im Material des Ofenmantels hervorrufen und den Ofenmantel gegebenenfalls noch weiter verziehen oder verbiegen, so dass der Drehofen funktionsuntüchtig werden kann. Verformungen des Ofenmantels, die zwar den Drehofen nicht verbiegen, aber zu einem Ablösen der Wärmeschutzmaterialien an der Innenseite des Ofenmantels führen, können für den Betrieb des Drehofens ebenfalls sehr negative Folgen haben, da das Ofenmantelmaterial an den Stellen, an denen es innen ungeschützt der Prozesstemperatur im Ofen ausgesetzt ist, sogar schmelzen kann. Letzteres führt auch zu einer Zerstörung des Drehofens. Die Pulse an Kühlflüssigkeit haben eine Pulslänge pro Puls und eine Frequenz an Pulsen pro Zeiteinheit. Hierbei kann die durchschnittliche Durchflussmenge sowohl über die Pulslänge als auch über die Frequenz der Pulse (Pulsfrequenz) gesteuert werden. Innerhalb eines Pulses wird die Kühlflüssigkeit kontinuierlich auf den Auftreffbereich ausgebracht, während in der Zeit zwischen den jeweiligen Pulsen keine

Kühlflüssigkeit auf dem Ofenmantel auftrifft. Erst die Kühlflüssigkeit des nächsten Pulses trifft dann wieder auf den Ofenmantel. So kann über die Pulslänge einerseits die kurzzeitig die lokale maximale thermische Verformung eingestellt werden, während über die Pulsfrequenz relativ zur Pulslänge die zeitlich gemittelte thermische Verformung eingestellt wird. Über Variation dieser Größen können unterschiedliche Stellen auf dem Ofenmantel unterschiedlich stark gekühlt und damit unterschiedliche stark verformt werden, so dass die gewünschte Angleichung der Drehofenform an die Soll-Form an jeder Stelle des Ofenmantels individuell und in Abhängigkeit von den lokalen Temperaturen und der vom Ofenmantelmaterial mechanisch kompensierbaren Spannungen eingestellt und kontrolliert werden. Als Kühlflüssigkeiten können dabei jegliche Flüssigkeiten verwendet werden, die mittels Auftreffen und Verdampfen auf einer heißen Oberfläche die Oberflächentemperatur verringern und somit eine thermische Spannung auf das Ofenmantelmaterial ausüben können und die hinreichend kleine Viskosität besitzen, damit diese durch eine Düse versprüht werden können. Ein Ausführungsbeispiel für geeignete Kühlflüssigkeiten ist dabei Wasser.

[0013] Die zur Steuerung verwendete Kühlsystemsteuerung kann einen oder mehrere geeignete Prozessoren zur Auswertung des Messdaten und zur Berechnung der benötigten Pulsfrequenzen und Pulsängen in Abhängigkeit von Ort und Zeit der Kühlmodule und der Ofenpositionen auf den jeweiligen Umfängen, ein oder mehrere Mikrokontroller zur Ansteuerung der Schaltventile und ein geeignetes Speichermedium zur zeit- und positionsabhängigen Speicherung der Temperaturdaten umfassen. Der Fachmann ist in der Lage, die entsprechend geeigneten Hardwarekomponenten für die Kühlsystemsteuerung auszuwählen. Die Soll-Form wird dabei in der Kühlsystemsteuerung zur weiteren Steuerung hinterlegt und kann gegebenenfalls von dem Betreiber des Drehofens geändert werden. Die Soll-Form stellt bei zylinderförmigen Öfen im Idealfall eine Zylinderform dar. Durch das erfindungsgemäße Kühlsystem kann die vorliegende Drehofenform zumindest im durch den Kühlmittelstrahl besprühbaren Bereich des Ofenmantels bei der Soll-Form oder zumindest sehr nahe der Soll-Form gehalten werden, sodass kritische Verformungen für die vorgesehene Betriebszeit ausgeschlossen oder sehr unwahrscheinlich sind.

[0014] Zur Erzielung einer Kühlwirkung durch Verdampfung mit der nachfolgenden lokalen thermischen Verformung muss die Kühlflüssigkeit möglichst reproduzierbar auf die Auftrefffläche des Ofenmantels auftreffen. Den bei einem eingestellten Abstand zwischen Fächerdüse und Ofenmantel benötigten Leitungsdruck, damit der Kühlflüssigkeitsstrahl ohne Störung von äußeren Einflüssen wie beispielsweise Wind auf den vorgesehenen Auftreffbereich auftreffen kann, wird durch den Fachmann geeignet gewählt. Die Fächerdüse kann beispielsweise in einem Abstand von 1 m bis 1,5 m zum Ofenmantel angeordnet werden. Bei Leitungsdrücken in den Kühl-

flüssigkeitsleitungen von 3 bar - 6 bar trifft der Kühlflüssigkeitsstrahl gut justierbar und reproduzierbar auf den Ofenmantel. Diese Reproduzierbarkeit ist insofern vorteilhaft, wenn mit einer Besprühung nur eine geringe oder moderate Angleichung der lokalen Drehofenform an die Soll-Form erreicht wurde und dieselbe Stelle zur Verstärkung der thermischen Verformung nach einem Umlauf erneut besprüht werden soll. In einer Ausführungsform sind die Fächerdüsen im Wesentlichen senkrecht zum Auftreffbereich auf dem Ofenmantel ausgerichtet. In anderen Ausführungsformen können auch andere Ausrichtungs- und damit Kühlflüssigkeitsstrahlwinkel gewählt werden. Fächerdüsen bezeichnen hierbei Düsen, die zumindest in einer Ebene einen Strahl mit einem von der Düse abhängigen Öffnungswinkel aufweiten.

[0015] Bei einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten α für Eisen von ungefähr $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ lassen sich Vorwölbungen im Ofenmantel bis in den Zentimeterbereich in Richtung der Soll-Form wieder zurückführen. Bei einer durch die Kühlung induzierten Abkühlung von 100K könnte eine Ausbeulung des Drehofens um 1,2 Promille relativ zur Radius des Drehofens reduziert werden. Bei einem beispielhaften Durchmesser von 5m entspricht diese Änderung einer Zurückführung eines vorgewölbten Materials um 5mm. Ausbeulungen von Drehöfen größer 1 cm sollten für einen sicheren Betrieb vermieden werden.

[0016] Das erfindungsgemäße Kühlsystem ermöglicht somit, Störungen oder Schäden in der Feuerfestauskleidung zuverlässig zu vermeiden, was wiederum eine längere Betriebsdauer der Drehöfen ermöglicht.

[0017] In einer Ausführungsform ist die Messeinheit dazu ausgestaltet, zumindest periodisch den Abstand zwischen dem Messsensor und dem Ofenmantel zumindest für eine Anzahl an Messpunkten auf dem Ofenmantel entlang der umlaufenden Richtung zu messen. Eine periodische Messung erleichtert die Auswertung und Berechnung der Drehofenform, da sich die Messpunkte symmetrisch entlang eines Umlaufs um den Ofenmantel verteilen.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform umfasst dazu der Messsensor eine Sendereinheit zum Aussenden eines Messsignals und eine Empfängereinheit zum Empfangen des von dem Ofenmantel reflektierten Messsignals und die Messeinheit bestimmt aus den ausgesendeten und empfangenen Messsignalen den Abstand, vorzugsweise ist das Messsignal ein Lichtsignal im sichtbaren Spektralbereich, eine Lasersignal, ein Ultraschallsignal und/oder ein Radarsignal. Bei der Auswertung der Laufzeit der Messsignale beziehungsweise der entsprechenden Phasenverschiebung trifft das Messsignal vorzugsweise in radialer Richtung auf die Oberfläche des Ofenmantels. Bei der Anwendung der Triangulationsmethode kann das Messsignal unter einem anderen Winkel auf die Oberfläche des Ofenmantels treffen und von dort unter dem geometrisch so vorbestimmten Winkel wieder reflektiert werden. Hierzu müsste die Empfangseinheit in einer geeigneten Position zum Empfangen des reflektierten Messsignals angeordnet sein. Obige Abstands-

messeinheiten sind grundlegend dem Fachmann bekannt. Vorteilhaft für das erfindungsgemäße Kühlsystem wären Messsignale, die durch den beim Besprühen des Ofenmantels entstehenden Dampfs nicht oder nur unwesentlich beeinflusst werden. Daher werden vorzugsweise Radarsignale und Ultraschallsignale verwendet.

[0019] In einer Ausführungsform ist die Anzahl an Messpunkten geeignet gewählt, um aus den Messpunkten und den zugeordneten gemessenen Abständen die vorliegende Drehofenform mit hinreichender Genauigkeit berechnen zu können, vorzugsweise wird die vorliegende Drehofenform aus den zu den Messpunkten zugehörigen Abständen mittels einer Methode der kleinsten Fehlerquadrate berechnet. Die Messgenauigkeit, die mit üblichen Messeinheiten erzielt werden kann, liegt im Bereich von $1 - 2 \cdot 10^{-3}$ relativ zum Abstand. Aus den Abstandsmessungen kann dann die vorliegende Drehofenform über beispielsweise die sogenannte Methode der kleinsten Fehlerquadrate berechnet werden. Bei einem Durchmesser des Ofenmantels von mehreren Metern und einem Abstand der Messpunkte auf dem Ofenmantel von höchstens 1 cm bewegt sich der Fehler bei der Bestimmung der vorliegenden Drehofenform in Bereich von 1 mm oder kleiner. Mit diesen Werten ist beispielsweise eine hinreichende Genauigkeit der Messung gewährleistet. Übliche im Betrieb auftretende Vorwölbungen (Ausbeulungen) erstrecken sich lateral über die Ofenmantelfläche über etliche 10 cm. Damit eine Vorwölbung detektiert werden kann, muss diese eine Vorwölbungshöhe größer als der Messfehler beziehungsweise Fit-Fehler besitzen. Somit wären Vorwölbungen mit einer Höhe von beispielsweise 5 mm sicher feststellbar und liegen immer noch deutlich unter einer für Drehöfen kritischen Höhe von mehr als 1 cm.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform bezeichnet eine positive Differenz beziehungsweise eine negative Differenz zwischen vorliegender Drehofenform und Soll-Form eine Vorwölbung des Ofenmantels nach außen beziehungsweise eine Einbuchtung des Ofenmantels nach innen und die Kühlsystemsteuerung ist dazu vorgesehen, die Pulslänge und/oder die Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls so einzustellen, dass die entsprechende Kühlung beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels mit geringen positiven Differenzen durch den Kühlflüssigkeitsstrahl geringer ausfällt als beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels mit großen positiven Differenzen durch den Kühlflüssigkeitsstrahl, während auf Stellen mit negativer Differenz keine Kühlflüssigkeit aufgebracht wird. Durch den Kühleffekt des Kühlmittelstrahls können Vorwölbungen aufgrund des Schrumpfprozesses nach Abkühlung zurückgeführt werden. Zum Ausgleich von negativen Differenzen müsste dagegen eine thermische Ausdehnung im Material induziert werden, was über eine aufgesprühte Flüssigkeit so nicht möglich ist. Hier müssten stattdessen entsprechend starke Wärmequellen auf die Stellen mit negativen Differenzen abstrahlen. Solche Wärmequellen könnten beispielsweise mit Infrarotstrahlmodulen bereitgestellt werden, mit de-

nen Material auf Temperaturen bis zu 900° erhitzt werden könnte.

[0021] In einer Ausführungsform ist die Kühlsystemsteuerung dazu vorgesehen, bei positiven Differenzen die Pulslänge des Kühlflüssigkeitsstrahls bei gleicher Pulsfrequenz beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels mit geringen positiven Differenzen durch den Kühlflüssigkeitsstrahl kurz einzustellen und beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels mit größeren positiven Differenzen durch den Kühlflüssigkeitsstrahl länger einzustellen. Über die Pulslänge lässt sich sehr präzise die Kühlwirkung durch den Kühlmittelstrahl anpassen. Die Pulslänge ist gegenüber der Pulsfrequenz auch die einfacher zu kontrollierende Stellgröße für den Sprühprozess.

[0022] In einer Ausführungsform sind die Fächerdüsen so ausgestaltet, dass sie einen fächerförmigen Kühlflüssigkeitsstrahl erzeugen, der einen ersten Öffnungswinkel von mindestens 40° entlang der Rotationsachse des Drehofens besitzt. Dadurch kann ein Kühlmodul einen größeren Bereich des Ofenmantels mit Kühlflüssigkeit besprühen, so dass die Anzahl der Kühlmodule für eine vollständige Besprühung eines vorgesehenen Abschnitts des Ofenmantels begrenzt werden kann und das Kühlsystem dadurch mit einer geringeren Anzahl an Komponenten für eine vorgegebene Größe des zu behandelnden Bereichs auskommt. Gleichzeitig wird auch die Menge an Kühlflüssigkeit auf einen breiteren Auftreffbereich verteilt, so dass die Menge an Kühlflüssigkeit pro Flächeneinheit auf dem Ofenmantel leichter steuerbar ist und somit eine nicht gewollte zu starke Abkühlung eines kleinen Bereichs auf dem Ofenmantel verhindert wird. Die Auffächerung des Kühlflüssigkeitsstrahls kann dabei über die Wahl und Einstellung der Fächerdüse so gestaltet werden, dass bei mehreren benachbart angeordneten Kühlmodulen benachbarte Auftreffbereiche leicht überlappen, da in den äußeren Bereichen der Auftreffbereiche in der Regel weniger Flüssigkeitsmenge pro Fläche aufgebracht wird, als in dem zentralen Bereich des Auftreffbereichs einer jeden Fächerdüse. Somit können sich benachbarte Fächerdüsen in den äußeren Bereichen der Auftreffflächen beim Aufbringen der Kühlflüssigkeit ergänzen. Selbst wenn die Auftreffbereiche nicht überlappen, so überlappen dennoch die Bereiche benachbarter Kühlmodule, in denen eine Kühlwirkung auf dem Ofenmantel erreicht wird, da sich diese mittels Wärmeleitung über den reinen Auftreffbereich hinaus erstreckt. Ein solcher in der Ebene der Längsrichtung des Drehofens aufgefächerte Kühlflüssigkeitsstrahl kann in der Richtung senkrecht dazu (senkrecht zur Drehachse des Drehofens) beispielsweise einen kleineren zweiten Öffnungswinkel besitzen. In einer Ausführungsform besitzen die Fächerdüsen einen zweiten Öffnungswinkel in Drehrichtung des Ofenmantels, der höchstens 30°, vorzugsweise zwischen 10° und 15°, beträgt. Dieser kleine zweite Öffnungswinkel ermöglicht eine sehr präzise Steuerung der Kühlwirkung entlang des Umlaufs des Drehofens, der sich ja an den Kühlsystem vorbeidreht.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform umfasst das Kühlsystem mehrere entlang der Rotationsachse des Drehofen angeordnete Kühlmodule, wobei die Kühlsystemsteuerung so mit den Schaltventilen der vorhandenen Kühlmodule verbunden und ausgestaltet ist, dass sie die Schaltventile auf Basis der berechneten Differenz zwischen vorliegender Drehofenform und der Soll-Form verschiedener Kühlmodule unabhängig voneinander zur Einstellung individueller Pulslänge und/oder Pulsfrequenz für jedes Kühlmodul ansteuert. Dadurch kann nicht nur in einem Auftreffbereich für ein Kühlmodul die Kühlung für den jeweiligen Umfang des Ofenmantels positionsabhängig gesteuert werden, sondern die thermische Verformung durch verschiedene Kühlmodule je nach Ort der jeweiligen unterschiedlichen Auftreffbereiche an die Drehofengegebenheiten und Notwendigkeiten angepasst werden. Im Bereich der Feuerlanze werden beispielsweise andere Kühlleistungen zur Erzeugung einer thermischen Verformung benötigt als in der Nähe der Einlassöffnung für das im Ofen zu prozessierende Rohmaterial, das dort eine wesentlich niedrigere Temperatur aufweist. Somit lässt sich dasselbe erfindungsgemäße Kühlsystem individuell für verschiedene Drehöfen und Betriebsphasen verwenden beziehungsweise auf geänderte Betriebsparameter des Ofens anpassen.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform sind ein Abstand zwischen den benachbarten Kühlmodulen und ein Druck der Kühlflüssigkeit für die Kühlmodule so eingestellt, dass sich die jeweiligen Auftreffbereiche der Kühlflüssigkeiten auf dem Ofenmantel für benachbarte Kühlmodule berühren, vorzugsweise ohne sich dabei zu überlappen, und so einen gemeinsamen Auftreffbereich auf dem Ofenmantel definieren. Hierdurch wird sichergestellt, dass der thermisch zu behandelnde Bereich bei geringstmöglicher Anzahl an Kühlmodulen vollständig gekühlt werden kann.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform ist die Kühlsystemsteuerung dazu ausgestaltet, ein Warnsignal auszusenden, sobald zumindest die Differenz zwischen der Drehofenform und der Soll-Form zumindest in einem Bereich des Abschnitts einen Schwellenwert übersteigt. Somit kann bei einer kritischen Verformung des Drehofens dieser durch andere Prozesseinstellungen über die Drehofensteuerung geschützt werden. Sofern das Warnsignal automatisch und elektronisch übermittelt wird, kann die Drehofensteuerung gleichsam automatisch und ohne Zeitverzögerung reagieren. Der Schwellenwert kann ebenfalls in der Kühlsystemsteuerung hinterlegt und geändert werden. Er ist von der jeweiligen Anwendung vom Drehofen und vom Ofenmantelmaterial und die dafür noch zu akzeptierende Verformung abhängig.

[0026] In einer Ausführungsform des Kühlsystems sind die Kühlmodule und die entsprechenden Auftreffbereiche des Kühlmittelstrahls so zueinander angeordnet, dass die Auftreffbereiche benachbarter Kühlmodule den Ofenmantel entlang dessen Rotationsachse zumindest im zu kühlenden Abschnitt lückenlos kühlen, wobei jedes

Kühlmodul mindestens einen mit einer Kühlsystemsteuerung verbundenen ersten Wärmesensor zur Messung einer ersten lokalen Temperatur des Ofenmantels in Drehrichtung des Ofenmantels gesehen vor dem Auftreffbereich der Kühlflüssigkeit und zur Übermittlung der ersten lokalen Temperatur an die Kühlsystemsteuerung umfasst, und die Kühlsystemsteuerung dazu ausgestaltet ist, das Schaltventil eines jeden Kühlmoduls entsprechend einer Differenz zwischen der jeweiligen ersten lokalen Temperatur und einer Solltemperatur so anzusteuern, dass mittels Einstellung der Pulslänge und/oder Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls nach einer Umdrehung des Ofenmantels die Stelle des Ofenmantels, an der eine Umdrehung zuvor die erste lokale Temperatur gemessen wurde, dann eine erste lokale Temperatur aufweist, die näher an der Solltemperatur liegt als bei der vorangegangenen Messung, sofern in der betreffenden Umdrehung Kühlflüssigkeit auf den jeweiligen Auftreffbereich aufgebracht wurde, wobei die Differenz zwischen den ersten lokalen Temperaturen dieser beiden Messungen aber weniger als 30K, vorzugsweise weniger als 15K, beträgt.

[0027] Die Erfindung betrifft des Weiteren einen Drehofen mit einem erfindungsgemäßen Kühlsystem. Drehöfen sind beispielsweise direkt beheizte Drehöfen zum Kalkbrennen, zum Schmelzen von keramischen Gläsern, zum Erschmelzen von Metallen, zur Eisenerzreduktion, zur Aktivkohleherstellung und für andere Anwendungen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Drehofen ein Zementdrehofen.

[0028] Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zur lokalen Angleichung einer vorliegenden Drehofenform eines sich entlang einer Rotationsachse drehenden Drehofens mit einem Ofenmantel an eine Soll-Form mit einem erfindungsgemäßen Kühlsystem umfassend eine Anordnung von einem oder mehreren beabstandet zum Ofenmantel angeordnete Kühlmodulen, eine Messeinheit mit einem ortsfest angeordneten Messsensor und eine Kühlsystemsteuerung, wobei jedes Kühlmodul ein ansteuerbares Schaltventil und eine Fächerdüse zur Abgabe eines gepulsten fächerförmigen Kühlflüssigkeitsstrahls umfasst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- fortlaufendes Bestimmen von Abständen in vorbestimmter Richtung zwischen dem Messsensor und dem sich drehenden Ofenmantel in einem der Drehung entsprechend um den Ofenmantel umlaufenden Abschnitt sowie
- Berechnen einer ortsabhängigen Differenz zwischen der aus den umlaufend bestimmten Abständen berechneten vorliegenden Drehofenform und der Soll-Form mit der Messeinheit;
- Einstellen einer Pulslänge und/oder einer Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls mittels einer Kühlsystemsteuerung auf Basis der berechneten ortsabhängigen Differenz; und
- Aufbringung der Kühlflüssigkeit mittels des einge-

stellten Kühlflüssigkeitsstrahls von außen auf den sich drehenden Ofenmantel in einem Auftreffbereich in dem umlaufenden Abschnitt zur lokalen thermischen Verformung des Ofenmantels im Auftreffbereich, bis die vorliegende Drehofenform zumindest in dem Auftreffbereich an die Soll-Form angeglichen ist.

[0029] In einer Ausführungsform des Verfahrens stellt dabei die Kühlsystemsteuerung die Pulslänge und/oder die Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls so ein, dass die entsprechende Kühlung beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels mit geringen positiven Differenzen durch den Kühlflüssigkeitsstrahl geringer ausfällt als Durchlauf von Stellen des Ofenmantels bei großen positiven Differenzen durch den Kühlflüssigkeitsstrahl, während auf Stellen mit negativer Differenz keine Kühlflüssigkeit aufgebracht wird, wobei die positive Differenz zwischen vorliegender Drehofenform und Soll-Form eine Vorwölbung des Ofenmantels nach außen bezeichnet, vorzugsweise wird dabei bei positiven Differenzen die Pulslänge des Kühlflüssigkeitsstrahls bei gleicher Pulsfrequenz beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels mit geringen positiven Differenzen durch den Kühlflüssigkeitsstrahl kurz eingestellt und beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels mit größeren positiven Differenzen durch den Kühlflüssigkeitsstrahl länger eingestellt.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Kühlsystem mehrere entlang der Rotationsachse des Drehofen angeordnete Kühlmodule und die Kühlsystemsteuerung ist mit den Schaltventilen der vorhandenen Kühlmodule geeignet verbunden, um auf Basis der berechneten Differenz zwischen vorliegender Drehofenform und der Soll-Form die Schaltventile verschiedener Kühlmodule unabhängig voneinander zur Einstellung individueller Pulslänge und/oder Pulsfrequenz für jedes Kühlmodul anzusteuern.

Kurze Beschreibung der Abbildungen

[0031] Diese und andere Aspekte der Erfindung werden im Detail in den Abbildungen wie folgt gezeigt.

- Fig.1: schematische Darstellung eines üblichen Drehofens (a) in seitlicher Ansicht und (b) im Schnitt senkrecht zur Rotationsachse;
 Fig.2: eine Ausführungsform des beabstandet zum Ofenmantel angeordneten erfindungsgemäßen Kühlsystems im seitlichen Schnitt;
 Fig.3: eine schematische Darstellung der vorliegenden Drehofenform und der Soll-Form im seitlichen Schnitt durch den Drehofen senkrecht zur Rotationsachse;
 Fig.4: eine andere Ausführungsform des beabstandet zum Ofenmantel angeordneten erfindungsgemäßen Kühlsystems in Draufsicht;
 Fig.5: eine Ausführungsform des erfindungsgemä-

ßen Verfahrens zur lokalen Angleichung einer vorliegenden Drehofenform an eine Soll-Form.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0032] Fig.1 zeigt eine schematische Darstellung eines üblichen Drehofens 1 (a) in seitlicher Ansicht und (b) im Schnitt senkrecht zur Rotationsachse R. Drehöfen 1 werden für kontinuierliche Prozesse in der Verfahrenstechnik verwendet. Der hier gezeigte Drehofen 1 umfasst ein viele zehn Meter langes zylinderförmiges Drehrohr mit einem Ofenmantel 2 aus Metall, das um seine Längsachse als Rotationsachse R in einer Drehrichtung DR gedreht wird. Hierbei ist der Ofenmantel 2 leicht geneigt, beispielsweise um 5°, um mit dem Umlauf des Ofenmantels 2 einen Transport des Materials innen längs der Rotationsachse R des Ofenmantels 2 im Drehofen 1 von der höheren Einlassöffnung (Einlaufseite) 2E zur niedrigeren Auslassöffnung (Auslaufseite) 2A herbeizuführen. Das zu bearbeitenden Material 61, das auf der Einlassöffnung 2E in den Drehofen 1 hineingegeben wird, kann unterschiedlich sein, beispielsweise Feststoffe, Gesteine, Schlämme oder Pulver. Die benötigte Prozesstemperatur kann in den Drehöfen 1 direkt oder indirekt erzeugt werden. Bei Materialien 61, die eine hohe Prozesstemperatur benötigen, wird der Drehofen 1 wie hier gezeigt direkt, beispielsweise durch eine Feuerlanze 51 erzeugt durch einen Brenner 5 an der Auslassöffnung 2A des Drehofens 1, die in etwa mittig im Drehrohr angeordnet ist, beheizt. Direkt beheizte Drehöfen 1 werden beispielsweise für die Zementherstellung, für ein Kalkbrennen, das Schmelzen von keramischen Gläsern, Er-schmelzen von Metallen, Eisenerzreduktion, Aktivkohleherstellung und andere Anwendungen verwendet. Die direkt beheizten Drehöfen 1 werden dabei bei sehr heißen Temperaturen betrieben. Beispielsweise werden bei der Zementherstellung die Rohstoffe umfassend Kalkstein und Ton gemahlen und im Drehofen 1 bei ca. 1450°C zu sogenanntem Klinker als aus der Auslassöffnung 2A heraustretendes Material 62 gebrannt und anschließend nach Verlassen des Drehofens 1 abgekühlt und weiter verarbeitet. Drehöfen 1, die diesen hohen Temperaturen ausgesetzt sind, haben einen Ofenmantel 2 aus Edelstahl oder Hochtemperaturstahl, der Temperaturen zwischen 250°C und 500°C ausgesetzt werden kann. Da die Temperaturen im Bereich der direkten Heizung deutlich höher sind, ist der Ofenmantel 2 aus Stahl an seiner Innenseite mit einer Hochtemperaturkeramik 7 ausgekleidet. Die Dicke der Auskleidung 7 bestimmt dabei die Temperatur, die der Stahlmantel 2 während des Prozesses spürt. Damit der Ofenmantel 2 sich nicht im Laufe des Betriebs aufgrund der Temperaturbelastung verzieht oder Schäden an der inneren Verkleidung nicht zu einem Verbiegen oder gar Schmelzen des Ofenmantels 2 führen, wird der Ofenmantel von außen gekühlt (hier nicht explizit gezeigt). Die Hochtemperaturkeramik 7 ist in der Regel aus Keramik-kacheln 71 oder Keramikziegeln 71 gebildet, die in Kontakt zueinander nebenei-

inander angeordnet werden.

[0033] Fig.2 zeigt eine Ausführungsform des beab-
 standet zum Ofenmantel 2 angeordneten erfindungsge-
 mäßigen Kühlsystems 3 für einen sich entlang einer Ro-
 tationsachse R drehenden DR Drehofen 1 zur lokalen
 Angleichung einer vorliegenden Drehofenform VF an eine
 Soll-Form SF im seitlichen Schnitt senkrecht zur Ro-
 tationsachse des Drehofens. Das Kühlsystem 3 umfasst
 in dieser Ausführungsform ein Kühlmodul 31 zur Aufbrin-
 gung 130 von Kühlflüssigkeit 4 von außen auf den sich
 drehenden Ofenmantel 2 in einem durch die Form des
 Kühlmittelstrahls 4 lokale begrenzten Auftreffbereich 22
 in einem der Drehung entsprechend um den Ofenmantel
 2 umlaufenden Abschnitt 21 zur lokalen thermischen Ver-
 formung des Ofenmantels 2 in dem Auftreffbereich 22.
 Das Kühlmodul 31 umfasst ein ansteuerbares Schaltven-
 til 311 und eine Fächerdüse 312, mit denen ein gepulster
 fächerförmiger Kühlflüssigkeitsstrahl 4 in Richtung des
 Ofenmantels 2 abgegeben werden kann, sofern im Auf-
 treffbereich 22 eine lokale thermische Verformung des
 Ofenmantels 2 gewünscht wird. Damit festgestellt wer-
 den kann, ob eine lokale thermische Verformung durch-
 geführt werden soll, umfasst das Kühlsystem 3 mindes-
 tens eine Messeinheit 35 mit mindestens einem ortsfest
 angeordneten Messsensor 36 geeignet zur fortlaufenden
 Bestimmung von Abständen A in der durch die Ausrich-
 tung des Messensors 36 auf den Ofenmantel 2 hin vor-
 bestimmter Richtung zwischen Messsensor 36 und dem
 sich drehenden Ofenmantel 2 im umlaufenden Ab-
 schnitt 21. Der Messsensor 36 umfasst dabei eine Sen-
 dereinheit 361 zum Aussenden eines Messsignals MS
 und eine Empfängereinheit 362 zum Empfangen des von
 dem Ofenmantel 2 reflektierten Messsignals MS. Die
 Messeinheit 35 bestimmt aus den ausgesendeten und
 empfangenen Messsignalen MS den Abstand A. Vor-
 zugsweise wird der Messsensor 36 in einem Abstand
 kleiner als 1 m zum Ofenmantel montiert. Das Messsi-
 gnal MS ist dabei beispielsweise ein Lichtsignal im sicht-
 baren Spektralbereich, ein Lasersignal, ein Ultraschall-
 signal und/oder ein Radarsignal. Bei einer Ultraschall-
 messung kann der Abstand beispielsweise über die Lauf-
 zeit des Signals berechnet werden. Bei Radarsignalen
 kann der Abstand beispielsweise aus einer Phasenver-
 schiebung zwischen ausgesendeten und empfangenen
 Messsignal berechnet werden. Bei einem Lasersignal
 kann der Abstand beispielsweise mittels Triangulation
 berechnet werden, wo der Sendewinkel vorbestimmt
 ist und der Empfangswinkel des Messsignals gemessen
 wird. Die Messeinheit 35 umfasst daher neben dem
 Messsensor 36 eine hier nicht gezeigte Datenverarbei-
 tungseinheit zur Berechnung der Abstände aus den
 Messsignalen und zur Berechnung einer ortsabhängigen
 Differenz D zwischen der aus den bestimmten Abstän-
 den A berechneten vorliegenden Drehofenform VF und
 der Soll-Form SF. Eine Kühlsystemsteuerung 32 steuert
 dann auf Basis der ortsabhängigen Differenz D das
 Schaltventil 311 zum Aufbringen 130 der Kühlflüssigkeit
 4 an, damit mittels Einstellung 120 einer Pulslänge

und/oder einer Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls
 4 die vorliegende Drehofenform VF zumindest im Auf-
 treffbereich 22 mittels der durch den Abkühleffekt bewirk-
 ten thermischen Verformung der Soll-Form SF angeglichen
 wird. Hierbei ist der Zeitversatz zwischen Mess-
 punkt 23 und Auftreffbereich 22 zu berücksichtigen, da
 sich dieselbe Position 23 auf dem Ofenmantel 2 zuerst
 unter dem Messsignal MS und dann durch den Kühlflüs-
 sigkeitsstrahl 4 hindurchdreht. Die sich durch den Kühl-
 flüssigkeitsstrahl 4 hindurchdrehende zu behandelnde
 Position 23 auf dem Ofenmantel 2 definiert den Auftreff-
 bereich 22 auf dem Ofenmantel 2, der mittels geeigneter
 Ansteuerung des Schaltventils 311 durch den Kühlmittel-
 strahl 4 entsprechend getroffen und damit thermisch
 verformt wird. Die Fächerdüse 312 ist dazu so ausge-
 staltet, dass sie einen fächerförmigen Kühlflüssigkeits-
 strahl 4 erzeugt, der einen ersten Öffnungswinkel (hier
 nicht gezeigt) von mindestens 40° entlang der Rotations-
 achse R des Drehofens 2 besitzt und zudem einen zweiten
 Öffnungswinkel W2 in Drehrichtung DR des Ofen-
 mantels 2 besitzt, der höchstens 30°, vorzugsweise zwi-
 schen 10° und 15°, beträgt. Dieser schmale zweite Öff-
 nungswinkel ist vorteilhaft, um präzise eine lokale ther-
 mische Verformung in Umlaufrichtung erreichen zu kön-
 nen. Die Messeinheit 35, die Kühlsystemsteuerung 32
 und das Schaltventil 311 sind über geeignete Datenlei-
 tungen 33 miteinander verbunden. Die Kühlflüssigkeit 4
 wird über geeignete 34 Kühlflüssigkeitsleitungen im
 Kühlsystem 3 dem Schaltventil 311 und der Fächerdüse
 312 zugeführt. Das in dieser Ausführungsform gezeigte
 Kühlsystem 3 mit nur einem Kühlmodul 31 kann entspre-
 chend in anderen Ausführungsformen auch mit mehreren
 Kühlmodulen ausgeführt sein, wobei die mehreren
 Kühlmodule vorzugsweise entlang der Rotationsachse
 R des Drehofen 1 benachbart zueinander angeordnet
 sein können. Die in dieser Ausführungsform separat von
 der Messeinheit 35 angeordnete Kühlsystemsteuerung
 32 kann in einer weiteren Ausführungsform als integrierte
 Einheit aus Mess- und Kühlsystemsteuerung ausgeführt
 sein.

[0034] Fig.3 zeigt eine schematische Darstellung der
 berechneten vorliegenden Drehofenform VF und der
 Soll-Form SF im seitlichen Schnitt durch den Drehofen
 1 beziehungsweise seines Drehofenmantels 2 senkrecht
 zur Rotationsachse R. Die Messeinheit 35 ist in dieser
 Ausführungsform dazu ausgestaltet, periodisch den Ab-
 stand A in radialer Richtung zwischen dem Messsensor
 36 und dem Ofenmantel 2 für eine Anzahl an Messpunk-
 ten 23 auf dem Ofenmantel 2 mit gleichen Distanzen auf
 dem Ofenmantel 2 zueinander entlang der umlaufenden
 Richtung DR zu messen. Der vollständige Umlauf defi-
 niert den zu behandelnden Abschnitt 21 des Ofenman-
 tels 2 auf dem Drehofen 2. Zwar wird der jeweilige indi-
 viduelle Messpunkt 23 durch die Messeinheit 35 in ab-
 absoluten Koordinaten gesehen immer am gleichen Ort (zu-
 mindest bei einer vorliegenden Drehofenform gleich der
 Soll-Form) gemessen, wobei die Drehung DR des Ofen-
 mantels 2 bewirkt, dass sich die Messpunkte 23 über

dem gesamten Umlauf des Ofenmantels 2 kreisförmig über den Umfang des Ofenmantels 2 verteilen, woraus sich die Drehofenform VS in diesem Abschnitt 21 (entspricht der Schnittfläche an dieser Stelle der Rotationsachse R senkrecht zur Rotationsachse R) des Ofenmantels 2 bestimmen lässt. Hierbei ist die Anzahl an Messpunkten 23 so gewählt, um aus den Messpunkten 23 und den zugeordneten gemessenen Abständen A die vorliegende Drehofenform VF mit hinreichender Genauigkeit berechnen zu können, vorzugsweise wird die vorliegende Drehofenform VF aus den zu den Messpunkten 23 zugehörigen Abständen A mittels einer Methode der kleinsten Fehlerquadrate berechnet. Die Anzahl der Messpunkte 23 über den Umfang des Ofenmantels 2 beziehungsweise die relative Distanz benachbarter Messpunkte 23 auf dem Ofenmantel 2 zueinander kann durch die Anzahl der ausgesendeten Messsignale MS pro Zeiteinheit bei einer periodischen Messung festgelegt werden, da die Drehfrequenz des Drehofens 1 konstant ist. Hierbei wird die berechnete Differenz D als positive Differenz DP beziehungsweise als negative Differenz DN zwischen vorliegender Drehofenform VF und Soll-Form SF bezeichnet, wenn eine Vorwölbung des Ofenmantels 2 nach außen von der Rotationsachse weg beziehungsweise eine Einbuchtung des Ofenmantels 2 nach innen zur Rotationsachse hin vorliegt (siehe gestrichelte Pfeile). Die positive Differenz DP ist dabei grau unterlegt. Die kleine negative Differenz DN ist zur Unterscheidung hier nicht farblich unterlegt. Die Kühlsystemsteuerung 32 ist dazu vorgesehen, die Pulslänge und/oder die Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls 4 so einzustellen 120, dass die entsprechende Kühlung beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels 2 mit geringen positiven Differenzen DP durch den Kühlflüssigkeitsstrahl 4 geringer ausfällt als beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels 2 mit großen positiven Differenzen DP durch den Kühlflüssigkeitsstrahl 4, um zur gezielten thermischen Verformung zum Angleichen an die Soll-Form SF die thermische Verformung entsprechend dosieren zu können. Vorzugsweise kann die Kühlsystemsteuerung 32 dazu vorgesehen sein, bei positiven Differenzen DP die Pulslänge des Kühlflüssigkeitsstrahls 4 bei gleicher Pulsfrequenz beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels 2 mit geringen positiven Differenzen DP durch den Kühlflüssigkeitsstrahl 4 kurz einzustellen und beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels 2 mit größeren positiven Differenzen DP durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4) länger einzustellen. Auf Stellen mit negativer Differenz DN wird dagegen keine Kühlflüssigkeit 4 aufgebracht, da eine thermische Verkürzung des Materials aufgrund der Abkühlung die negative Differenz vergrößern würde. Um auch bei negativen Differenzen hier eine Angleichung an die Soll-Form erreichen zu können, müssten diese Bereiche für eine dort benötigte thermische Ausdehnung entsprechend erhitzt werden. Dies könnte über ebenfalls durch die Kühlsystemsteuerung angesteuerte Wärmequellen vorgenommen werden. Geeignete Wärmequellen hierzu wären beispielsweise eine Mehrzahl benach-

bart zueinander angeordnete Infrarotstrahler, die zumindest für Ofenmäntel aus Edelstahl Temperaturen oberhalb 250°C zur lokalen Materialausdehnung erzeugen können. Diese Wärmequellen würden analog zur Fächerdüse geeignet beabstandet zum Ofenmantel angeordnet. Entsprechende Optiken beziehungsweise Abschirmungen könnte eine Strahlführung der Wärmequellen analog zur Strahlführung des Kühlmittels ermöglichen.

[0035] Fig.4 zeigt eine andere Ausführungsform des beabstandet zum Ofenmantel 2 angeordneten erfindungsgemäßen Kühlsystems in Draufsicht. Hier umfasst das Kühlsystem 3 zwei entlang der Rotationsachse R des Drehofen 1 nebeneinander angeordnete Kühlmodule 31, 31', wobei die Kühlsystemsteuerung 32 so mit den Schaltventilen 311 der vorhandenen Kühlmodule 31, 31' verbunden und ausgestaltet ist, dass sie die Schaltventile 311 auf Basis der berechneten Differenz D zwischen vorliegender Drehofenform und der Soll-Form verschiedener Kühlmodule 31, 31' unabhängig voneinander zur Einstellung 120 individueller Pulslänge und/oder Pulsfrequenz für jedes Kühlmodul 31, 31' ansteuert. Der Abstand A1 zwischen den beiden benachbarten Kühlmodulen 31, 31' und der Druck der Kühlflüssigkeit 4 für die Kühlmodule 31, 31' ist dabei so eingestellt, dass sich die jeweiligen Auftreffbereiche der Kühlflüssigkeiten 4 auf dem Ofenmantel 2 für benachbarte Kühlmodule 31, 31' berühren, vorzugsweise ohne sich dabei zu überlappen, und so einen gemeinsamen Auftreffbereich 22 auf dem Ofenmantel 2 definieren. Zusätzlich kann die Kühlsystemsteuerung 32 dazu ausgestaltet sein, ein Warnsignal auszusenden W, sobald zumindest die Differenz D zwischen der Drehofenform VF und der Soll-Form SF zumindest in einem Bereich des Abschnitts 21 einen Schwellenwert SW übersteigt, vorzugsweise wird das Warnsignal W elektronisch zu einer Drehofensteuerung 11 übermittelt. Die Möglichkeit, ein Warnsignal W an die Drehofensteuerung 11 auszusenden, ist unabhängig von der Anzahl der verwendeten Kühlmodule 31, 31' und gilt somit gleichermaßen auch für das Ausführungsbeispiel in Fig.2 mit nur einem Kühlmodul 31. Das in Fig.3 gezeigte Ausführungsbeispiel kann in weiteren Ausführungsformen auch mit drei oder mehr Kühlmodulen ausgestaltet sein, worauf ebenfalls die Beschreibung zu den Fig.2 - 4 gleichermaßen sinngemäß anzuwenden ist.

[0036] Fig.5 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur lokalen Angleichung einer vorliegenden Drehofenform VF an eine Soll-Form SF. Zu den Ausgestaltungen des Drehofens und des Kühlmoduls wird auf die Figuren 1 - 4 verwiesen. Das Verfahren umfasst in dieser Ausführungsform die Schritte des fortlaufenden Bestimmens 100 von Abständen A in vorbestimmter Richtung zwischen dem Messsensor 36 und dem sich drehenden Ofenmantel 2 in einem der Drehung entsprechend um den Ofenmantel 2 umlaufenden Abschnitt 21 sowie des Berechnens 110 einer ortsabhängigen Differenz D zwischen der aus den umlaufend bestimmten Abständen berechneten vorliegenden Dre-

hofenform VF und der Soll-Form SF mit der Messeinheit 35; des Einstellens 120 einer Pulslänge und/oder einer Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls 4 mittels einer Kühlsystemsteuerung 32 auf Basis der berechneten ortsabhängigen Differenz D; und des Aufbringens 130 der Kühlflüssigkeit 4 mittels des eingestellten Kühlflüssigkeitsstrahls 4 von außen auf den sich drehenden Ofenmantel 2 in einem Auftreffbereich 41 in dem umlaufenden Abschnitt 21 zur lokalen thermischen Verformung des Ofenmantels 2 im Auftreffbereich 22, bis die vorliegende Drehofenform VF zumindest in dem Auftreffbereich 22 an die Soll-Form SF angeglichen ist (dargestellt durch den Rückpfeil von "130" auf "100"). Hierbei stellt 120 die Kühlsystemsteuerung 32 die Pulslänge und/oder die Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls 4 so ein, dass die entsprechende Kühlung beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels 2 mit geringen positiven Differenzen DP durch den Kühlflüssigkeitsstrahl 4 geringer ausfällt als Durchlauf von Stellen des Ofenmantels 2 bei großen positiven Differenzen DP durch den Kühlflüssigkeitsstrahl 4, während auf Stellen mit negativer Differenz DN keine Kühlflüssigkeit 4 aufgebracht wird. Dazu wird in einem Prüfschritt der Kühlsystemsteuerung abgefragt, ob eine vorliegende Differenz D eine positive Differenz DP ist (Abfrage $D=DP$). Ist die Antwort dazu "J", wird die Kühlflüssigkeit 4 in den Schritten 120 und 130 auf den Ofenmantel aufgebracht. Ist die Antwort dazu "N", wird keine Kühlflüssigkeit 4 aufgebracht. Vorzugsweise wird dabei bei positiven Differenzen DP die Pulslänge des Kühlflüssigkeitsstrahls 4 bei gleicher Pulsfrequenz beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels 2 mit geringen positiven Differenzen DP durch den Kühlflüssigkeitsstrahl 4 kurz eingestellt und beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels 2 mit größeren positiven Differenzen DP durch den Kühlflüssigkeitsstrahl 4 länger eingestellt. Sofern das Kühlsystem 3 mehrere entlang der Rotationsachse R des Drehofen 1 angeordnete Kühlmodule 31, 31' umfasst, ist die Kühlsystemsteuerung 32 mit den Schaltventilen 311 der vorhandenen Kühlmodule 31, 31' geeignet verbunden ist, um auf Basis der berechneten Differenz D zwischen vorliegender Drehofenform VF und der Soll-Form SF die Schaltventile 311 verschiedener Kühlmodule 31, 31' unabhängig voneinander zur Einstellung 120 individueller Pulslänge und/oder Pulsfrequenz für jedes Kühlmodul 31, 31' anzusteuern. In einer Ausführungsform kann die Kühlsystemsteuerung 32 dazu ausgestaltet sein (gestrichelt dargestellt), ein Warnsignal auszusenden W, sobald zumindest die Differenz D zwischen der Drehofenform VF und der Soll-Form SF zumindest in einem Bereich des Abschnitts 21 einen Schwellenwert SW übersteigt, vorzugsweise wird das Warnsignal W elektronisch zu einer Drehofensteuerung 11 übermittelt. Die Abfrage, ob die Differenz D einem Schwellenwert SW übersteigt, kann vorzugsweise vor der Abfrage erfolgen, ob es sich bei der Differenz D um eine positive Differenz DP handelt, da gegebenenfalls auch zu große negative Differenzen DN kritisch für das Betreiben des Drehofens sein könnten.

[0037] Die hier gezeigten Ausführungsformen stellen nur Beispiele für die vorliegende Erfindung dar und dürfen daher nicht einschränkend verstanden werden. Alternative durch den Fachmann in Erwägung gezogene Ausführungsformen sind gleichermaßen vom Schutzbereich der vorliegenden Erfindung umfasst.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

10 [0038]

1	Drehofen
11	Drehofensteuerung
2	Ofenmantel
15 2E	Einlassöffnung für das zu bearbeitende Material
2A	Auslassöffnung für das bearbeitete Material
21	umlaufender Abschnitt des Ofenmantels
22	Auftreffbereich der Kühlflüssigkeit auf den Ofenmantel
20 23	Messpunkte auf dem Ofenmantel, für die der Abstand zum Messsensor bestimmt wird
3	erfindungsgemäßes Kühlsystem
31, 31'	Kühlmodul
25 311	Schaltventil im Kühlmodul
312	Fächerdüse im Kühlmodul
32	Kühlsystemsteuerung
33	Datenleitungen im Kühlsystem
34	Kühlflüssigkeitsleitungen im Kühlsystem
30 35	Messeinheit
36	Messensor (zum Aussenden eines Messsignals)
361	Sendereinheit (für das Messsignal)
362	Empfängereinheit (für das Messsignal)
35 4	Kühlflüssigkeit, Kühlflüssigkeitsstrahl
5	Brenner des Drehofens
51	Feuerlanze
61	vom Drehofen zu bearbeitendes Material
62	das vom Drehofen bearbeitete Material
40 7	wärmeisolierende Schicht auf der Innenseite des Ofenmantels
71	Keramikkacheln
100	fortlaufendes Bestimmen der Abstände zwischen Messsensor und Ofenmantel
45 110	Berechnen einer ortsabhängigen Differenz zwischen Drehofenform und Soll-Form
120	Einstellen von Pulslänge und Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls
130	Aufbringung von Kühlflüssigkeit auf den Ofenmantel
50 A	Abstand zwischen Messsensor und dem Ofenmantel
A1	Abstand zwischen benachbarten Kühlmodulen
55 D	Differenz zwischen Drehofenform (Ist-Form) und Soll-Form
DP	positive Differenz zwischen Drehofenform und Soll-Form

DN	negative Differenz zwischen Drehofenform und Soll-Form	
DR	Drehrichtung des Ofenmantels, umlaufende Richtung des Abschnitts 21	
MS	Messsignal	5
R	Rotationsachse des Ofenmantels	
SF	Soll-Form des Drehofens (Ofenmantels)	
SW	Schwellenwert für die Differenz DF	
VF	vorliegende Drehofenform	
W	Warnsignal ausgesendet durch das Kühlsystem	10
W1	erster Öffnungswinkel des Kühlflüssigkeitsstrahls	
W2	zweiter Öffnungswinkel des Kühlflüssigkeitsstrahls	15

Patentansprüche

1. Ein Kühlsystem (3) für einen sich entlang einer Rotationsachse (R) drehenden Drehofen (1) zur lokalen Angleichung einer vorliegenden Drehofenform (VF) an eine Soll-Form (SF) umfassend eine Anordnung von einem oder mehreren Kühlmodulen (31, 31') zur Aufbringung (130) von Kühlflüssigkeit (4) von außen auf den sich drehenden Ofenmantel (2) in einem Auftreffbereich (22) in einem der Drehung entsprechend um den Ofenmantel (2) umlaufenden Abschnitt (21) zur lokalen thermischen Verformung des Ofenmantels (2) im Auftreffbereich (22), wobei das oder die Kühlmodule (31, 31') beabstandet zum Ofenmantel (2) angeordnet sind und jeweils ein ansteuerbares Schaltventil (311) und eine Fächerdüse (312) zur Abgabe eines gepulsten fächerförmigen Kühlflüssigkeitsstrahls (4) umfassen, und wobei das Kühlsystem (3) mindestens eine Messeinheit (35) mit mindestens einem ortsfest angeordneten Messsensor (36) geeignet zur fortlaufenden Bestimmung von Abständen (A) in vorbestimmter Richtung zwischen Messsensor (36) und dem sich drehenden Ofenmantel (2) im umlaufenden Abschnitt (21) und zur Berechnung einer ortsabhängigen Differenz (D) zwischen der aus den bestimmten Abständen (A) berechneten vorliegenden Drehofenform (VF) und der Soll-Form (SF) umfasst, wobei eine Kühlsystemsteuerung (32) auf Basis der ortsabhängigen Differenz (D) das Schaltventil (311) zum Aufbringen (130) der Kühlflüssigkeit (4) so ansteuert, dass mittels Einstellung (120) einer Pulslänge und/oder einer Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls (4) die vorliegende Drehofenform (VF) zumindest im Auftreffbereich (22) der Soll-Form (SF) angeglichen wird. 20 25 30 35 40 45 50
2. Das Kühlsystem (3) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Messeinheit (35) dazu ausgestaltet ist, zumindest periodisch den Abstand (A) zwischen dem Messsensor (36) und dem Ofenmantel (2) zumindest für eine Anzahl an Messpunkten (23) auf dem

Ofenmantel (2) entlang der umlaufenden Richtung (DR) zu messen.

3. Das Kühlsystem (3) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der Messsensor (36) eine Sendereinheit (361) zum Aussenden eines Messsignals (MS) und eine Empfängereinheit (362) zum Empfangen des von dem Ofenmantel (2) reflektierten Messsignals (MS) umfasst und die Messeinheit (35) aus den ausgesendeten und empfangenen Messsignalen (MS) den Abstand (A) bestimmt, vorzugsweise ist das Messsignal (MS) ein Lichtsignal im sichtbaren Spektralbereich, eine Lasersignal, ein Ultraschallsignal und/oder ein Radarsignal.
4. Das Kühlsystem (3) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Anzahl an Messpunkten (23) geeignet gewählt ist, um aus den Messpunkten (23) und den zugeordneten gemessenen Abständen (A) die vorliegende Drehofenform (VF) mit hinreichender Genauigkeit berechnen zu können, vorzugsweise wird die vorliegende Drehofenform (VF) aus den zu den Messpunkten (23) zugehörigen Abständen (A) mittels einer Methode der kleinsten Fehlerquadrate berechnet.
5. Das Kühlsystem (3) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** eine positive Differenz (DP) beziehungsweise eine negative Differenz (DN) zwischen vorliegender Drehofenform (VF) und Soll-Form (SF) eine Vorwölbung des Ofenmantels (2) nach außen beziehungsweise eine Einbuchtung des Ofenmantels (2) nach innen bezeichnet und die Kühlsystemsteuerung (32) dazu vorgesehen ist, die Pulslänge und/oder die Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls (4) so einzustellen (120), dass die entsprechende Kühlung beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels (2) mit geringen positiven Differenzen (DP) durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4) geringer ausfällt als beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels (2) mit großen positiven Differenzen (DP) durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4), während auf Stellen mit negativer Differenz (DN) keine Kühlflüssigkeit (4) aufgebracht wird.
6. Das Kühlsystem (3) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Kühlsystemsteuerung (32) dazu vorgesehen ist, bei positiven Differenzen (DP) die Pulslänge des Kühlflüssigkeitsstrahls (4) bei gleicher Pulsfrequenz beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels (2) mit geringen positiven Differenzen (DP) durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4) kurz einzustellen und beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels (2) mit

- größeren positiven Differenzen (DP) durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4) länger einzustellen.
7. Das Kühlsystem (3) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fächerdüsen (312) so ausgestaltet sind, dass sie einen fächerförmigen Kühlflüssigkeitsstrahl (4) erzeugen, der einen ersten Öffnungswinkel (W1) von mindestens 40° entlang der Rotationsachse (R) des Drehofens (2) besitzt.
8. Das Kühlsystem (3) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fächerdüsen (312) zudem einen zweiten Öffnungswinkel (W2) in Drehrichtung (DR) des Ofenmantels (2) besitzen, der höchstens 30°, vorzugsweise zwischen 10° und 15°, beträgt.
9. Das Kühlsystem (3) nach Anspruch einem der voranstehenden Ansprüche" **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlsystem (3) mehrere entlang der Rotationsachse (R) des Drehofen (1) angeordnete Kühlmodule (31, 31') umfasst und die Kühlsystemsteuerung (32) so mit den Schaltventilen (311) der vorhandenen Kühlmodule (31, 31') verbunden und ausgestaltet ist, dass sie (32) die Schaltventile (311) auf Basis der berechneten Differenz (D) zwischen vorliegender Drehofenform und der Soll-Form verschiedener Kühlmodule (31, 31') unabhängig voneinander zur Einstellung (120) individueller Pulslänge und/oder Pulsfrequenz für jedes Kühlmodul (31, 31') ansteuert.
10. Das Kühlsystem (3) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abstand (A1) zwischen den benachbarten Kühlmodulen (31, 31') und ein Druck der Kühlflüssigkeit (4) für die Kühlmodule (31, 31') so eingestellt sind, dass sich die jeweiligen Auftreffbereiche der Kühlflüssigkeiten (4) auf dem Ofenmantel (2) für benachbarte Kühlmodule (31, 31') berühren, vorzugsweise ohne sich dabei zu überlappen, und einen gemeinsamen Auftreffbereich (22) definieren.
11. Das Kühlsystem (3) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlsystemsteuerung (32) dazu ausgestaltet ist, ein Warnsignal auszusenden (W), sobald zumindest die Differenz (D) zwischen der Drehofenform (VF) und der Soll-Form (SF) zumindest in einem Bereich des Abschnitts (21) einen Schwellenwert (SW) übersteigt, vorzugsweise wird das Warnsignal (W) elektronisch zu einer Drehofensteuerung (11) übermittelt.
12. Ein Drehofen (1), vorzugsweise Zementdrehofen, mit einem Kühlsystem (3) nach Anspruch 1.
13. Ein Verfahren zur lokalen Angleichung einer vorliegenden Drehofenform (VF) eines sich entlang einer Rotationsachse (R) drehenden Drehofens (1) mit einem Ofenmantel (2) an eine Soll-Form (SF) mit einem Kühlsystem (3) nach Anspruch 1 umfassend eine Anordnung von einem oder mehreren beabstandet zum Ofenmantel (2) angeordnete Kühlmodulen (31, 31'), eine Messeinheit (35) mit einem ortsfest angeordneten Messsensor (36) und eine Kühlsystemsteuerung (32), wobei jedes Kühlmodul (31, 31') ein ansteuerbares Schaltventil (311) und eine Fächerdüse (312) zur Abgabe eines gepulsten fächerförmigen Kühlflüssigkeitsstrahls (4) umfasst, umfassend die Schritte
- fortlaufendes Bestimmen (100) von Abständen (A) in vorbestimmter Richtung zwischen dem Messsensor (36) und dem sich drehenden Ofenmantel (2) in einem der Drehung entsprechend um den Ofenmantel (2) umlaufenden Abschnitt (21) sowie
 - Berechnen (110) einer ortsabhängigen Differenz (D) zwischen der aus den umlaufend bestimmten Abständen berechneten vorliegenden Drehofenform (VF) und der Soll-Form (SF) mit der Messeinheit (35);
 - Einstellen (120) einer Pulslänge und/oder einer Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls (4) mittels einer Kühlsystemsteuerung (32) auf Basis der berechneten ortsabhängigen Differenz (D); und
 - Aufbringung (130) der Kühlflüssigkeit (4) mittels des eingestellten Kühlflüssigkeitsstrahls (4) von außen auf den sich drehenden Ofenmantel (2) in einem Auftreffbereich (41) in dem umlaufenden Abschnitt (21) zur lokalen thermischen Verformung des Ofenmantels (2) im Auftreffbereich (22), bis die vorliegende Drehofenform (VF) zumindest in dem Auftreffbereich (22) an die Soll-Form (SF) angeglichen ist.
14. Das Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Kühlsystemsteuerung (32) die Pulslänge und/oder die Pulsfrequenz des Kühlflüssigkeitsstrahls (4) so einstellt (120), dass die entsprechende Kühlung beim Durchlauf von Stellen des Ofenmantels (2) mit geringen positiven Differenzen (DP) durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4) geringer ausfällt als Durchlauf von Stellen des Ofenmantels (2) bei großen positiven Differenzen (DP) durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4), während auf Stellen mit negativer Differenz (DN) keine Kühlflüssigkeit (4) aufgebracht wird, wobei die positive Differenz (DP) zwischen vorliegender Drehofenform (VF) und Soll-Form (SF) eine Vorwölbung des Ofenmantels (2) nach außen be-

zeichnet, vorzugsweise wird dabei bei positiven Differenzen (DP) die Pulslänge des Kühlflüssigkeitsstrahls (4) bei gleicher Pulsfrequenz beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels (2) mit geringen positiven Differenzen (DP) durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4) kurz eingestellt und beim Durchlauf der Stellen des Ofenmantels (2) mit größeren positiven Differenzen (DP) durch den Kühlflüssigkeitsstrahl (4) länger eingestellt.

5

10

15. Das Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Kühlsystem (3) mehrere entlang der Rotationsachse (R) des Drehofen (1) angeordnete Kühlmodule (31, 31') umfasst und die Kühlsystemsteuerung (32) mit den Schaltventilen (311) der vorhandenen Kühlmodule (31, 31') geeignet verbunden ist, um auf Basis der berechneten Differenz (D) zwischen vorliegender Drehofenform (VF) und der Soll-Form (SF) die Schaltventile (311) verschiedener Kühlmodule (31, 31') unabhängig voneinander zur Einstellung (120) individueller Pulslänge und/oder Pulsfrequenz für jedes Kühlmodul (31, 31') anzusteuern.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

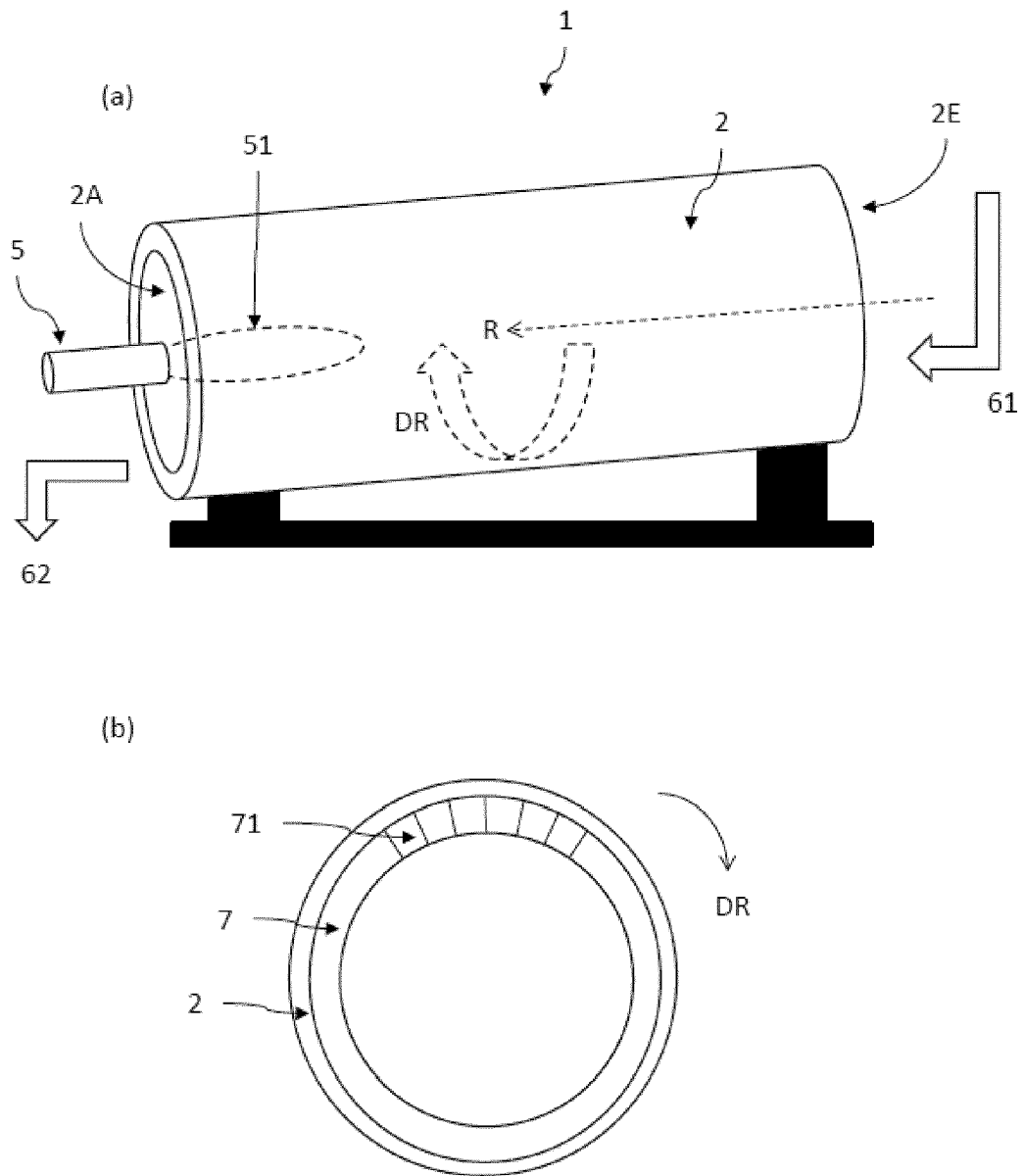


FIG.1

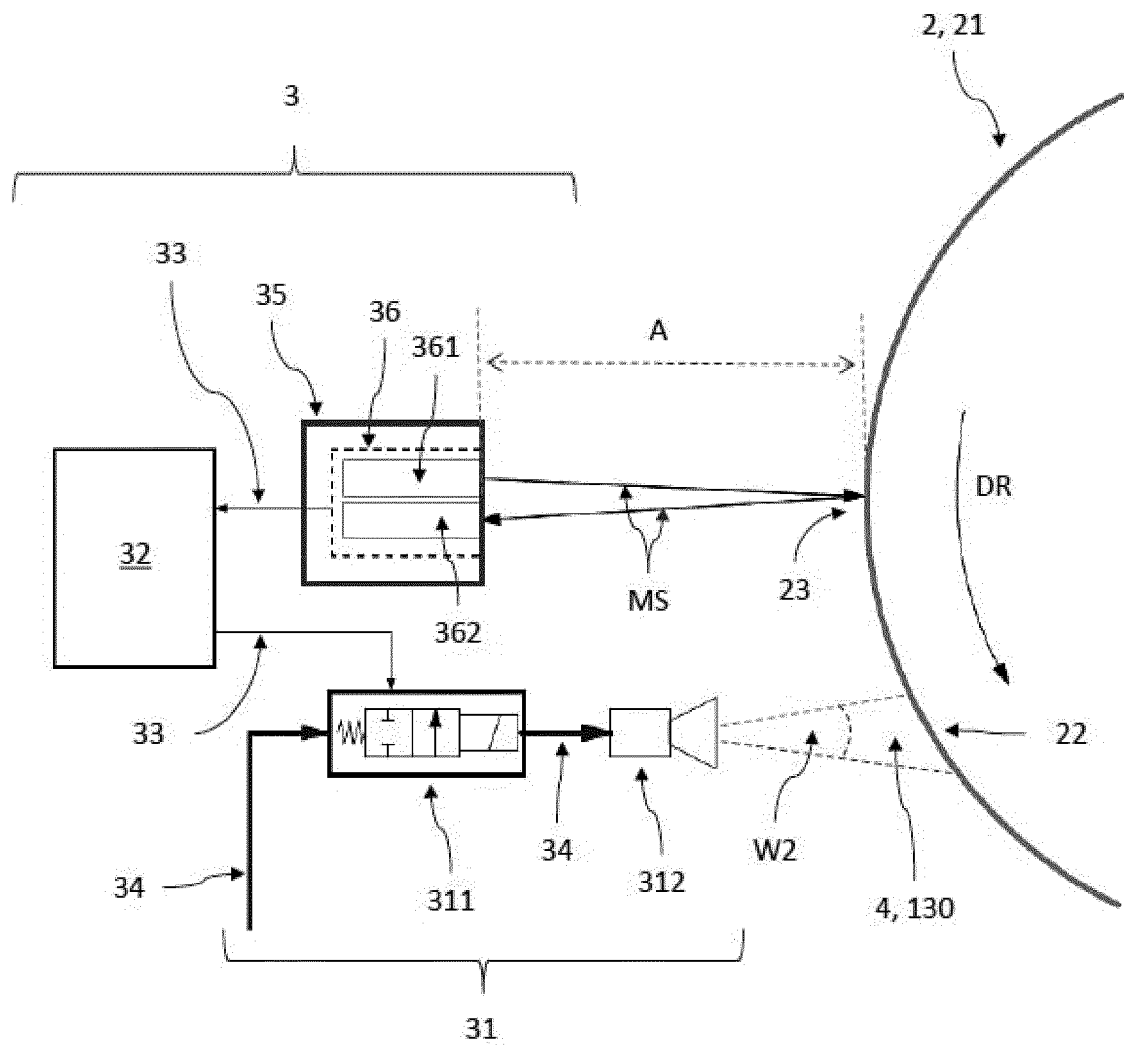


FIG.2

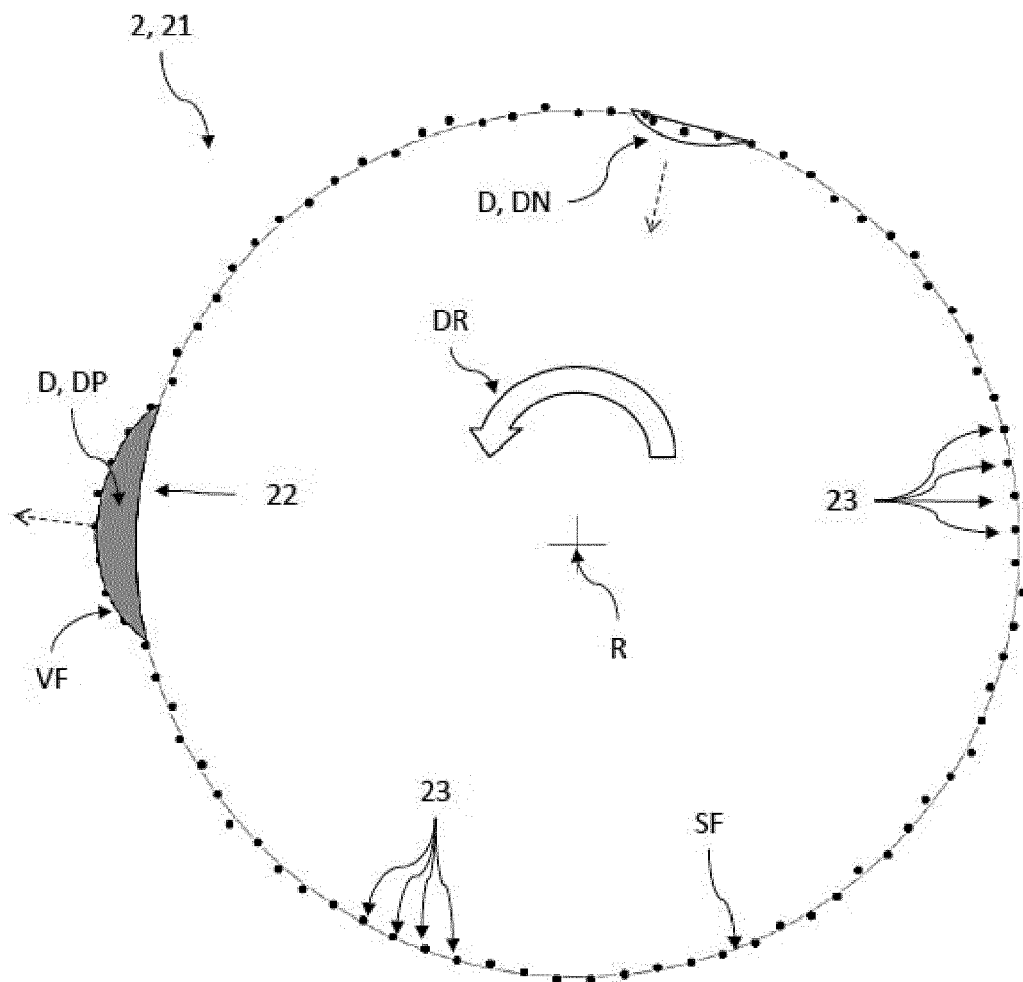


FIG.3

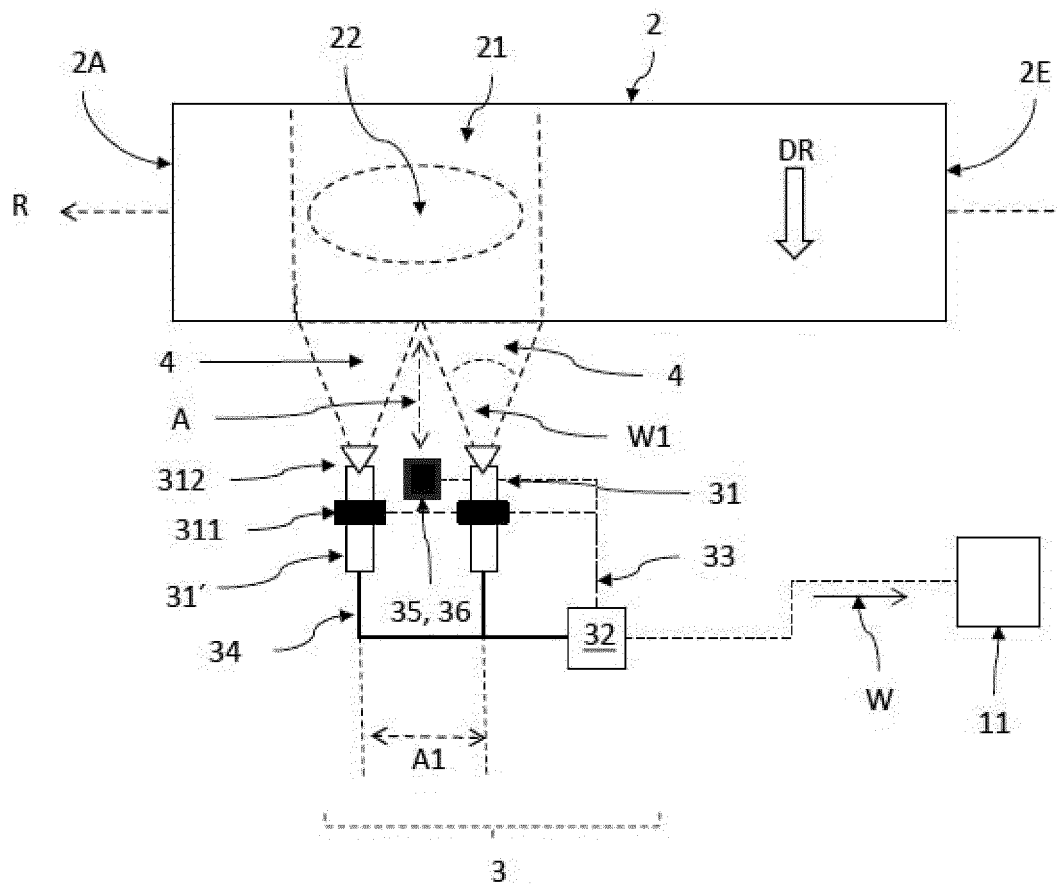


FIG.4

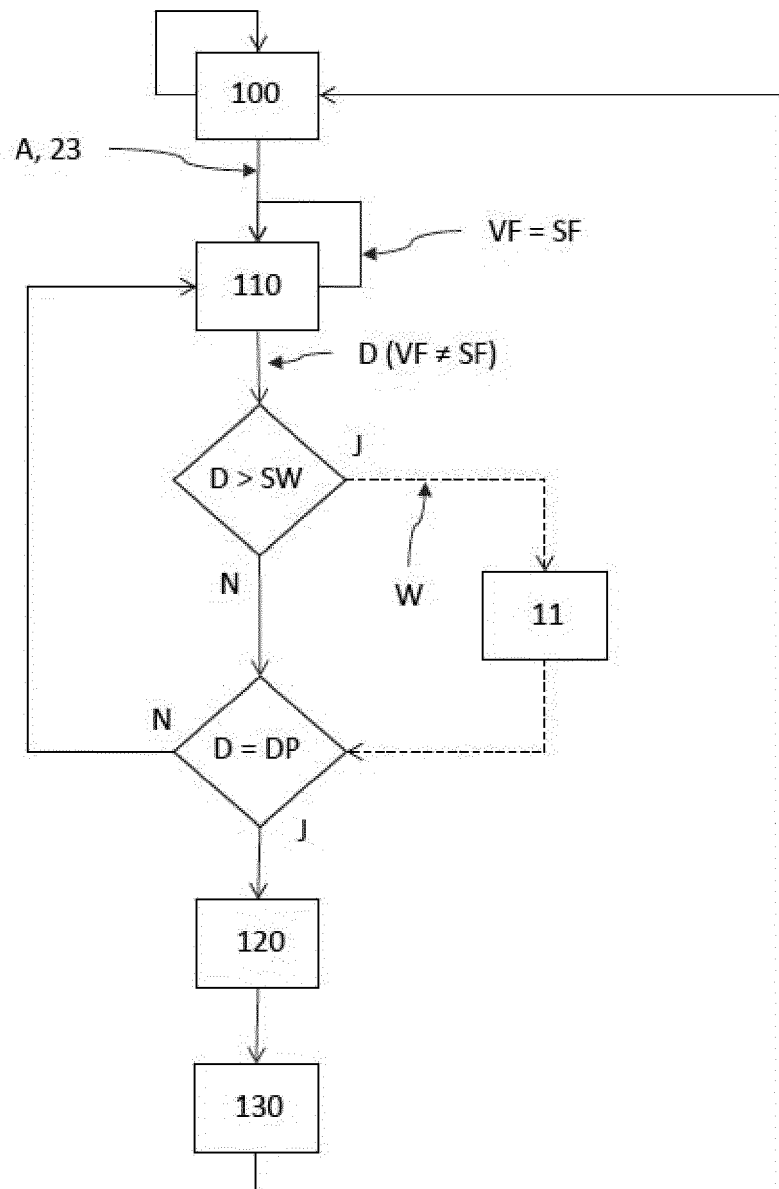


FIG.5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 15 5363

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 2 947 409 A1 (KIMA ECHTZEITSYSTEME GMBH [DE]; VER DEUTSCHER ZEMENTWERKE E V [DE]) 25. November 2015 (2015-11-25) * Absatz [0001] - Absatz [0002] * * Absatz [0006] - Absatz [0007] * * Ansprüche 1-15 * * Abbildungen 1-4 *	1-15	INV. F27B7/38 F27B7/42 F27D9/00 F27D19/00 F27D21/00
A	JP 2014 185788 A (UBE INDUSTRIES; UBE MACHINERY CORP LTD) 2. Oktober 2014 (2014-10-02) * Abbildungen 1, 2, 7 * * Absatz [0001] - Absatz [0004] * * Absatz [0009] - Absatz [0016] * * Absatz [0026] - Absatz [0034] *	1-15	
A	FR 2 619 897 A1 (OUTOKUMPU OY [FI]) 3. März 1989 (1989-03-03) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F27D F27B F23G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 13. Juli 2016	
		Prüfer Jung, Régis	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 15 5363

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-07-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2947409 A1	25-11-2015	EP 2947409 A1	25-11-2015
		WO 2015177048 A1	26-11-2015
JP 2014185788 A	02-10-2014	KEINE	
FR 2619897 A1	03-03-1989	AT 400364 B	27-12-1995
		AU 2054488 A	02-03-1989
		BE 1000874 A3	02-05-1989
		CA 1315980 C	13-04-1993
		DD 273100 A5	01-11-1989
		DE 3828129 A1	09-03-1989
		DK 421388 A	27-02-1989
		ES 2010320 A6	01-11-1989
		FI 873688 A	27-02-1989
		FR 2619897 A1	03-03-1989
		GB 2209068 A	26-04-1989
		HU 201143 B	28-09-1990
		IT 1226760 B	05-02-1991
		JP S6484089 A	29-03-1989
		NL 8802098 A	16-03-1989
		NO 883400 A	27-02-1989
		RU 2053474 C1	27-01-1996
		SE 466671 B	16-03-1992
		US 4973245 A	27-11-1990

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82