(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 15 378 T2** 2006.02.09

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 226 390 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 15 378.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/07135**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 914 996.4**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/57106**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.03.2000**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **28.09.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.07.2002**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **27.10.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.02.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***F23M 5/04*** (2006.01)
F23M 5/08 (2006.01)
F22B 37/10 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

125160 P	**19.03.1999**	**US**
526331	**15.03.2000**	**US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
Saint-Gobain IndustrieKeramik Düsseldorf GmbH, 40597 Düsseldorf, DE

(74) Vertreter:
COHAUSZ & FLORACK, 40211 Düsseldorf

(72) Erfinder:
SCHICKLING, S., Jay, Hendersonville TN 37075, US; TRACEY, M., Dennis, Medfield, US; VARTABEDIAN, M., Ara, Hudson MA 01749, US; WADE, A., Jonathan, Northborough, US

(54) Bezeichnung: **FEUERFESTE ZIEGEL ZUM SCHÜTZEN VON KESSELROHREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kessel, insbesondere feuerfeste Rohrblocks, welche metallene Wasserwand-Rohre bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung einer guten Wärmeleitfähigkeit vor heißen und stark korrodierenden Feuerungsgasen schützen.

2. Hintergrundinformationen

[0002] Feuerfeste Fliesen wurden lange Zeit zum Schutz von Kesselwänden in Müllverbrennungsöfen und anderen Wärmetauscher-Anwendungen verwendet. Die primäre Funktion der Fliesen war, die Kesselwände aus Stahllegierung, welche typischerweise Wasserwand-Rohre und dazwischen angeordnete Membranen oder Gewebe enthalten, vor der Temperatur, Erosion und Korrosion durch mit dem Kesselbetrieb zusammenhängende Säuredampf-Einwirkungen zu schützen. Diese Bedingungen werden durch den im Kessel stattfindenden Verbrennungsprozess erzeugt. Haushaltsmüllverbrennungseinrichtungen zum Beispiel verbrennen Müll und Abfall in Öfen bei Temperaturen von bis zu ungefähr 1400°C. Um die in diesen Haushaltsmüllverbrennungsanlagen erzeugte wertvolle Energie zurückzugewinnen, wird Wasser durch dem Ofen benachbarte metallene Wasserwand-Rohre geleitet und durch die hohen Temperaturen in Dampf umgewandelt. Der in der Rohreinheit erzeugte Dampf wird dann verwendet, um einen turbinengetriebenen elektrischen Generator zu speisen. Jedoch erzeugt die Haushaltsmüllverbrennungsanlage auch gasförmige Produkte, welche, wenn man sie in Kontakt mit der metallenen Wand kommen ließe, die Wände chemisch angreifen würden. Der Zweck der feuerfesten Fliesen ist, das direkte Einwirken gasförmiger Produkte auf die Wände zu verhindern und dennoch eine ausreichende Erwärmung der Rohre zuzulassen, um effizient Dampf zu erzeugen. Der primäre Zweck der Fliesen ist somit, die Lebenserwartung der Rohrwand zu verlängern.

[0003] Feuerfeste Fliesen zum Schutz von Kesselrohren wurden traditionell aus einem Material wie Siliziumkarbid (SiC) hergestellt. Diese Fliesen sind typischerweise mit einer im wesentlichen ebenen Vorderseite und mit einer der Kontur angepassten rückseitigen Oberfläche, welche in Größe und Form zur Kontur der Rohrwand passt, gebildet. Solche Fliesen wurden gewöhnlich als eine Variante von einer aus drei Konfigurationen hergestellt, nämlich verschraubten Fliesen; hängenden Fliesen, wie im U.S.-Patent Nr. 4,768,447 von Roumeguere offenbart; und modifizierten hängenden Fliesen, auch bekannt als geschlitzte oder T-geschlitzte Fliesen, wie im U.S.-Patent Nr. 5,243,801 von Aiken et al. und in WO 97/09577 von Zampell Advanced Refractory Technologies, Inc. offenbart. Die Dokumente U.S. 4,768,447, U.S. 5,243,801 und WO 97/09577 werden durch Bezugnahme hierin voll eingeschlossen.

[0004] Wie in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt, haben verschraubte Fliesen **10** gewöhnlich eine quadratische oder rechteckige Vorderseite **12**, welche für die Ausrichtung zum Innenraum des Kessels hin ausgelegt sind. Ein Loch durchdringt die Dicke der Fliese ungefähr in der Mitte der Vorderseite **12**. Typischerweise ist ein versenkter Bereich **34** im Loch oder in der Bohrung **30** vorhanden, um als Auflagefläche für eine Mutter **26** zu dienen. In einer typischen Installation ist ein Stehbolzen oder Gewindebolzen **24** zwischen zwei Rohren **18** in der Kesselwand **62** an einen Membranbereich **16** geschweißt. Die der Kontur angepaßte rückseitige Oberfläche **14** der Fliese **10** enthält genaue Teile **20**, welche in Größe und Form aufnehmend zur Kontur der Rohrwand **19** passen und engen Kontakt mit dieser zulassen.

[0005] Die Fliese wird installiert, indem der Stehbolzen durch das Loch geführt wird und die Fliese in Einbaulage mit einer Scheibe **28** und einer Mutter **26**, welche auf den Stehbolzen geschraubt wird, befestigt wird. Dann wird typischerweise ein Deckel (nicht gezeigt) an Ort und Stelle über das Loch gemörtelt, um die Gasmenge zu minimieren, welche durch einen Abstand zwischen dem Standardloch zur Rückseite der Fliese strömen kann. Typischerweise wird eine Schicht Mörtel (nicht gezeigt) zwischen der Fliese und der Wand **62** und zwischen benachbarten Fliesen eingebracht, um eine starre Struktur zu bilden, welche dazu beiträgt, die Fliese in Einbaulage zu befestigen, und um im wesentlichen zu verhindern, dass Gas zwischen und/oder hinter die Fliesen strömt.

[0006] Ein Vorteil der Verwendung einer Konfiguration mit verschraubten Fliesen liegt darin, dass die Fliesen relativ leicht zu installieren sind und auf im wesentlichen jeder Oberfläche des Kessels, einschließlich senkrechter und überhängender Oberflächen, installiert werden können.

[0007] Ein Nachteil solcher verschraubter Fliesen hängt mit Fliesendefekten zusammen. Diese Fliesen haben aufgrund von Stehbolzendefekten in der Regel eine Lebenserwartung von 2 bis 4 Jahren. Bei Versagen der Stehbolzen neigen die Fliesen dazu, von den Wänden abzufallen, was zur Folge hat, dass die Kesselrohre der Verbrennungsofen-Atmosphäre ausgesetzt sind. Früher hielt man Hochtemperatur-Säurekorrosion für die Ursache des Versagens der Stehbolzen. Insbesondere glaubte man, dass die Säuren durch das Stehbolzenloch in die Fliese eindrangen, um den Stehbolzen anzugreifen. Man

glaubte, die Korrosion wirke wegen deren hoher Betriebstemperatur (welche bei 1000°C oder mehr angenommen wurde) so stark auf die Stehbolzen. Auch Rissbildung der Fliesen trat häufig auf, und als Ursache dafür wurde eine Überbeanspruchung der Stehbolzen angenommen.

[0008] Ein Versuch, den mit verschraubten Fliesensystemen zusammenhängenden Nachteilen zu begegnen, umfasste die Verwendung von hängenden Fliesen. Wie in den Fig. 3 und Fig. 4 gezeigt, verwenden hängende Fliesen **45** typischerweise einen Anker/Haken oder kurzen Stehbolzen **37**, um die Fliese an die Membran **16** der Kesselwand **62** zu hängen, wobei die Schwerkraft genutzt wird, um die Fliese, zwecks eines guten Wärmeübergangs, in enger Nähe zur Kesselwand **62** zu halten. Diese Fliese **45** ist eine Modifikation der verschraubten Fliese insofern, als ein oder mehrere Löcher **30'** sich von der rückseitigen Oberfläche **14'** der Fliese zur heißen Vorderseite **12** hin erstrecken, aber die heiße Vorderseite nicht voll durchdringen. Dies verleiht der Fliese eine geschlossene Vorderseite, um die Säurekorrosionsbeständigkeit theoretisch zu verbessern. Eine Schicht Mörtel (nicht gezeigt) ist typischerweise zwischen der Fliese **45** und der Kesselwand **62** sowie zwischen benachbarten Fliesen installiert, um eine starre, im wesentlichen für Gas und Asche undurchlässige Struktur zu bilden.

[0009] Eine Variation dieser Anordnung mit hängenden Fliesen verwendet die Fliesen **45** zusammen mit einem Luftzugsystem. Bei dieser Variation ist hinter den Fliesen kein Mörtel eingebracht, um einen Spalt zwischen den Fliesen und der Kesselwand zu lassen. Ein Luftstrom wird durch diesen Spalt geleitet, um dazu beizutragen, die Säurekorrosion der Wand zu minimieren.

[0010] Ein Vorteil von hängenden Fliesen ist im allgemeinen der relativ leichte Einbau und Austausch. Ein Nachteil solcher Anordnungen mit hängenden Fliesen liegt darin, dass die Fliesen auf nicht senkrechten Wänden gewöhnlich nicht installiert werden können, da die Fliesen dazu neigen, von ihren Ankern abzufallen. Außerdem waren die Fliesen bekannt dafür, sich während des Betriebs aufgrund von thermischer Volumenausdehnung usw. von ihren Ankern abzuheben. Überdies neigt das oben beschriebene Luftzugsystem dazu, die Kosten des Fliesensystems im Vergleich mit Mörtel verwendenden Konfigurationen unvorteilhaft zu erhöhen. Auch der Wärmeübergang zwischen den Fliesen und der Wand kann wegen der isolierenden Eigenschaft (d.h. wegen der relativ niedrigen Wärmeleitfähigkeit) von Luftschichten unvorteilhaft verringert werden.

[0011] Wie in Fig. 5 gezeigt, wurden in einem Versuch, den mit den hängenden Fliesen, welche von ihren Ankern oder Haken losgerissen werden, zusammenhängenden Nachteilen zu begegnen, modifizierte hängende Fliesen **50** entwickelt. Beispiele solcher modifizierter Konfigurationen sind gemeinhin als Halbrundkopfschrauben-Fliesen, Fliesen für an das Rohr geschweißte Rippenanker und T-Schlitz Fliesen bekannt. Diese Fliesen **50** sind typischerweise Mischformen aus verschraubten Fliesen und hängenden Fliesen, welche eine geschlossene Fliesen-Vorderseite **12'** mit einem Anker **52** aufweisen, der ein im wesentlichen T-förmiges Profil hat, um die Fliesen effektiv zu halten und deren Installation sowohl auf senkrechten als auch auf überhängenden Oberflächen zu gestatten.

[0012] Diese Fliesen **50** werden gewöhnlich mit einer Schicht Mörtel zwischen der Fliese und der Kesselwand sowie zwischen benachbarten Fliesen installiert. Der Zweck des Mörtels ist, durch Schaffen einer starren Befestigung dazu beizutragen, die Fliesen zu befestigen, und eine Sperrschicht zu bilden, um dem Eindringen von Asche und korrodierendem Gas zwischen und hinter die Fliesen zu widerstehen.

[0013] Ein Vorteil dieser modifizierten Fliesen **50** ist, dass sie auf nominell jeder Kesseloberfläche installiert werden können. Zu den Nachteilen der Fliesen **50** zählt die schwierige Herstellung, da sie einen blinden (d.h. unterbrochenen) Schlitz **54** enthalten, welcher sich von einer ihrer Kanten aus seitlich in die Fliese erstreckt. Außerdem können die Fliesen aufgrund der Komplexität der Blindschlitze **54** physisch schwächer sein. Überdies kann eine einzelne Fliese gewöhnlich nicht ausgetauscht werden, ohne eine ganze Reihe von Fliesen auszubauen.

[0014] Ein zusätzlicher Ansatz, der dazu gedacht war, den Nachteilen der oben beschriebenen Konfigurationen zu begegnen, beinhaltete die Verwendung der hängenden Fliesen **45** in Verbindung mit einem zwischen gegenüberliegenden Vertiefungen oder Nuten **49** installierten federnden Material **48**, wie in den Fig. 3 und Fig. 4 gezeigt. Dieser Ansatz neigt dazu, Einbau und Austausch der Fliesen im Vergleich mit herkömmlichen, starren Mörtel verwendenden Fliesensystemen zu erleichtern. Wenn dieser Ansatz auch in einigen Anwendungen zufriedenstellend arbeiten mag, setzt das federnde Materil **48** dem Strom korrodierenden Gases unvorteilhaft wenig Widerstand entgegen und ist somit zur Verwendung in besonders stark korrodierenden Umgebungen, wie sie in Haushaltsmüllverbrennungs-Kesseln vorliegen, eher nicht wünschenswert.

[0015] Des weiteren verwenden viele der oben erörterten Ansätze in regelmäßigen Fliesenintervallen ein faseriges, zusammendrückbares Material oder Mörtel, um als Dehnungsfugen zu dienen. Zum Beispiel kann alle 7 bis 15 Fliesen ein solches Material auf eine Art und Weise verwendet werden, welche dem Durchschnittsfachmann im Maurerhandwerk vertraut

ist (d.h. wie im allgemeinen bei der Herstellung von Beton-Gehsteigen usw. verwendet). Diese Fugen neigen jedoch dazu, unvorteilhaft den Durchgang von Säuren und anderen korrodierenden Stoffen durch sie hindurch zu gestatten, wodurch die Korrosion der darunterliegenden Kesselwand gefördert wird. Außerdem hat sich nicht erwiesen, dass die Lebensdauer von Fliesensystemen mit solchen Dehnungsfugen merklich länger ist als diejenige ähnlicher Fliesenkonfigurationen ohne solche Dehnungsfugen.

[0016] Die EP-A-0 854 321 beschreibt eine Kessel-Wasserrohre schützende, feuerfeste Struktur, welche ein zwischen einem Kessel-Wasserrohr und einem Verbrennungsgas angeordnetes feuerfestes Material enthält. Die Wasserrohre schützende, feuerfeste Struktur ist als eine feuerfeste Struktur gebildet, welche in der Lage ist, die thermische Beanspruchung zu verringern, ohne die Wanddicke von feuerfesten Blocks zu erhöhen, sowie die Dauerhaftigkeit von Befestigungselementen zu verbessern, indem sie das Auftreten von Hochtemperatur-Korrosion an diesen verhindert, und weist einen hohen Wärmeübergangs-Wirkungsgrad auf. Die Eigenschaften dieser Struktur liegen darin, dass die Struktur einen feuerfesten Block aufweist, der einen gekrümmten Teil und einen Verbindungsteil, welche an ihren Innenumfängen mit dem Kessel-Wasserrohr in Eingriff stehen, sowie eine Einrast-Vertiefung und einen Einrast-Vorsprung, welche jeweils auf dem Kessel-Wasserrohr gebildet sind, als Befestigungseinrichtungen zum wieder lösbaren In-Eingriff-Bringen des feuerfesten Blocks und des Kessel-Wasserrohrs miteinander aufweist.

[0017] Die EP-A-0 656 508 betrifft eine Schutzwand-Struktur zum Schützen von Kesselrohren in Einrichtungen, welche Müll als Brennstoff verwenden, um Dampf zur Erzeugung von elektrischer Energie zu erzeugen. Die Schutzwand-Kesselmantelstruktur enthält eine Matrix von Schutzfliesen, Wärmeübertragungs-Bindematerial und gelängtem, zusammendrückbarem Material. Die Schutzfliesen besitzen eine vorderseitige Oberfläche, welche zur innengelegenen Verbrennungszone der Einrichtung weist, eine rückseitige Oberfläche, welche zu den Kesselrohren weist, und eine Mehrzahl von seitlichen Oberflächen. Das Wärmeübertragungs-Bindematerial ist zwischen den Kesselrohren und den rückseitigen Oberflächen der Schutzfliesen angeordnet, um den Wärmeübergang zu ermöglichen und eine Bindung zwischen den Kesselrohren und den Schutzfliesen zu schaffen. Das gelängte, zusammendrückbare Material ist zwischen den seitlichen Umfangsoberflächen von benachbarten Schutzfliesen angeordnet, um eine Dehnungsfuge zu bilden. Dies ermöglicht bei einer Temperaturerhöhung in der innengelegenen Verbrennungszone die relative Ausdehnung zwischen benachbarten Schutzfliesen, ohne dass es zu Rissbildung kommt.

[0018] Mithin besteht Bedarf für ein verbessertes feuerfestes Fliesensystem, das den mit dem Stand der Technik verbundenen Nachteilen begegnet.

KURZBESCHREIBUNG

[0019] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kessel gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Montage eines feuerfesten Fliesensystems zur Verwendung auf einer Wand eines Kessels.

[0020] Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung ist das Erkennen des für viele der Defekte von Systemen nach Stand der Technik ursächlichen Problems. Es wurde erkannt, dass diese Defekte sowohl durch das Durchbiegen einzelner Fliesen (hierin als "mikroskopisches" Durchbiegen bezeichnet) als auch durch das zusammengenommene Durchbiegen mehrerer Fliesen (hierin als "vernetztes" oder "makroskopisches" Durchbiegen bezeichnet), wie in Fig. 8 gezeigt, erzeugt wurden. Wie in Fig. 9 gezeigt, erzeugt das mikroskopische Durchbiegen Kräfte F, welche sich durch den starren Mörtel (nicht gezeigt) auf benachbarte Fliesen übertragen, um so einen makroskopischen Durchbiegungs-Effekt zu erzeugen. Das makroskopische Durchbiegen setzt die Stehbolzen einer solchen Dehnungsbeanspruchung aus, welche ausreicht, um deren Versagen zu verursachen. In dieser Hinsicht glaubte man vordem, dass jede prägnante Abmessungsinstabilität der Fliesen in erster Linie auf die durch Einwirkung hoher Kesseltemperaturen erzeugte Wärmeausdehnung begrenzt war. Überdies glaubte man, dass jedes Durchbiegen auf einzelne Fliesen begrenzt war.

[0021] Ganz im Gegenteil beruht die vorliegende Erfindung auf der Erkenntnis, dass Temperaturgradienten, welchen einzelne Fliesen während des Kesselbetriebs unterworfen sind, (d.h. die Differenz zwischen der Temperatur auf der heißen Vorderseite **112'** und der Rückseite **114'**, wie zum Beispiel in Fig. 7 gezeigt) größer waren als früher für möglich gehalten und einen größeren Einfluss auf die Abmessungsinstabilität der Fliesen ausübten als die oben erwähnte Wärmeausdehnung. Dann wurde erkannt, dass das durch den Temperaturgradienten erzeugte Durchbiegen dazu neigte, Belastungen durch den zwischen benachbarten Fliesen eingebrachten starren Mörtel zu übertragen, um die Effekte des Durchbiegens der einzelnen Fliesen als eine Funktion des Quadrats der Länge des Fliesennetzwerks effektiv zu vergrößern. Dieses Phänomen wird durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$\delta=\alpha L^2 \Delta T/(8t)$$

wobei δ = akkumulierte Durchbiegung, α = Wärmeausdehnungskoeffizient, L = Länge der Fliesenmat-

rix, ΔT = Differenz zwischen Temperaturen auf den entgegengesetzten Seiten der Fliesen und t = Fliesendicke.

[0022] Außerdem wurde festgestellt, dass die mit der Zeit auftretende Oxidation auf der heißen Vorderseite der Fliesen "Hot Spots" erzeugt, welche dazu neigen, den Temperaturgradienten über die Fliese zu verschlimmern, um noch weiter zum mikroskopischen Durchbiegungs-Effekt beizutragen. In dieser Hinsicht wurde festgestellt, dass das makroskopische Durchbiegen dazu beiträgt, die Oxidation zu beschleunigen und so einen sich selbst aufrechterhaltenden Zyklus einleitet, der dazu beiträgt, den Verfall der Fliesen zu beschleunigen. Zum Beispiel kann die optimale Betriebstemperatur der heißen Vorderseite von SiC-Fliesen ungefähr 500 bis 600 Grad C betragen. Es wurde festgestellt, dass die Oxidation bei dieser Temperatur minimal ist und die Fliesen-Lebensdauer nicht wesentlich beeinträchtigt. Hingegen wurde festgestellt, dass die Oxidation im Fall, dass die heiße Vorderseite ungefähr 750 Grad C erreicht oder überschreitet, schnell fortschreitet und sich bei weiter ansteigender Temperatur schnell weiter beschleunigt. Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung war somit die Erkenntnis, dass das makroskopische Durchbiegen dazu beiträgt, die Fliesen von der Kesselwand zu lösen, wodurch sich ein Luftspalt bildet, welcher im allgemeinen die Wärmeübertragung von der Rückseite der Fliese zur Wand verringert. Diese Abnahme der Wärmeübertragung erhöht die Temperatur auf der heißen Vorderseite effektiv über den bevorzugten Betriebstemperaturbereich hinaus. Das makroskopische Durchbiegen hat schließlich den Effekt, die Temperatur der heißen Vorderseite auf die oxidationsfördernde Temperatur von 750 Grad C oder mehr zu erhöhen. Die Oxidation wiederum neigt dazu, den Temperaturgradienten weiter zu vergrößern, welcher, wie oben erörtert, dazu neigt, das makroskopische Durchbiegen weiter zu verschlimmern, wodurch sich ein sich selbst aufrechterhaltender, zerstörerischer Zyklus bildet.

[0023] Da Fliesenkonfigurationen nach dem Stand der Technik im Hinblick auf das Minimieren des Eindringens von Säure entwickelt wurden (d.h. die Blindloch-Befestigung von hängenden und modifizierten Fliesen **45** und **50**), haben sie folglich den oben erwähnten Durchbiegungs-Zustand weder identifiziert noch sind sie ihm begegnet. Diese Konfigurationen nach dem Stand der Technik machen weiterhin Gebrauch von starrem Mörtel um die Fliesen herum, um dadurch zuzulassen, dass es zu makroskopischem Durchbiegen kommt.

[0024] Entsprechend wurde erkannt, dass das Versagen der oben erwähnten Dehnungsfugen, einen wesentlichen Nutzen zu erzeugen, zum Teil dem Versäumnis, die Phänomene des vernetzten Durchbiegens zu erkennen und vielmehr zu versuchen, nur den relativ harmlosen Wärmeausdehnungseffekt zu kompensieren, zuzuschreiben war. Dieses Versäumnis zeigt sich nicht nur durch die relative Knappheit oder Seltenheit der Dehnungsfugen (d.h. nur einmal alle 7 bis 15 Fliesen verwendet), sondern auch durch die häufige Verwendung von in mindestens einem Teil der Dehnungsfuge eingebrachtem herkömmlichem Mörtel.

[0025] Erste Schritte beim Entwickeln der vorliegenden Erfindung umfassten die Vollendung eines ersten Finite-Elemente-Modells (FEM) einer herkömmlichen verschraubten 18 cm × 18 cm-Fliese, um die Ursache der Rissbildung in den Fliesen während des Betriebs zu beurteilen. Diese Analyse offenbarte das Vorhandensein von Spannungen in der Fliese aufgrund von Temperaturgradienten. Außerdem offenbarte sie, dass sich die einzelnen Fliesen als Funktion der Temperaturgradienten durchbiegen. Das erste Ergebnis dieser Analyse war, die Dicke der Fliese zu erhöhen, um die Fliesenfestigkeit zu erhöhen.

[0026] Nach Vollendung dieser ersten Analyse wurde ein zweites Finite-Elemente-Modell vollendet, um die Temperaturprofile durch die Fliesendicke und über die Länge des Stehbolzens vorherzusagen. Bei einer angenommenen Verbrennungsofen-Betriebstemperatur von 1370°C sagte dieses Modell voraus, dass die Stehbolzen bei Temperaturen über 800°C arbeiteten, welches die maximale Gebrauchstemperatur für die meisten Edelstahlarten ist.

[0027] Defekte Stehbolzen wurden dann aus einem Verbrennungsofen herausgeholt. Eine Analyse der Stehbolzen deckte auf, dass sie vor dem Versagen um ungefähr 6 mm gedehnt worden waren. Dies zeigte, dass die Stehbolzen einer Zugbelastung unterzogen gewesen waren und folglich nicht allein aufgrund von Säurekorrosion, sondern vielmehr aufgrund von Spannungskorrosion versagten. Demgemäß wurde beschlossen, die Ursache der Beanspruchung der Stehbolzen zu untersuchen.

[0028] Überdies wurde beim Herausholen der defekten Stehbolzen beobachtet, dass es blasenartig erhobene Bereiche von Fliesen gab. Diese blasenartigen Erhebungen hatten eine Fläche von ungefähr 10 Fliesen mal 10 Fliesen und waren in den Kessel hinein verschoben.

[0029] Ein drittes Finite-Elemente-Modell wurde eingeführt, um das Phänomen der Fliesen-Durchbiegung und der Dehnungsbeanspruchung zu untersuchen. Wie oben erwähnt, zeigte das erste FEM, dass ein Durchbiegen einzelner Fliesen oder mikroskopisches Durchbiegen aufgrund von Temperaturgradienten auftrat. Dieses Durchbiegen war jedoch nicht von ausreichender Größe (0,3 mm), um die an den Stehbolzen beobachtete 6-mm-Verformung verursacht haben zu können.

[0030] Im dritten FEM wurde unter der Annahme, dass der Mörtel sich wie ein starres Material verhalten würde, eine 7-mal-7-Fliesen-Matrix modelliert. Die Ergebnisse der Analyse zeigten einen Vernetzungseffekt zwischen den Fliesen, welcher eine prägnante Durchbiegung von über 25 mm erzeugte. Außerdem zeigte die Kräftebestimmung, dass das vernetzte (makroskopische) Durchbiegen ausreichend Zugkraft auf die Stehbolzen ausübte, um deren Dehnung bis zum Bruchpunkt zu bewirken.

[0031] Zur Bestätigung des Finite-Elemente-Modells wurde ein Testpanel aus instrumentierten Fliesen in einem Verbrennungsofen installiert. Die mittels des Testpanels gesammelten Daten zeigten, dass die Fliesen sich während des Betriebs in einem makroskopischen Maß durchbiegen, wobei das Ausmaß der Durchbiegung nach 1 Jahr Betriebsdauer bei ungefähr 4 mm liegt. Durch Extrapolieren der Durchbiegungsrate ergibt sich, dass die Fliese sich ungefähr 2,5 Jahre nach Beginn des Tests um 8 mm verschoben haben wird (die als zum Bewirken des Versagens von Stehbolzen erforderlich angenommene Verschiebung). Dies entspricht recht genau den früheren Lebensdauer-Beobachtungen bei verschraubten Fliesen.

[0032] Somit enthält gemäß dieser Erfindung ein feuerfestes Fliesensystem zur Verwendung auf einer Wand eines Kessels eine Mehrzahl von Fliesen mit einem mit der Wand in Eingriff bringbaren schwimmenden Befestigungssystem, um die Fliesen in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zueinander sowie in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zu der Wand zu halten. Die Fliesen weisen eine Größe und Form auf, dass sie einen Spalt zwischen benachbarten Fliesen bilden, wobei der Spalt ausreicht, um Abmessungsänderungen der Fliesen, welche auftreten, während diese den Betriebstemperaturen des Kessels ausgesetzt sind, zu bewältigen. Eine Korrosionssperrschicht ist zwischen den Fliesen und der Wand angeordnet. Überdies ist die Korrosionssperrschicht eine auf die Rohrwand aufgebrachte Beschichtung und ist die Beschichtung dafür ausgelegt, an der Wand anzuhaften und von Anhaftung an den Fliesen frei zu sein.

[0033] Ein feuerfestes Fliesensystem zur Verwendung an einer Wand eines Kessels enthält eine Mehrzahl von Fliesen, welche an der Wand in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zueinander angeordnet sind. Die Fliesen weisen eine Größe und Form auf, dass sie einen Spalt zwischen benachbarten Fliesen bilden, wobei der Spalt ausreicht, um ein makroskopisches Durchbiegen der Fliesen während des Einwirkens der Betriebstemperaturen des Kessels auf diese im wesentlichen zu verhindern. Eine Korrosionssperrschicht ist zwischen den Fliesen und der Wand angeordnet, um die Korrosion der Wand im wesentlichen zu verhindern.

[0034] In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Verlängern der Lebensdauer einer Kesselwand geschaffen. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

(a) das Bereitstellen einer Mehrzahl von Fliesen mit einem mit der Wand in Eingriff bringbaren schwimmenden Befestigungssystem, um die Fliesen in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zueinander sowie in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zu der Wand zu halten;

(b) das Festlegen von Größe und Form der Fliesen, um einen Spalt zwischen benachbarten, an der Wand befestigten Fliesen zu schaffen, wobei der Spalt ausreicht, um Abmessungsänderungen der Fliesen, welche auftreten, während diese den Betriebstemperaturen des Kessels ausgesetzt sind, zu bewältigen;

(c) das Anbringen einer Korrosionssperrschicht auf der Wand, wobei die Korrosionssperrschicht eine Beschichtung ist, die an der Wand anhaftet, während sie frei von Anhaftung an den Fliesen ist; und

(d) das In-Eingriff-Bringen des schwimmenden Befestigungssystems mit der Wand, wobei die Fliesen der Wand überlagert sind und die Korrosionssperrschicht dazwischen angeordnet ist.

[0035] Die obigen und andere Merkmale und Vorteile dieser Erfindung werden beim Lesen der folgenden ausführlichen Beschreibung verschiedener Aspekte der Erfindung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen leichter offenbar.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0036] Fig. 1 ist eine Draufsicht einer verschraubten feuerfesten Fliese nach dem Stand der Technik;

[0037] Fig. 2 ist eine Schnittansicht der feuerfesten Fliese aus Fig. 1 entlang der Linie 2-2;

[0038] Fig. 3 ist eine von der Seite gesehene Schnittansicht einer hängenden feuerfesten Fliese nach Stand der Technik;

[0039] Fig. 4 ist eine von oben gesehene Schnittansicht der hängenden feuerfesten Fliese aus Fig. 3;

[0040] Fig. 5 ist eine perspektivische, teilweise auseinandergezogene Ansicht mit ausgebrochenen Teilen einer modifizierten feuerfesten Fliese nach Stand der Technik, welche zum In-Eingriff-Bringen mit einer Kesselwand angeordnet ist;

[0041] Fig. 6 ist eine der Ansicht aus Fig. 2 ähnliche Ansicht einschließlich einer von oben gesehenen Schnittansicht einer Ausführungsform des feuerfesten Fliesensystems der vorliegenden Erfindung;

[0042] Fig. 7 ist eine der Ansicht aus Fig. 6 ähnliche

Ansicht einer anderen Ausführungsform des feuerfesten Fliesensystems der vorliegenden Erfindung;

[0043] Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht einer Matrix aus feuerfesten Fliesen nach dem Stand der Technik, welche, wie gemäß der vorliegenden Erfindung identifiziert, in einem makroskopischen Maß durchgebogen sind;

[0044] Fig. 9 ist eine der Ansicht aus Fig. 2 ähnliche schematische Schnittansicht von Teilen eines Paars benachbarter feuerfester Fliesen nach Stand der Technik, wobei Teile gestrichelt dargestellt sind, um die Verbesserung aufgrund des Durchbiegens zu zeigen;

[0045] Fig. 10 ist eine der Ansicht aus Fig. 6 und Fig. 7 ähnliche Ansicht einer weiteren Ausführungsform des feuerfesten Fliesensystems der vorliegenden Erfindung;

[0046] Fig. 11 ist eine von der Seite gesehene auseinandergezogene Schnittansicht von Teilen des feuerfesten Fliesensystem aus Fig. 10;

[0047] Fig. 12 bis Fig. 15 sind perspektivische Ansichten des feuerfesten Fliesensystems aus Fig. 10 und Fig. 11, welche verschiedene während der Installation einer feuerfesten Fliese gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführte Schritte zeigen;

[0048] Fig. 16 ist eine schematisch dargestellte Vorderansicht einer Reihe von herkömmlichen verschraubten Fliesen aus Fig. 1 und Fig. 2, welche zum Test in einem Kessel installiert sind;

[0049] Fig. 17 ist eine grafische Darstellung von durch verschraubte Fliesen aus Fig. 16 erzeugten Testergebnissen; und

[0050] Fig. 18 ist eine der Darstellung aus Fig. 17 ähnliche grafische Darstellung von durch Fliesen der vorliegenden Erfindung erzeugten Testergebnissen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0051] Anhand der in den beiliegenden Zeichnungen dargestellten Figuren werden nachfolgend nun die veranschaulichenden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausführlich beschrieben. Zur besseren Übersichtlichkeit der Darlegung sind in den beiliegenden Zeichnungen gezeigte gleiche Merkmale mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und sind ähnliche Merkmale, wie in alternativen Ausführungsformen in den Zeichnungen gezeigt, mit ähnlichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0052] Wo er in dieser Offenbarung verwendet wird, bezeichnet der Begriff "axial" bei Verwendung in Verbindung mit einem hierin beschriebenen Element eine Richtung relativ zum Element, welche im wesentlichen parallel zur Mittelachse a des Rohrs **18** (d.h. Fig. 7) ist, wenn das Element so angeordnet ist, dass es mit einem Rohr **18** in Eingriff steht, wie in den Fig. 6, Fig. 7, Fig. 10 und Fig. 14 gezeigt. Der Begriff "transversal" bezeichnet eine Richtung, welche im wesentlichen orthogonal zur Axialrichtung ist.

[0053] Wie in Fig. 6 gezeigt, enthält in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein feuerfestes Fliesensystem **60** eine Sperrschicht-Beschichtung **61**, welche auf die Wand **62** (d.h. Membran **16** und Rohrwand **19**) eines Kessels eines Verbrennungsofens oder Wärmetauschers aufgebracht ist. Die Sperrschicht **61** ist dafür ausgelegt, bei den normalen Betriebstemperaturen des Kessels für Säure- und Salzkorrosionsbeständigkeit zu sorgen. Ein Beispiel einer solchen Beschichtung ist eine phosphatgebundene SiC-Sperrschicht wie PC-1022™, erhältlich von der Firma Norton aus Worcester, Massachusetts, USA. Vorteilhafterweise bietet dieses Material eine relativ gute Korrosionsbeständigkeit und eine relativ gute Wärmeleitfähigkeit. Dann werden unter Verwendung eines schwimmenden Befestigungsmechanismus **68** feuerfeste Fliesen **66** in überlagerter Beziehung zur Rohrwand **62** an der Rohrwand **62** befestigt. Die Fliesen **66** sind aus einem dem Durchschnittsfachmann bekannten beliebigen geeigneten feuerfesten Material, wie zum Beispiel aus Siliziumkarbid (SiC) oder aus einem anderen Keramikmaterial hergestellt, welches in der Lage ist, den im Kessel eines Haushaltsmüllverbrennungsofens/Wärmetauschers auftretenden Temperaturen (so hoch wie ungefähr 1400°C) oder dergleichen standzuhalten.

[0054] Der schwimmende Befestigungsmechanismus **68** verleiht den Fliesen **66** einen relativ hohen Bewegungsfreiheitsgrad relativ zur Rohrwand **62**, um mikroskopisches Durchbiegen der Fliese zu bewältigen. Wie oben erörtert, wurde festgestellt, dass das mikroskopische Durchbiegen durch den relativ großen Temperaturgradienten (typischerweise ungefähr 200 bis 600°C oder mehr) erzeugt wird, dem solche Fliesen unterworfen sind. Wie außerdem erörtert, wurde festgestellt, dass dieser Temperaturgradient eine im wesentlichen größere Auswirkung auf die Abmessungsinstabilität der Fliesen hat als die hohe Temperatur per se, insbesondere in Anbetracht des Vernetzungseffekts, bei welchem das Durchbiegen mit dem Quadrat der Länge der Fliesenmatrix zunimmt. Jede Fliese **66** ist von benachbarten Fliesen durch einen dazwischenliegenden vorbestimmten Spalt **70** effektiv isoliert, dessen Größe ausreicht, um makroskopisches Durchbiegen, welches, wie festgestellt wurde, durch Vernetzung erzeugt wird, effektiv zu verhindern. Wie in Fig. 9 gezeigt, wird dieses Vernetzungsphänomen durch den Druck oder die Kraft F erzeugt, welchen bzw. welche die Fliesen bei mikroskopischem Durchbiegen durch den starren Mörtel

(nicht gezeigt) aufeinander ausüben.

[0055] Wie ferner in Fig. 6 gezeigt, ist der Spalt **70** vorzugsweise durch profilierte Umfangskanten **72** gestaltet, welche eine solche Größe und Form aufweisen, dass sie eine beabstandete, überfalzte Verbindung zwischen benachbarten Fliesen **66** bilden. Diese überfalzte Konfiguration trägt vorteilhafterweise dazu bei, eine versperrte Sichtlinie zwischen den Fliesen zu schaffen, um das Eindringen von Asche oder anderen Schmutzstoffen durch den Spalt **70** während des Betriebs des Kessels zu hemmen. Überdies kann ein zusammendrückbarer Fasermörtel (nicht gezeigt) im Spalt oder Kanal **70** zwischen jeder benachbarten Fliese eingebracht sein, um das Eindringen von Asche oder anderen Schmutzstoffen weiter zu hemmen. Ein Beispiel eines solchen geeigneten zusammendrückbaren Fasermörtels ist als Topcoat 2600™, erhältlich von der Unifrax Corporation aus Niagara Falls, New York, USA, bekannt. Im Fall, dass ein solcher zusammendrückbarer Mörtel verwendet wird, weisen die Spalte **70**, in Verbindung mit der bekannten Zusammendrückbarkeit des ausgewählten speziellen zusammendrückbaren Mörtels, eine solche Größe auf, dass jegliche Kraftübertragung zwischen Fliesen auf ein ausreichend niedriges Maß begrenzt wird, um das Auftreten von makroskopischem Durchbiegen im wesentlichen zu verhindern, wenn die einzelnen Fliesen in ihrem mikroskopisch maximal durchgebogenen Zustand angeordnet sind. Zum Beispiel sollten im wesentlichen wie in Fig. 7 gezeigt geformte Fliesen mit einer rechteckigen Vorderseite **112'** einer Ausdehnung von ungefähr 30 cm × 20 cm Spalte **70'** aufweisen, welche mindestens ungefähr 6 mm zwischen benachbarten Fliesen betragen.

[0056] Bei der gezeigten Ausführungsform enthält der schwimmende Befestigungsmechanismus **68** Schienen **74** mit einer Mehrzahl von flexiblen Armen **76** mit konvex geformten Enden **78**, welche dafür ausgelegt sind, in in den Fliesen **66** angeordnete, eine entsprechende Größe aufweisende Vertiefungen **80** einzugreifen. Die Arme **76** werden somit unter einer gewissen Vorspannung in wieder lösbaren Eingriff mit der Fliese **66** gebracht, um deren Einbau und Ausbau zu erleichtern. Überdies trägt die Rückfederungswirkung der Arme **76** dazu bei, die Fliese **66** an der Wand **62** auf eine Weise zu befestigen, welche der Fliese **66** gestattet, sich in Reaktion auf durch Temperaturgradienten und hohe mittlere Temperaturen erzeugte Abmessungsänderungen der Fliese **66** relativ zur Wand **62** zu bewegen oder zu "schwimmen". In dieser Hinsicht befähigt der schwimmende Befestigungsmechanismus **68** die Fliese **66**, sich mit mindestens drei Freiheitsgraden (d.h. entlang dreier zueinander orthogonaler Achsen x, y und z, wie gezeigt) relativ zur Wand **62** zu bewegen. Überdies kann die Fliese sich zusätzlich zur Parallelverschiebung entlang der Achsen x, y und z um ein Rohr **18** drehen und/oder zu einem Rohr **18** hin oder von einem Rohr **18** weg biegen. Die Schiene **74** mit dem Arm **76** und dem konvex geformten Ende **78** ist vorzugsweise aus einem flexiblen, korrosionsbeständigen Material wie Edelstahl hergestellt.

[0057] Wie weiter gezeigt, kann die Vorderseite **112** der Fliese **66** mit einer der Kontur angepaßten Geometrie versehen sein, welche mit der Kontur der Wand **62** im wesentlichen übereinstimmt, um der Fliese eine relativ gleichmäßige Dicke t zu verleihen.

[0058] In Fig. 7 ist nun eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Fliesensystem **60'** dargestellt. Diese Ausführungsform gleicht im wesentlichen dem in Fig. 6 gezeigten Fliesensystem **60**, wohingegen sie eine im wesentlichen ebene Vorderseite **112'** und einen alternativen schwimmenden Eingriffsmechanismus **68'** verwendet. Wie gezeigt, gleicht dieses Befestigungssystem **68'** in vielerlei Hinsicht dem Befestigungssystem **68** aus Fig. 6, obwohl es ungefähr 50 Prozent weniger Arme **76'** verwendet.

[0059] Obwohl Ausführungsformen des schwimmenden Mechanismus **68** und **60'** gezeigt wurden, muss der Durchschnittsfachmann erkennen, dass ohne von Gedanken und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen im wesentlichen jeder Befestigungsmechanismus verwendet werden kann, der in der Lage ist, eine Fliese auf eine Weise an einer Wand **62** eines Kessels zu befestigen, welche der Fliese gestattet, sich in einem mikroskopischen Maß auszudehnen und/oder durchzubiegen, ohne den oben dargelegten Effekt des makroskopischen Durchbiegens zu erzeugen. In dieser Hinsicht kann zum Beispiel eine starre Befestigungsanordnung anstelle der flexiblen Arme **76** und **76'** verwendet werden, solange ausreichend Abstand zwischen den Befestigungselementen und der Fliese vorhanden ist, um das nominelle Auftreten der oben erwähnten Abmessungsänderungen zu gestatten, ohne dass es zu übermäßiger Kraft- oder Spannungseinwirkung auf die Befestigungselemente und/oder benachbarte Fliesen kommt.

[0060] Ein Beispiel einer solchen alternativen Anordnung kann einen oder mehrere aus Edelstahl oder dergleichen hergestellte Stifte **82** (gestrichelt dargestellt) enthalten, welche sich in in der Fliese angeordnete, im wesentlichen übergroße Bohrungen **84** (gestrichelt dargestellt) einstecken lassen und welche sich im wesentlichen parallel zur Fliesen-Vorderseite **112** erstrecken. Der Stift **82** wiederum ist auf eine beliebige geeignete, dem Durchschnittsfachmann bekannte Art und Weise an der Wand **62** befestigt (nicht gezeigt). Auf diese Weise kann die Fliese mit ausreichend Abstand an der Wand **62** befestigt werden, um relativ zur Wand effektiv zu "schwimmen", wie oben erörtert.

[0061] Anhand der Fig. 10 und Fig. 11 wird nun eine zusätzliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Fliesensystem **60"** gezeigt. Dieses Fliesensystem **60"** gleicht im wesentlichen den in Fig. 6 und Fig. 7 gezeigten Fliesensystemen **60** und **60'**, wohingegen es einen alternativen schwimmenden Eingriffsmechanismus **68"** verwendet. Wie gezeigt, gleicht dieses Befestigungssystem **68"** in vielerlei Hinsicht dem Befestigungssystem **68'** aus Fig. 7, obwohl die Arme **76"** wie gezeigt im wesentlichen "C"-förmig sind, um mit im wesentlichen halbzylindrischen Schlitzen oder Vertiefungen **80"** der Fliese **66"** in Eingriff gebracht zu werden.

[0062] Wie in Fig. 11 gezeigt, umfassen die Schlitze **80"** der Fliese **66"** obere Schlitze **81** und untere Schlitze **83**, welche sich von der oberen Kante **116** bzw. der unteren Kante **118** der Fliese **66"** axial nach innen erstrecken. Der obere Schlitz **81** erstreckt sich von der oberen Kante **116** aus vorzugsweise über eine axiale Strecke d1, welche größer als die axiale Strecke d2 des unteren Schlitzes **83** ist, um den Einbau der Fliese **66"** zu erleichtern, wie nachfolgend erörtert. Wie außerdem gezeigt, sind die obere und die untere Oberfläche **116** und **118** an ihrem Schnittpunkt mit den Schlitzen **81** und **83** vorzugsweise mit einem Winkel α von ungefähr 30 bis 60 Grad abgeschrägt, um den Einbau der Fliesen **66"** weiter zu erleichtern, wie unten erörtert. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der Winkel α ungefähr 45 Grad, wie gezeigt.

[0063] Anhand der Fig. 12 bis Fig. 15 wird nun das Verfahren zum Installieren einer Fliese **66"** erläutert. Wie in Fig. 12 gezeigt, wird eine Fliese **66"** installiert, indem die obere Oberfläche **116** der Fliese zwischen den oberen und den unteren Armen **76"**, mit diesen im wesentlichen axial fluchtend, positioniert wird. Diese Ausrichtung kann durch Anordnen eines Teils der oberen Oberfläche **116** im Eingriff "Oberfläche an Oberfläche" mit den Rohren **18** wie gezeigt erreicht werden. Wie in Fig. 13 gezeigt, wird die Oberfläche **116** von Fliese **66"** axial nach oben bewegt, wie durch den Pfeil a angedeutet, während die untere Oberfläche **118** näher zu den Rohren **18** hin geschwenkt wird, wie durch den Pfeil b gezeigt. Dieser Vorgang trägt dazu bei, den oberen Schlitz **81** (Fig. 11) in aufnehmenden Eingriff mit einem Satz von (d.h. mit den obersten) Armen **76"** zu schieben, wie gezeigt. Diese Bewegung wird fortgesetzt, bis die Fliese die unteren Arme **76"** frei macht, um zu ermöglichen, dass die Fliese **66"** in eine im wesentlichen mit den Rohren **18** parallel fluchtende Position bewegt wird, wie in Fig. 14 gezeigt. Die Fliese kann dann zu einer benachbarten, vorher installierten Fliese **66"** hin (d.h. in Richtung c) axial parallelverschoben werden, um die unteren Arme **76"** mit den unteren Schlitzen **83** (Fig. 11) in aufnehmenden Eingriff zu bringen. Diese Parallelverschiebung wird vorzugsweise fortgesetzt, bis die unteren Arme **76"** in das nahe Ende **120** (Fig. 11) der Schlitze **83** eingreifen. In diesem Augenblick werden die benachbarten Fliesen **66"** in ihrer gewünschten beabstandeten, überfalzten Ausrichtung, wie in Fig. 15 gezeigt, angeordnet sein, um die Installation zu vollenden. Weitere Fliesen **66"** (nicht gezeigt) können dann auf entsprechende Weise installiert werden.

[0064] Die folgenden veranschaulichenden Beispiele sind dazu gedacht, bestimmte Aspekte der vorliegenden Erfindung zu demonstrieren. Es versteht sich von selbst, dass diese Beispiele nicht als einschränkend aufzufassen sind.

BEISPIELE

Beispiel 1 - Vergleich

[0065] Eine Reihe herkömmlicher verschraubter Fliesen des in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten gängigen Typs war in einem Muster wie in Fig. 16 gezeigt in einem Ofen installiert. Mit A, B, C und D bezeichnete Fliesen waren mit LVDTs (linearen Wegaufnehmern) instrumentiert, um während des normalen Ofenbetriebs die Verschiebung dieser Fliesen weg von den Rohrwänden zu messen. Wie gezeigt, befanden sich die Fliesen B und D in einem Fliesenmatrix-Teil, der einen herkömmlichen flexiblen Mörtel (den oben erwähnten Topcoat 2600™) zwischen benachbarten Fliesen enthielt. Wie aus Fig. 17 ersichtlich, zeigen die Ausgänge der LVDTs, dass die instrumentierten Fliesen fast gleichzeitig miteinander verschoben wurden, was beweist, dass makroskopisches Durchbiegen stattfand. (Die von den Kurven gezeigten Unterschiede in der Größe der Verschiebungen waren, wie es scheint, Abweichungen in der Lage der einzelnen LVDTs innerhalb der Fliesen zuzuschreiben.) Zu beachten ist, dass der auf Fliese B befindliche LVDT 5 nicht funktionierte und folglich in Fig. 17 nicht dargestellt ist.

Beispiel 2

[0066] Eine Matrix aus Fliesen der vorliegenden Erfindung war zum Test in einen Kessel eingebaut. Die Fliesen waren auf eine Weise, wie sie im wesentlichen oben anhand von Fig. 7 gezeigt und beschrieben wurde, konfiguriert und im Kessel befestigt, einschließlich der Verwendung eines Sperrschichtmaterials zwischen der Kesselwand und den Fliesen und Topcoat 2600™ zwischen benachbarten Fliesen. Ausgewählte, mit A, B, C, D, E und G bezeichnete Fliesen waren auf die in Beispiel 1 beschriebene Art und Weise mit LVDTs instrumentiert. Wie aus Fig. 17 ersichtlich, zeigen die Ausgänge dieser LVDTs, dass die Fliesen auf eine zur in Beispiel 1 gezeigten Weise gegensätzliche Weise unabhängig voneinander verschoben wurden. Diese Testergebnisse zeigen somit, dass diese Fliesen der vorliegenden Erfindung einzelnes (mikroskopisches) Durchbiegen bewältig-

ten, ohne makroskopisches Durchbiegen zu erzeugen.

[0067] Obwohl die Befestigungsmechanismen **68**, **68'** und **68"** den Fliesen **66**, **66'** und **66"** gestatten, sich relativ zur Wand **62** zu bewegen oder zu "schwimmen", wird der Durchschnittsfachmann erkennen, dass die Mechanismen **68**, **68'** und **68"** die Fliese **66** vorzugsweise so nach wie möglich an der Oberfläche; des Rohrs **18** halten, um den Wärmeübergang durch die Fliese **66** zum Rohr zu maximieren.

[0068] Überdies können das oben erwähnte hängende Fliesensystem und das oben besprochene modifizierte hängende Fliesensystem in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Ferner kann eine herkömmliche Befestigungsanordnung für verschraubte Fliesen, wie auch oben erörtert, so modifiziert werden, dass zusätzlicher Abstand zwischen den Stehbolzen und der Bohrung geschaffen wird, um der Fliese zu gestatten, relativ zur Wand zu schwimmen, so dass sie folglich in Verbindung mit der Korrosionssperrschicht und dem Spalt zwischen benachbarten Fliesen der vorliegenden Erfindung verwendbar ist.

[0069] Die vorangehende Beschreibung ist primär zu Veranschaulichungszwecken gedacht. Obwohl die Erfindung unter Bezug auf eine beispielhafte Ausführungsform derselben dargestellt und beschrieben wurde, versteht es sich für den Durchschnittsfachmann, dass die vorangehenden und verschiedene andere Änderungen, Weglassungen und Hinzufügungen bezüglich ihrer Formen und Einzelheiten daran vorgenommen werden können, ohne vom in den Ansprüchen definierten Umfang der Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Kessel, mit:
einer Wand (**62**);
einer Mehrzahl von Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) mit einem mit der Wand (**62**) in Eingriff bringbaren, flexiblen Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**), um die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zueinander zu halten, und wobei das Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zu der Wand (**62**) hält;
wobei die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) eine Größe und Form aufweisen, um eine Lücke (**70**; **70'**) zwischen benachbarten Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) zu bilden, wobei die Lücke (**70**; **70'** ausreichend ist, um für Dimensionsänderungen der Fliesen (**66**; **66'**; **66"**), die während dem Ausgesetztsein gegenüber den Betriebstemperaturen des Kessels auftreten, Platz zu lassen; und
einer zwischen den Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) und der Wand (**62**) angeordneten Korrosionssperrschicht,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Korrosionssperrschicht eine Beschichtung (**61**) ist, die auf die Röhrenwand (**62**) aufgebracht ist und die Beschichtung (**61**) ausgebildet ist, um an der Wand (**62**) anzuhaften und frei zu sein von Anhaftung an den Fliesen (**66**; **66'**; **66"**).

2. Kessel nach Anspruch 1, wobei die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) eine Größe und Form aufweisen, um eine Lücke zwischen zumindest einem Teil der Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) und der Röhrenwand (**62**) zu bilden, um für die Dimensionsänderungen ausreichend Platz zu lassen.

3. Kessel nach Anspruch 1, wobei die Lücken (**70**; **70'**) ausreichend sind, um Platz zu lassen für Dimensionsänderungen der Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) aufgrund des Ausgesetztseins gegenüber einem mittleren Temperaturgradienten, wie er während des Betriebs des Kessels durchlaufen wird.

4. Kessel nach Anspruch 3, wobei der Temperaturgradient einem Bereich von etwa 500 bis 1400 Grad C liegt.

5. Kessel nach Anspruch 4, wobei die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) nahe genug an der Wand (**62**) des Kessels gehalten werden, um den Temperaturgradienten in dem Bereich von etwa 200 – 600 Grad C zu halten.

6. Kessel nach Anspruch 5, wobei zumindest ein Teil der Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) mit zumindest einem Teil der Korrosionssperrschicht in übereinanderliegendem Kontakt gehalten ist, und die Korrosinnssperrschicht in übereinanderliegendem Kontakt mit zumindest einem Teil der Wand (**62**) gehalten ist.

7. Kessel nach Anspruch 1, wobei das flexible Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) einen entweder an der Wand (**62**) oder an den Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) angebrachten Vorsprung und eine an dem jeweils anderen Element Wand (**62**) oder Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) angebrachte Aufnahmeeinrichtung aufweist, wobei das Bauteil und die Aufnahmeeinrichtung zum gegenseitigen Ineingriffbringen mit ausreichendem Abstand ausgestattet sind, um die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) in der bewegbaren Beziehung zu halten.

8. Kessel nach Anspruch 7, wobei das flexible Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) ein System mit hängenden Fliesen umfaßt.

9. Kessel nach Anspruch 7, wobei das flexible Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) ein System mit T-geschlitzen Fliesen umfaßt.

10. Kessel nach Anspruch 1, wobei das flexible Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) einen entweder an der Wand (**62**) oder an den Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) angebrachten Vorsprung und eine an dem jeweils ande-

ren Element Wand (**62**) oder Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) angebrachte Aufnahmeeinrichtung aufweist, wobei das Bauteil und die Aufnahmeeinrichtung zum gegenseitigen Ineingriffbringen mit ausreichender Rückstellkraft ausgestattet sind, um die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) in der bewegbaren Beziehung zu halten.

11. Kessel nach Anspruch 1, wobei die Aufnahmeeinrichtung mindestens einen Schlitz (**81**, **83**) aufweist, wobei der Schlitz (**81**, **83**) sich in axialer Richtung erstreckt.

12. Kessel nach Anspruch 11, wobei sich der mindestens eine Schlitz (**81**, **83**) von einer Kante der Fliese (**66"**) nach innen erstreckt, wobei die Kante relativ zur Kante der Fliese (**66"**) abgeschrägt ist.

13. Kessel nach Anspruch 12, wobei der zumindest eine Schlitz einen ersten und einen zweiten Schlitz umfaßt, die sich von gegenüberliegenden Kanten der Fliese nach innen erstrecken, wobei sich der erste Schlitz etwa doppelt so weit wie der zweite Schlitz von den entsprechenden gegenüberliegenden Kanten erstreckt.

14. Kessel nach Anspruch 12, wobei sich die Abschrägung zwischen etwa 30 bis 60 Grad relativ zu einer transversalen Richtung erstreckt.

15. Kessel nach Anspruch 1, wobei das bewegliche Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) den Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) mindestens einen Bewegungsfreiheitsgrad relativ zu der Wand (**62**) gewährleistet.

16. Kessel nach Anspruch 15, wobei das flexible Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) den Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) mindestens zwei Bewegungsfreiheitsgrade relativ zu der Wand (**62**) gewährleistet.

17. Kessel nach Anspruch 15, wobei das flexible Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) den Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) mindestens drei Bewegungsfreiheitsgrade relativ zu der Wand (**62**) gewährleistet.

18. Kessel nach Anspruch 1, der weiterhin ein zusammendrückbares Material, das in der Lücke (**70**; **70'**) angeordnet ist, enthält.

19. Kessel nach Anspruch 18, wobei das zusammendrückbare Material den Durchgang von verunreinigenden Stoffen in die Lücke (**70**; **70'**) hemmt.

20. Kessel nach Anspruch 19, wobei das zusammendrückbare Material einen Fasermörtel enthält.

21. Kessel nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung (**61**) eine Membran enthält.

22. Kessel nach Anspruch 21, wobei die Beschichtung (**61**) ein phosphatgebundenes Siliciumcarbid (SiC) enthält.

23. Kessel nach Anspruch 1, wobei die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) des weiteren periphere Oberflächen enthalten, die eine derartige Größe und Form aufweisen, um eine beabstandete, überfalzte Verbindung zwischen benachbarten Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) zu bilden.

24. Kessel nach Anspruch 4, wobei die mittlere Temperatur in einem Bereich von etwa 750 bis 1200 Grad C liegt.

25. Verfahren zum Zusammensetzen eines feuerfesten Fliesensystems (**60**; **60'**; **60"**) zur Verwendung an der Wand (**62**) eines Kessels, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt:
(a) Zurverfügungstellen einer Mehrzahl von Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) mit einem flexiblen Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**), das mit der Wand (**62**) in Eingriff bringbar ist, um die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zueinander zu halten, und wobei das Befestigungssystem (**68**; **68'**; **68"**) die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) in beabstandeter, bewegbarer Beziehung zur Wand (**62**) hält;
(b) Sortieren und Formen der Fliesen (**66**; **66'**; **66"**), um eine Lücke (**70**; **70'**) zwischen benachbarten Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) zu gewährleisten, wobei die Lücke (**70**; **70'**) ausreicht, um für Dimensionsänderungen der Fliesen (**66**; **66'**; **66"**), die während dem Ausgesetztsein gegenüber den Betriebstemperaturen des Kessels auftreten, Platz zu lassen; gekennzeichnet durch die weiteren Schritte
(c) Anbringen einer Korrosionssperrschicht auf der Wand (**62**), wobei die Korrosionssperrschicht eine Beschichtung (**61**) ist, die an der Wand (**62**) anhaftet, während sie frei von Anhaften an den Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) ist; und
(d) Ineingriffbringen des flexiblen Befestigungssystems (**68**; **68'**; **68"**) mit der Wand (**62**), wobei die Fliesen (**66**; **66'**; **66"**) mit der Wand (**62**) überlagert sind und die Korrosionssperrschicht dazwischen angeordnet ist.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

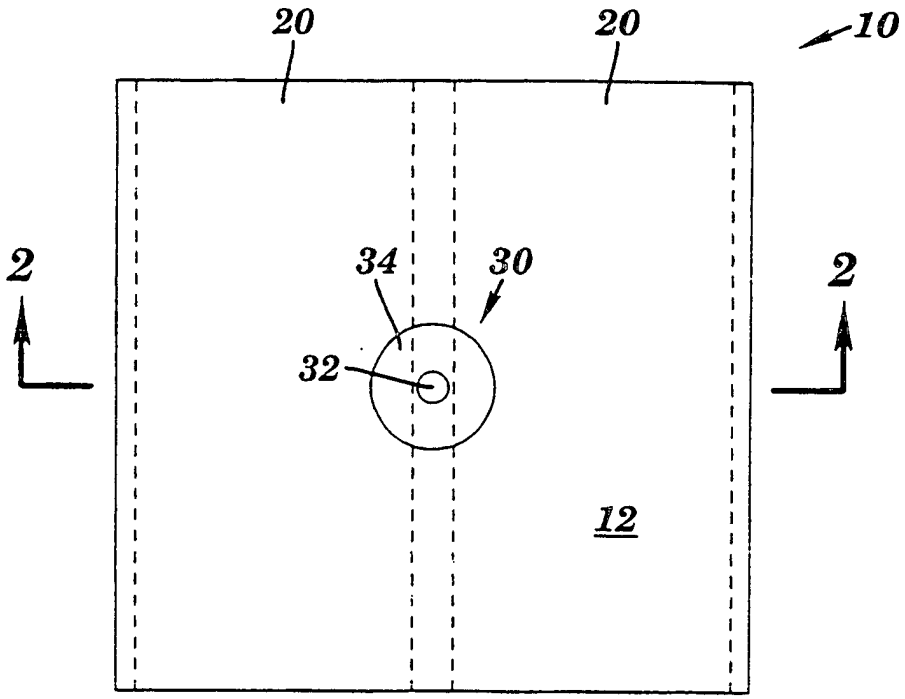


FIG. 1
STAND DER TECHNIK

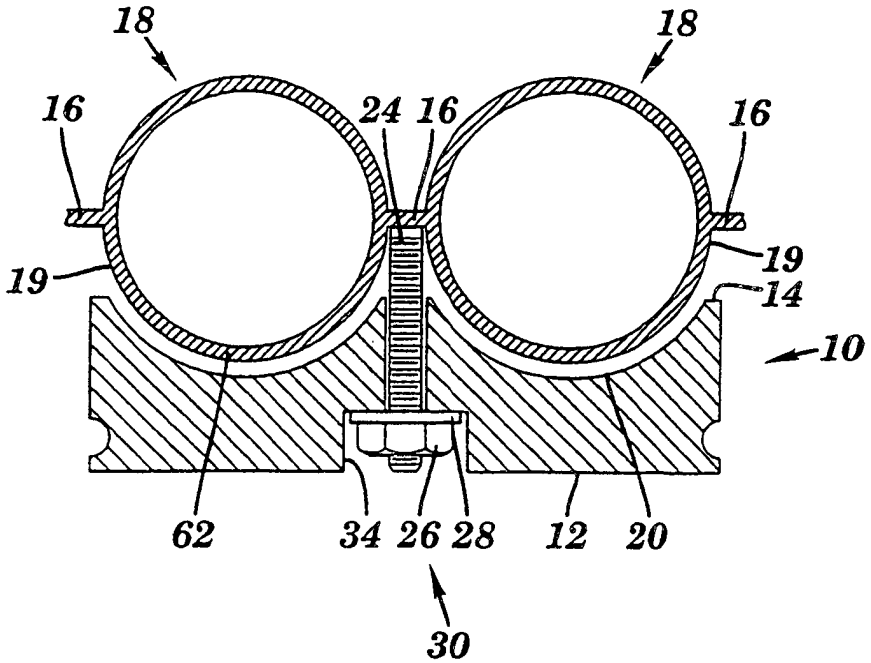


FIG. 2
STAND DER TECHNIK

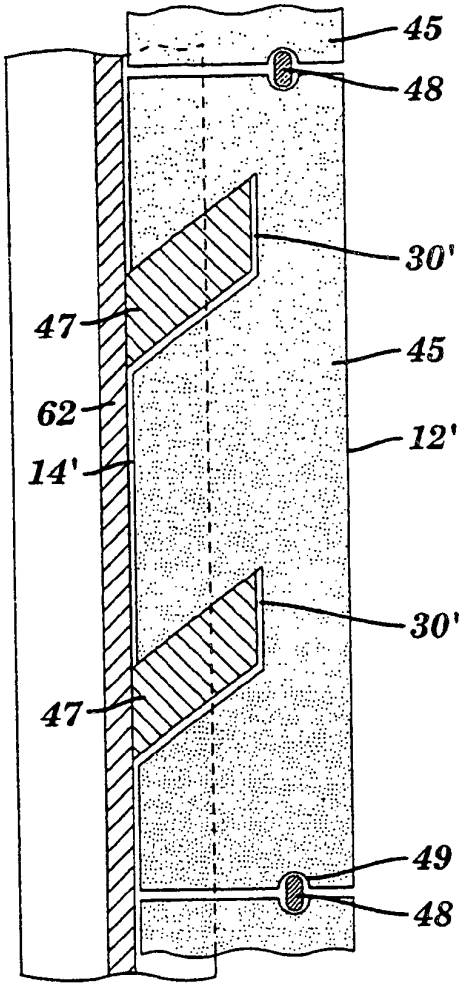


FIG. 3
STAND DER TECHNIK

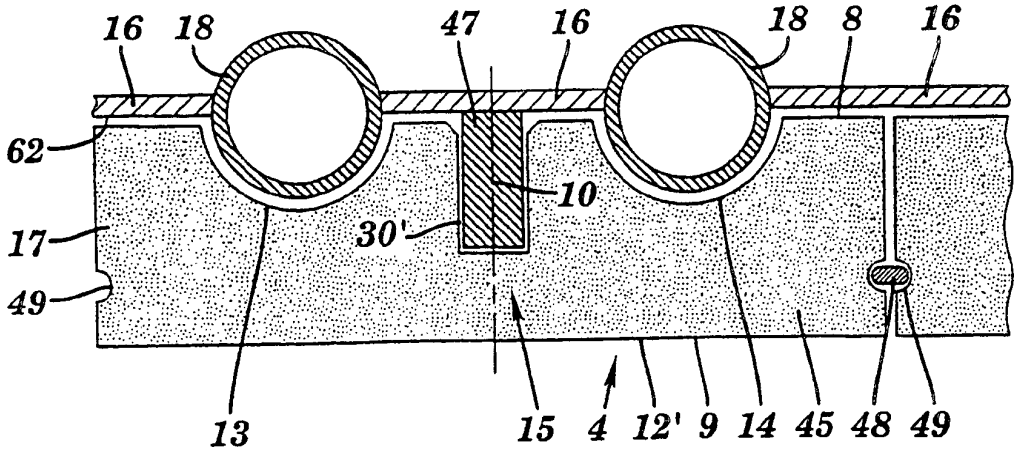


FIG. 4
STAND DER TECHNIK

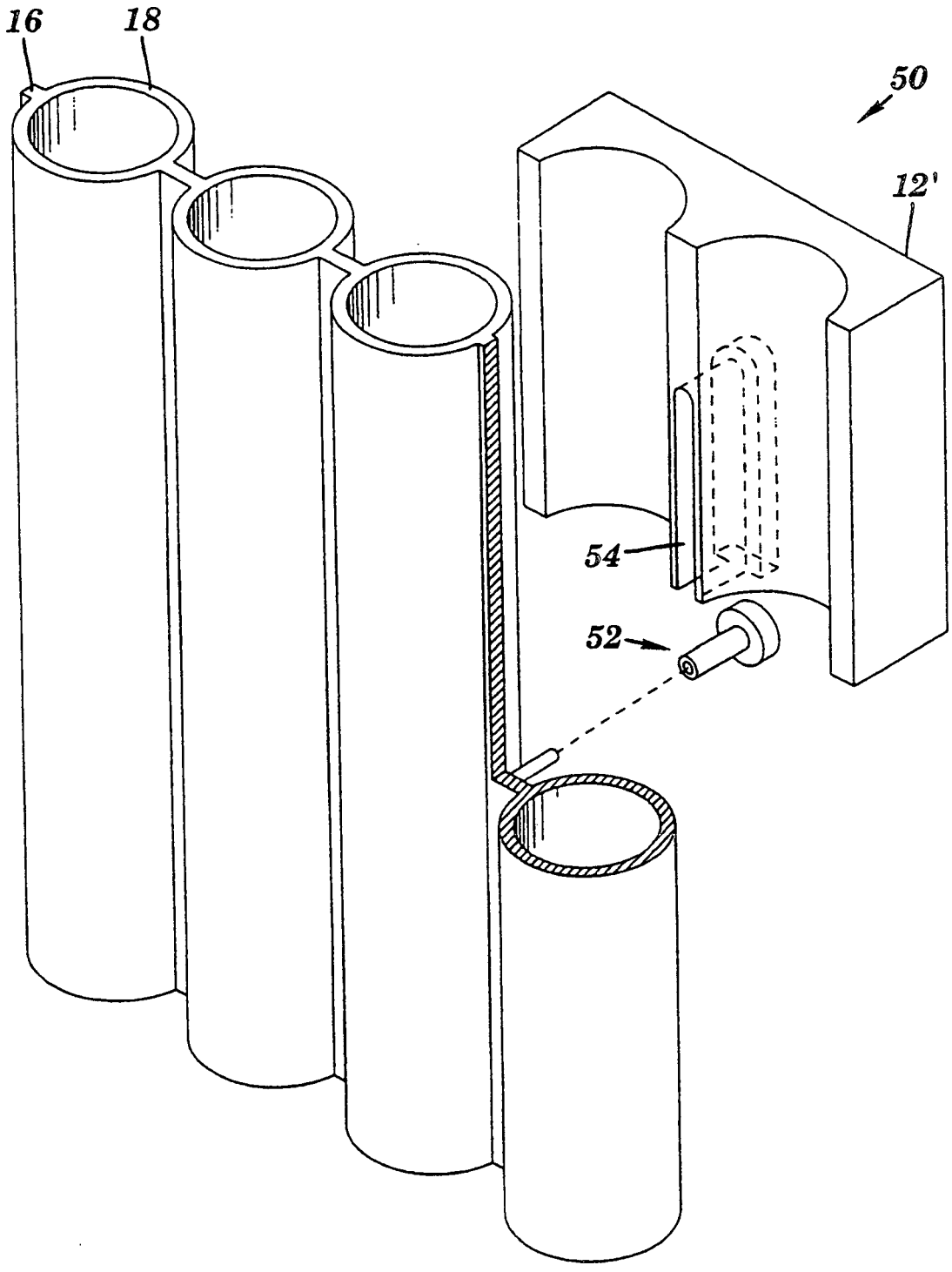


FIG. 5
STAND DER TECHNIK

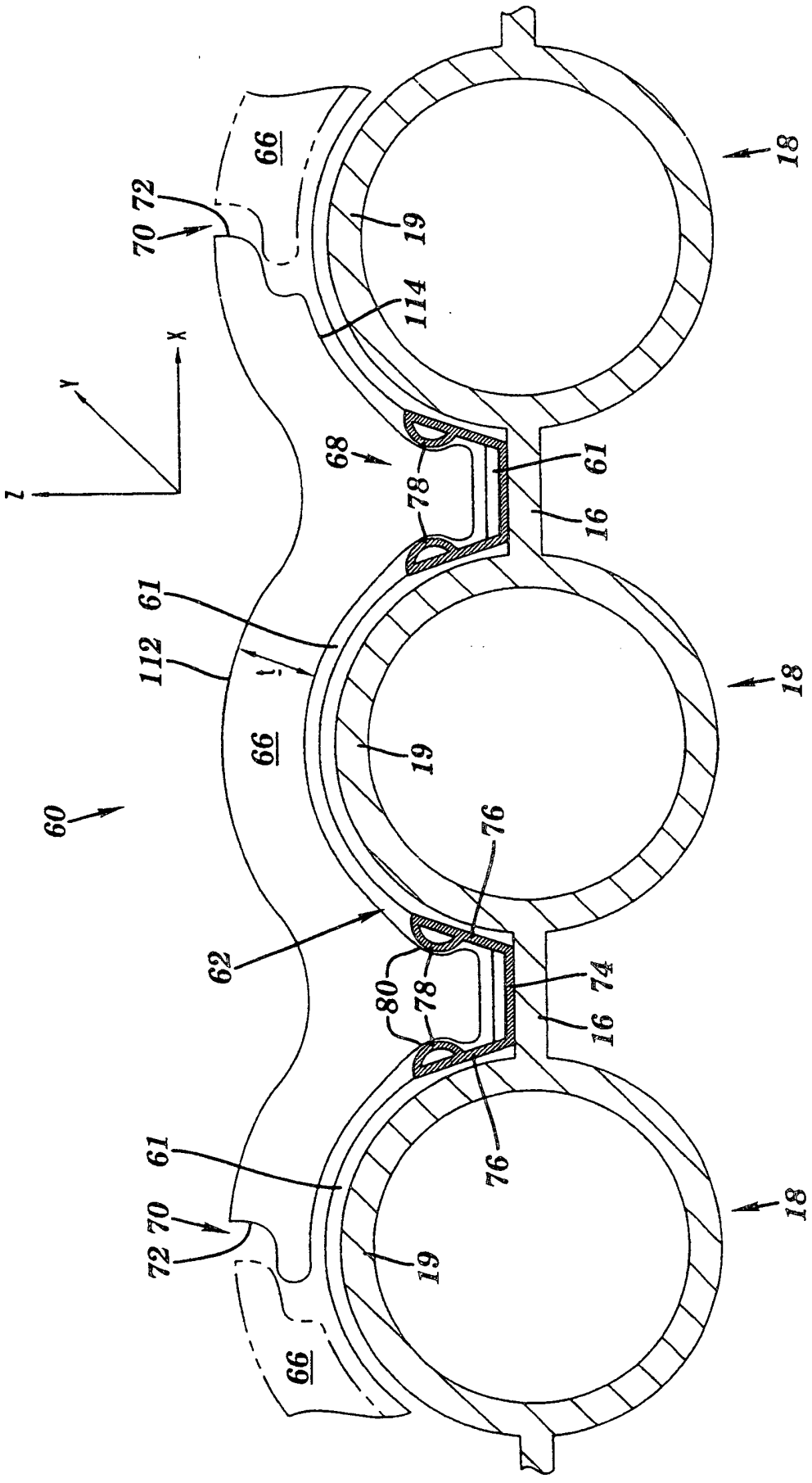

60
62
66
66
66
68
70
72
70
72
112
114
61
61
61
16
16
18
18
18
19
19
19
74
76
76
78
78
80
X
Y
Z

FIG. 6

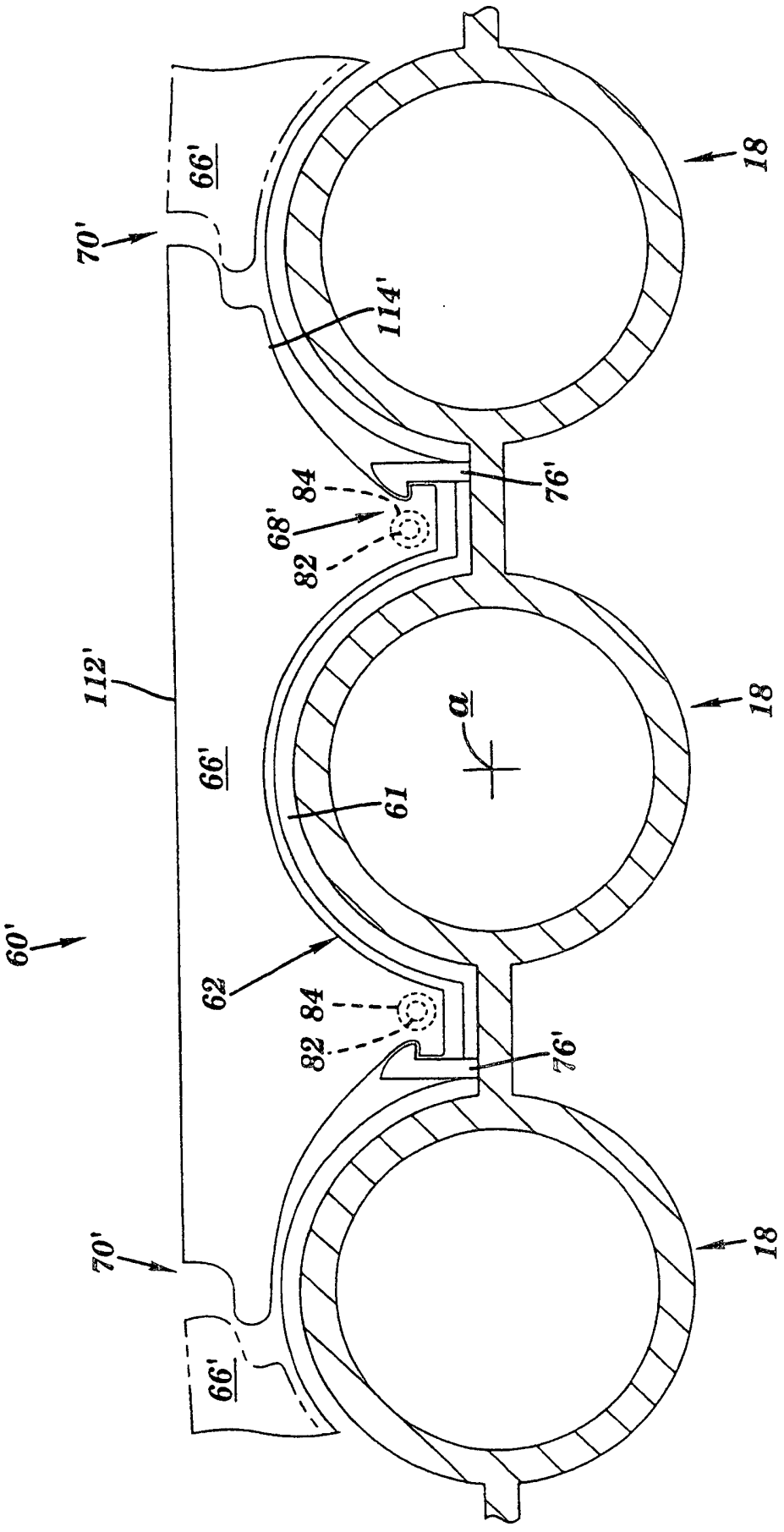


FIG. 7

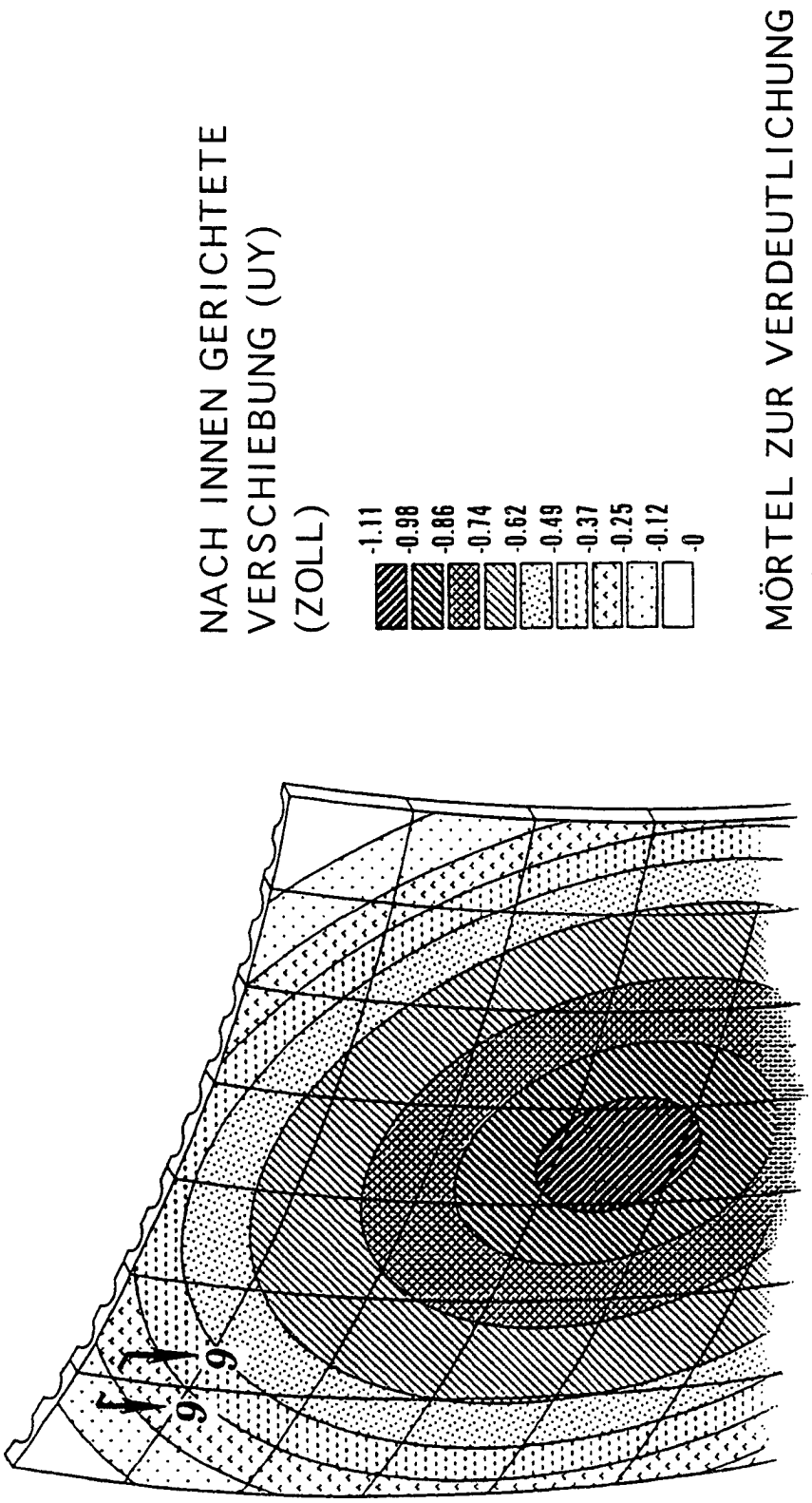

NACH INNEN GERICHTETE
VERSCHIEBUNG (UY)
(ZOLL)
-1.11
-0.98
-0.86
-0.74
-0.62
-0.49
-0.37
-0.25
-0.12
-0
MÖRTEL ZUR VERDEUTLICHUNG
NICHT DARGESTELLT
1
9
9
1

FIG. 8

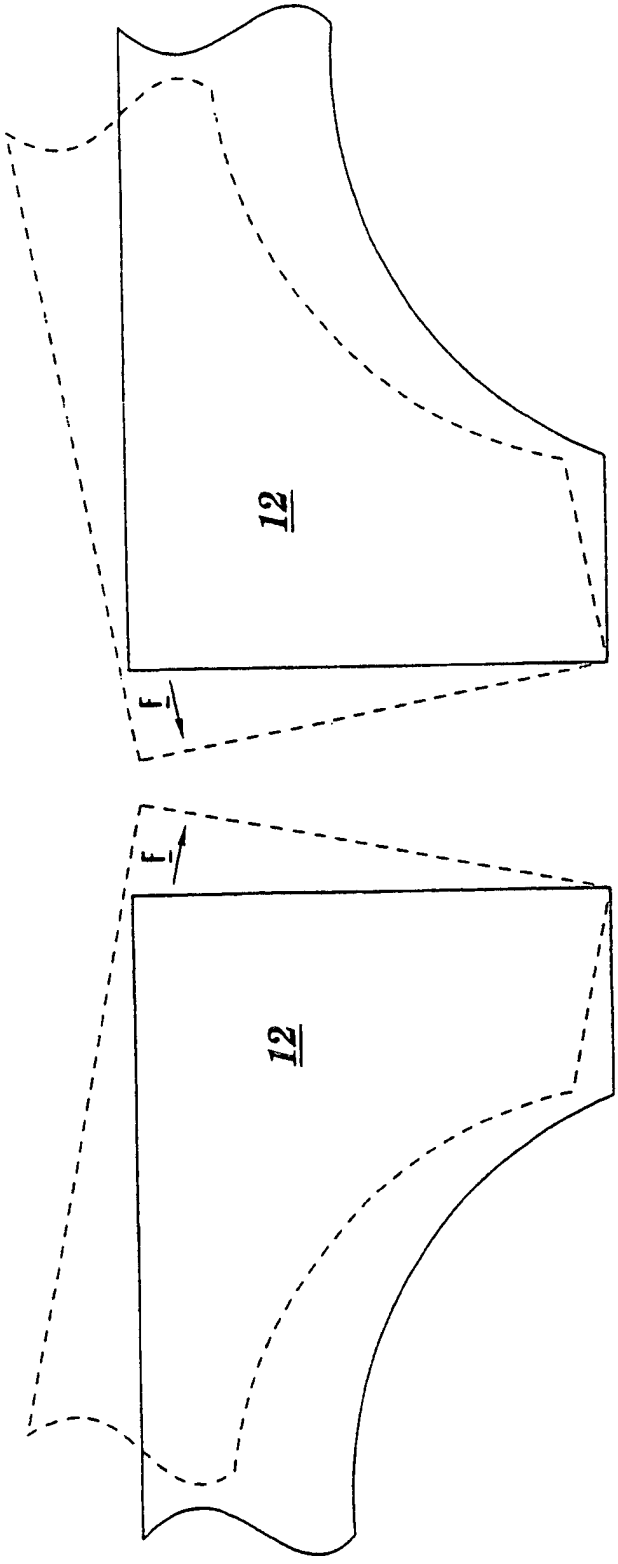


FIG. 9
STAND DER TECHNIK

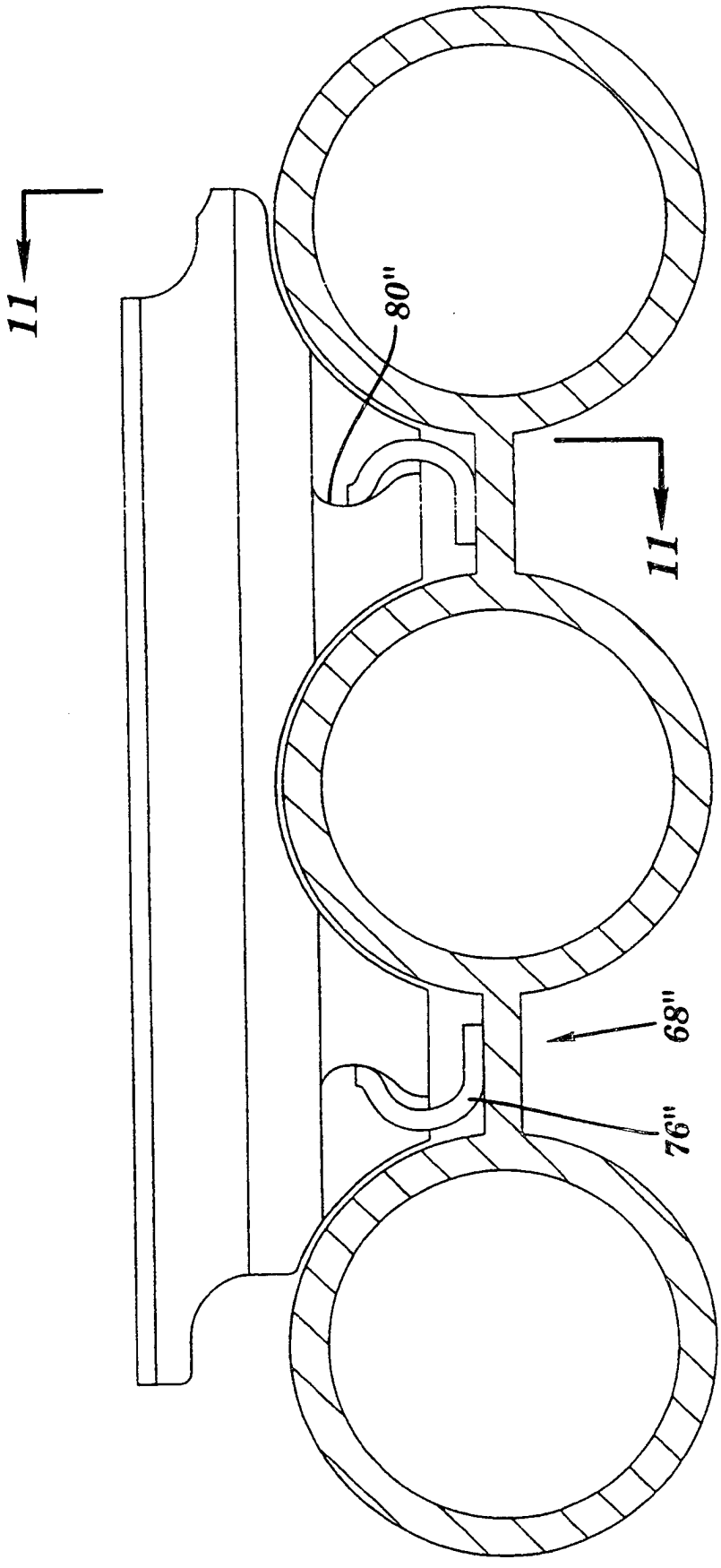


FIG. 10

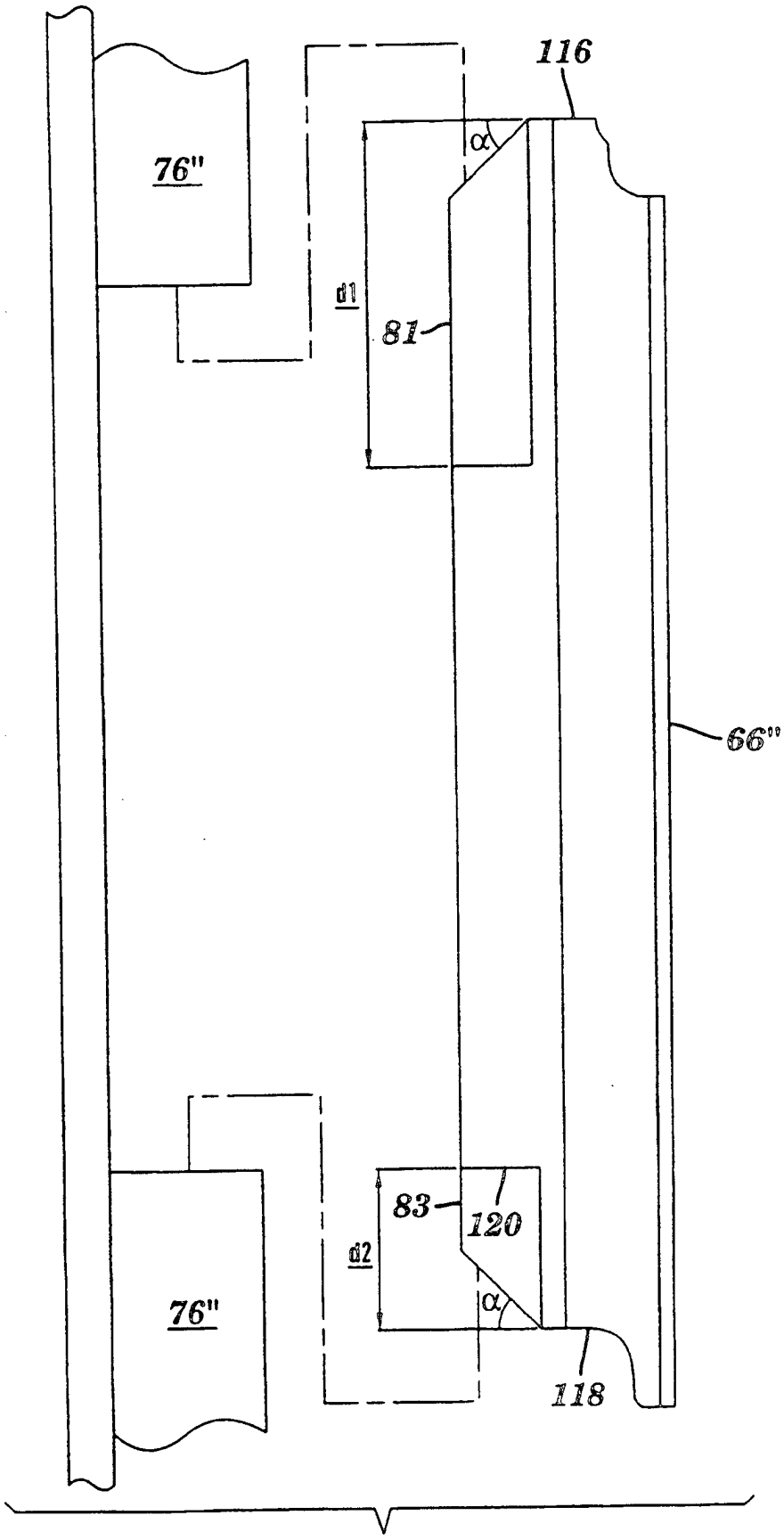


FIG. 11

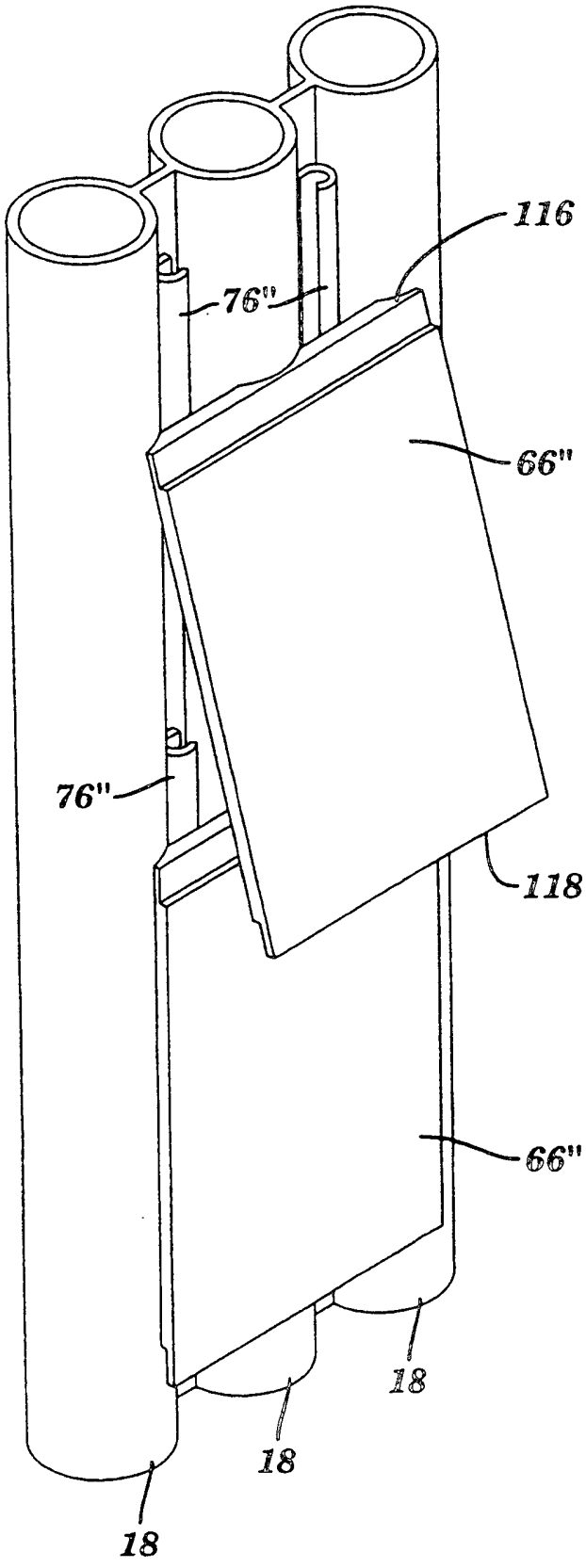


FIG. 12

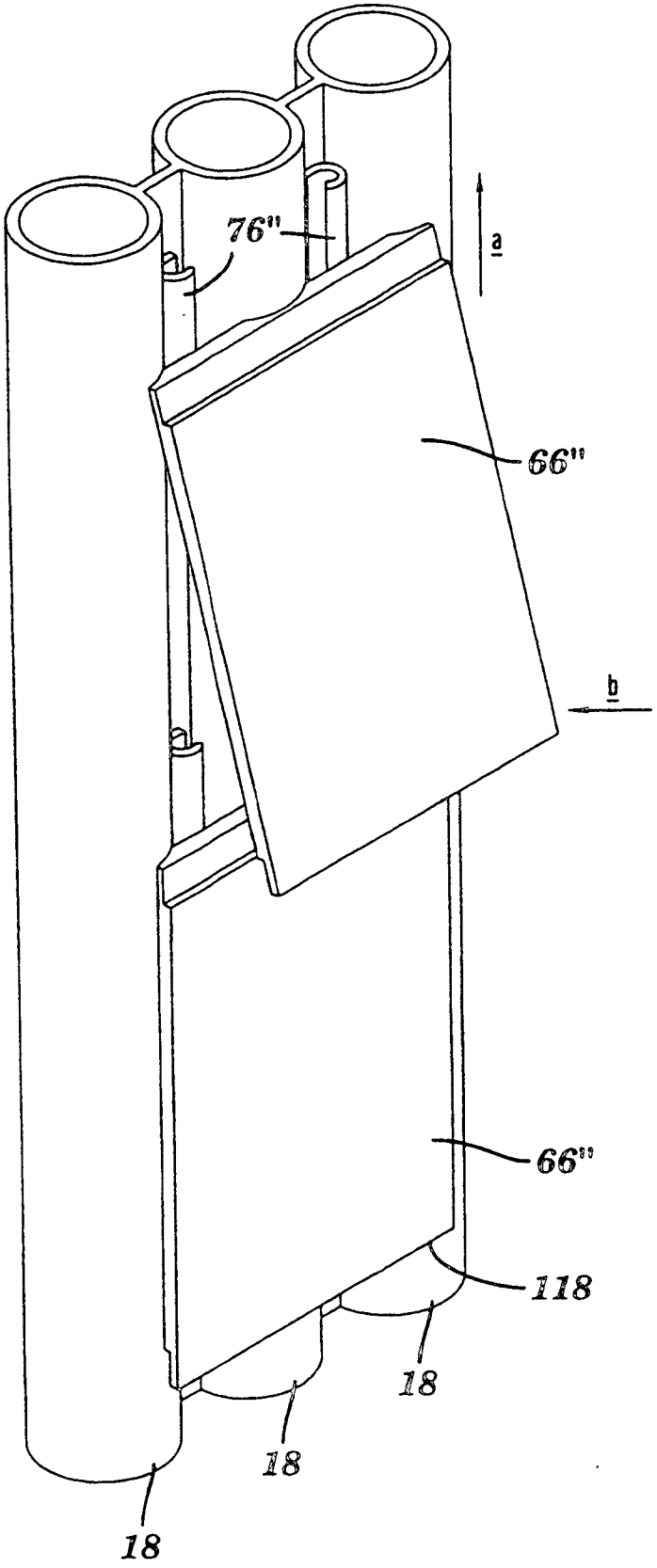


FIG. 13

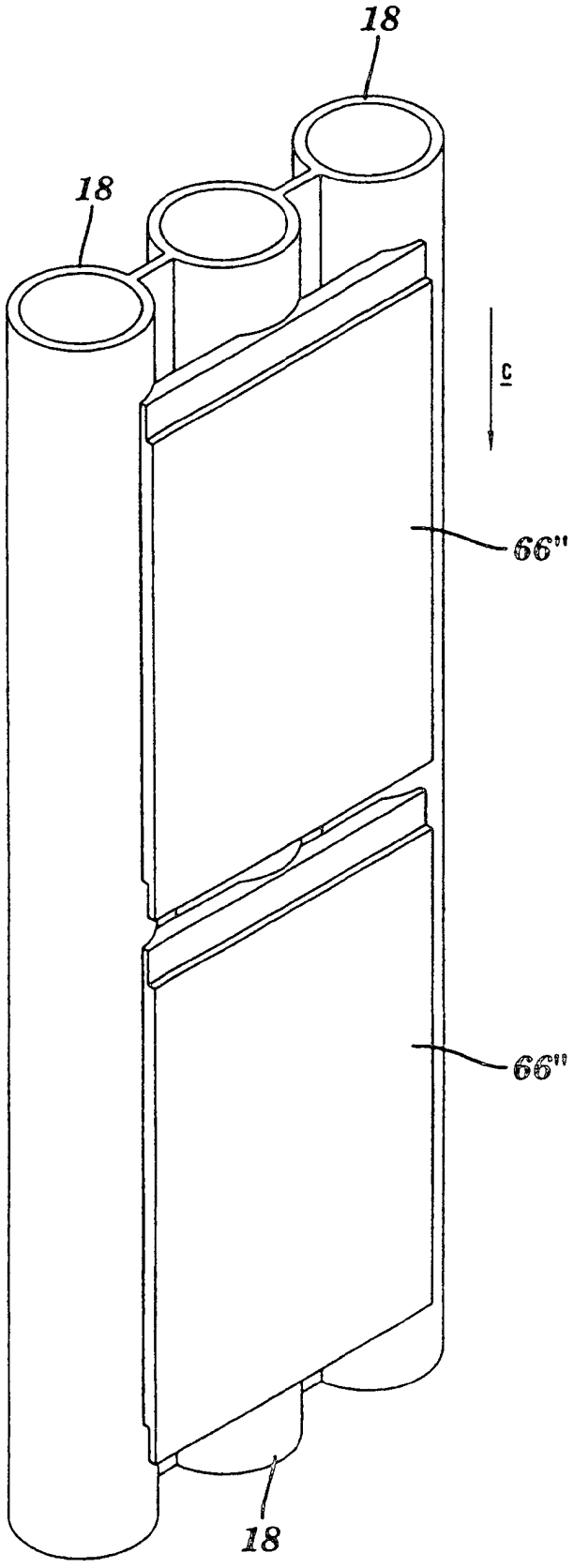


FIG. 14

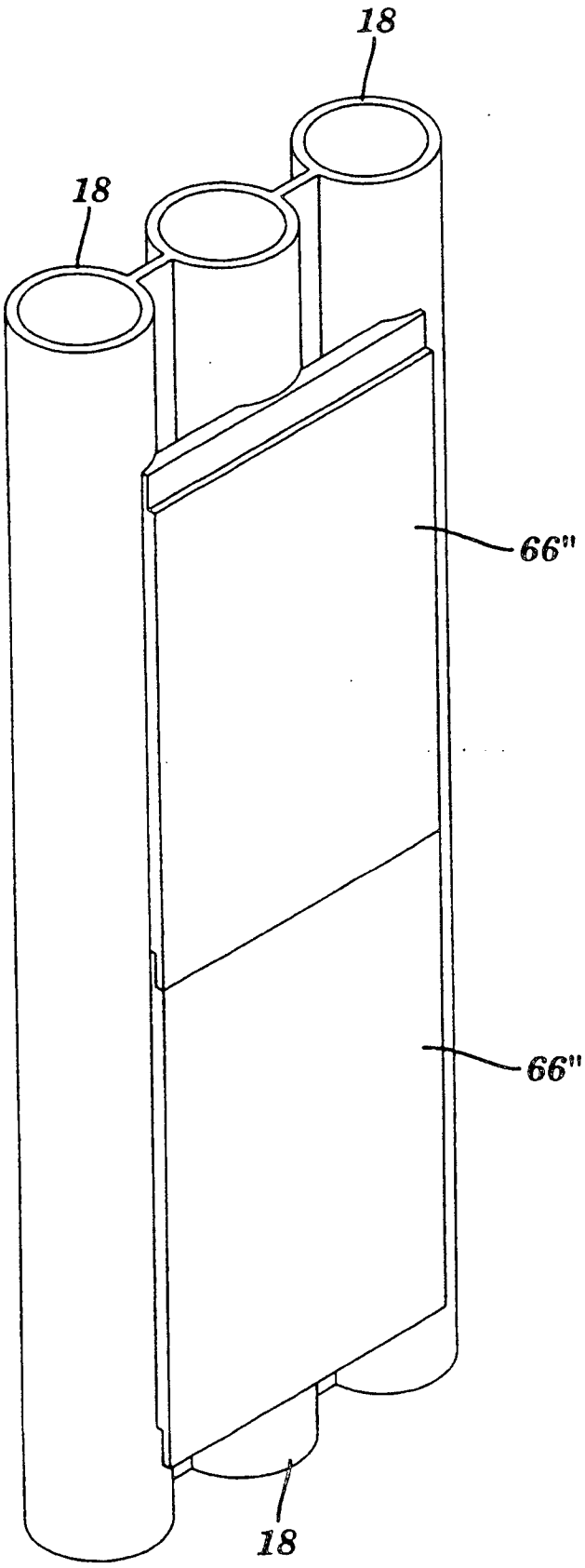


FIG. 15

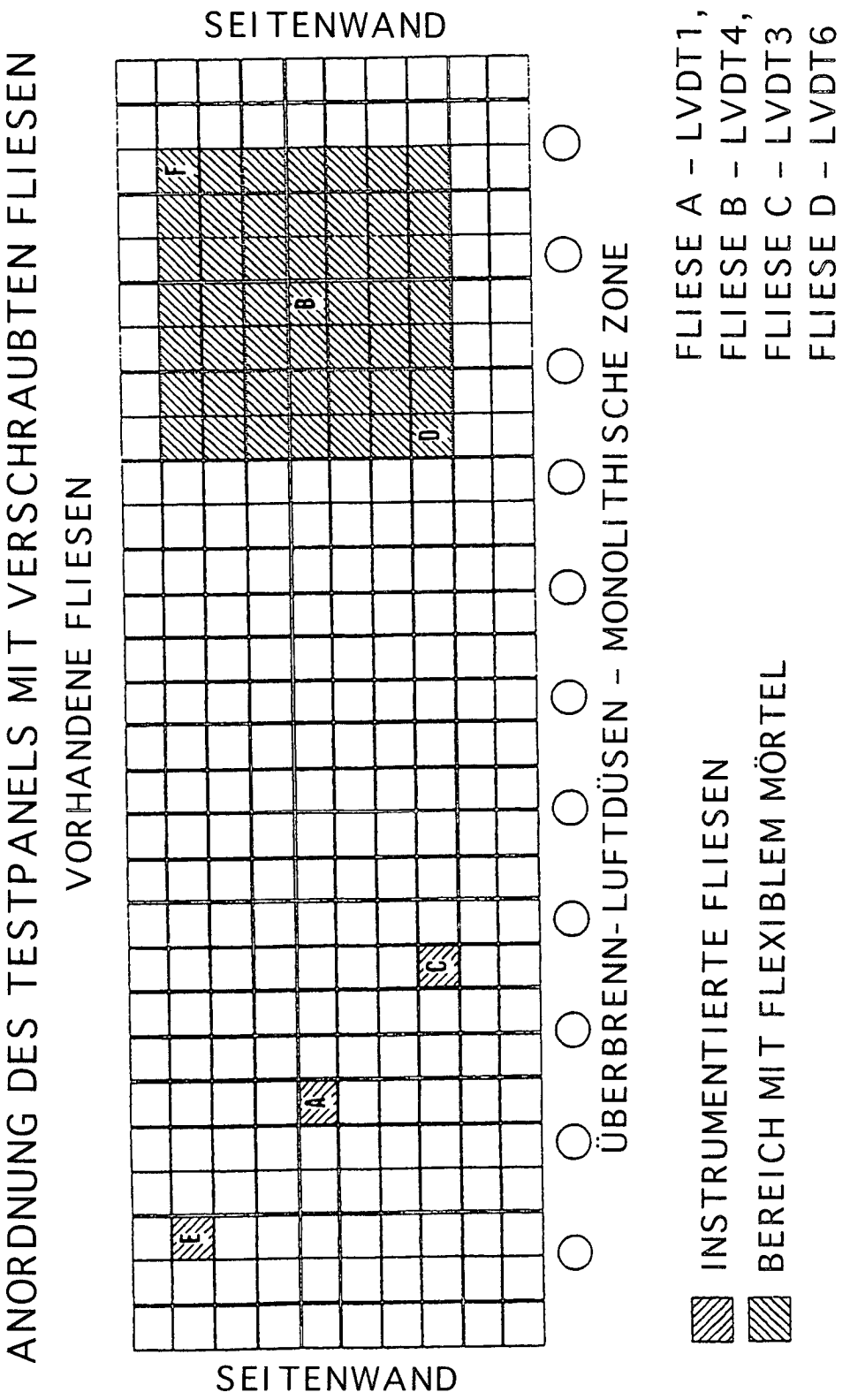

ANORDNUNG DES TESTPANELS MIT VERSCHRAUBTEN FLIESEN
VORHANDENE FLIESEN
SEITENWAND
SEITENWAND
ÜBERBRENN-LUFTDÜSEN – MONOLITHISCHE ZONE
A
B
C
D
E
F
FLIESE A – LVDT1, LVDT2
FLIESE B – LVDT4, LVDT5
FLIESE C – LVDT3
FLIESE D – LVDT6
INSTRUMENTIERTE FLIESEN
BEREICH MIT FLEXIBLEM MÖRTEL

FIG. 16

FIG. 17

VERSCHIEBUNGSDATEN BEI VERSCHRAUBTEN FLIESEN

VERNETZTE VERSCHIEBUNG VERSCHRAUBTER FLIESEN

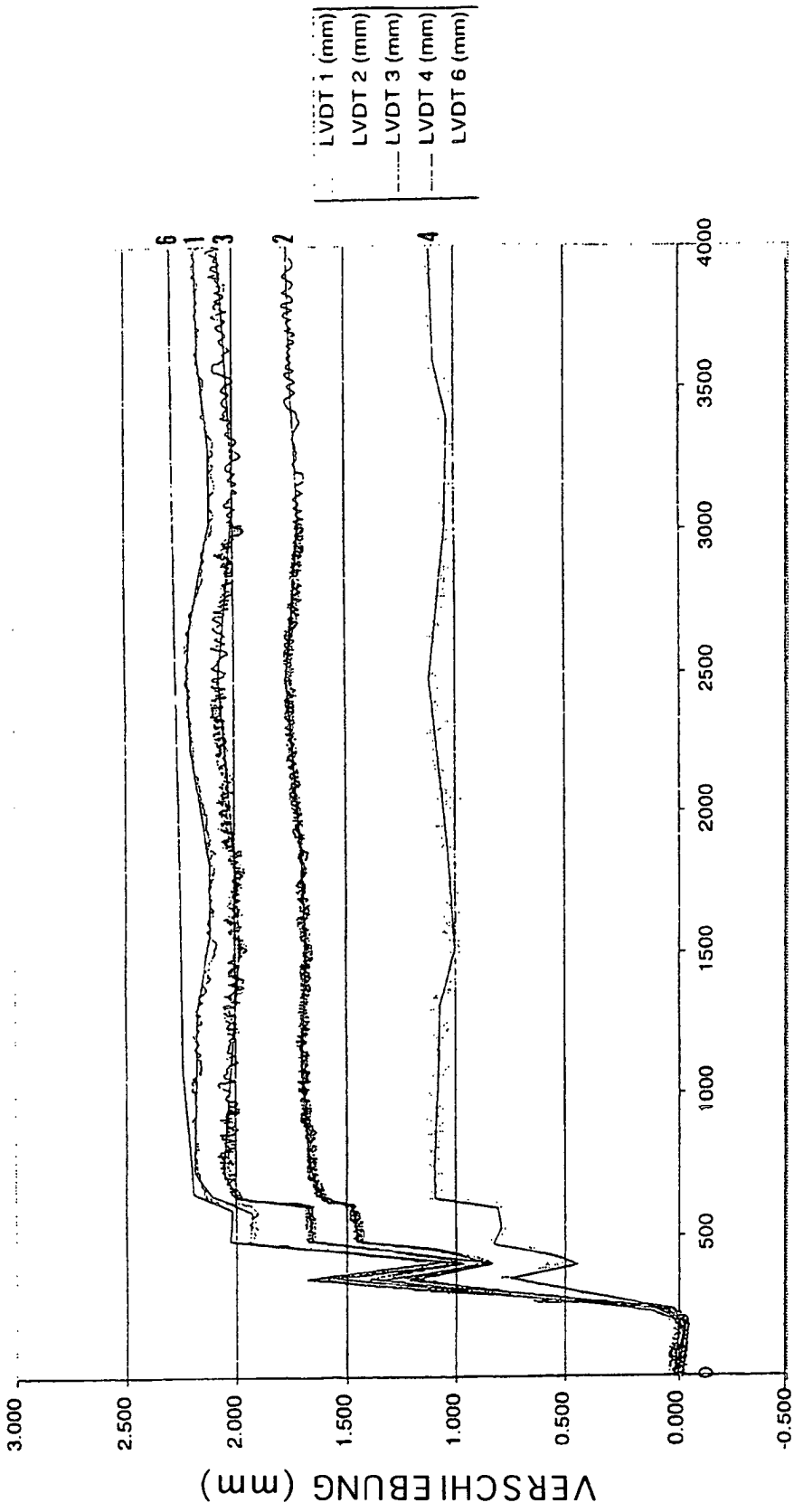


FIG. 18

VERSCHIEBUNGSDATEN BEI NEUEN FLIESEN

SEITENWAND-VERSCHIEBUNGSDATEN - NACH-WARTUNG

