



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12 **Patentschrift**
10 **DE 199 33 445 C 2**

51 Int. Cl.⁷:
F 16 J 15/447
F 01 D 11/02

21 Aktenzeichen: 199 33 445.5-12
22 Anmeldetag: 16. 7. 1999
43 Offenlegungstag: 1. 2. 2001
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 13. 12. 2001

DE 199 33 445 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 **Patentinhaber:**
MTU Aero Engines GmbH, 80995 München, DE

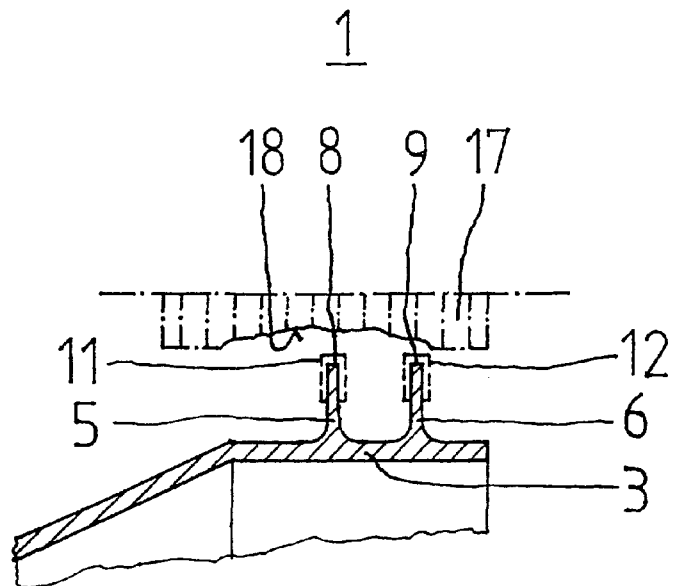
72 **Erfinder:**
Hoffelner, Herbert, 85229 Markt Indersdorf, DE

56 **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:**

DE 197 30 008 C1
DE 43 41 216 C2
DE 42 41 420 C1
DE 198 08 740 A1
DE 44 39 950 A1
US 37 71 798

54 **Dichtring für nicht- hermetische Fluiddichtungen**

57 Dichtring für nicht-hermetische Fluiddichtungen mit einem gedrosselten Durchlaß zwischen coaxialen, relativ zueinander rotierenden Dichtungselementen, insbesondere Dichtungselement für Labyrinthdichtungen in Gasturbinentriebwerken, mit einem zu wenigstens einem Bauteil führenden Träger und mit mindestens einer sich radial nach außen oder nach innen und um den gesamten Träger herum erstreckenden Dichtrippe, deren freie, umlaufende Kante im Betrieb mit einem radial gegenüberliegenden Einlaufbelag eine strömungstechnische Drosselstelle bildet, wobei die Dichtrippe zu dem Einlaufbelag hin eine abrasive Geometrie aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die/jede Dichtrippe (5, 6, 7) über den Großteil ihres Umfangs eine glatte rotationssymmetrische Kontur aufweist, dass an einer oder weniger Stellen der/jeder Dichtrippe (5, 6, 7) eine oder wenige Schneidelemente (11, 12, 13, 14, 15, 16) in der Weise angeordnet sind, dass jedes Schneidelement (11, 12, 13, 14, 15, 16) radial und ein- oder beidseitig axial aus der Kontur der Dichtrippe (5, 6, 7) hervorsteht, und dass jedes Schneidelement (11, 12, 13, 14, 15, 16) aus Metall, insbesondere Hartmetall, aus keramisch beschichtetem Metall oder aus Keramik besteht und formschlüssig und/oder stoffschlüssig, z. B. durch Lötten oder Kleben, mit der Dichtrippe (5, 6, 7) verbunden ist.



DE 199 33 445 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft einen Dichtring für nicht-hermetische Fluidichtungen mit einem gedrosselten Durchlaß zwischen koaxialen, relativ zueinander rotierenden Dichtungselementen, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Dichtringe dieser Art werden bevorzugt in Labyrinthdichtungen von Gasturbinentriebwerken eingesetzt, um in Zusammenarbeit mit einem koaxialen, meist statischen Einlaufbelag eine strömungstechnische Drosselstelle zu bilden und somit benachbarte, gasbeaufschlagte Räume auf unterschiedlichen Betriebsdrücken zu halten. Dabei ist es üblich, solche Dichtringe mit mehreren, axial hintereinander angeordneten Dichtrippen zu versehen, welche in Fachkreisen üblicherweise als "Dichtfins" bezeichnet werden. Speziell bei großen Triebwerken treten große Relativbewegungen in Axial- und Radialrichtung zwischen den Dichtfins und dem Einlaufbelag auf, wobei die Dichtfins radial in den Einlaufbelag eindringen und diesen über eine gewisse axiale Länge abtragen. Dieser Einlaufvorgang ist in der Regel nach einer Flugmission weitgehend abgeschlossen, so daß danach die gewünschte, reproduzierbare Dichtwirkung vorliegen sollte. Bei glatten Dichtfins entspricht das Einarbeiten in den Einlaufbelag einem Reibvorgang mit hoher thermischer Belastung der Finspitzen. Daraus können Gefügeveränderungen mit Reißbildung resultieren, schlimmstenfalls kann der Dichtring brechen und das Triebwerk gefährden. Es sind zahlreiche Maßnahmen bekannt, welche diesem Problem abhelfen sollen und unter den Begriff "Finspitzenpanzerung" fallen.

[0003] So schützt die DE 43 41 216 C2 ein Dichtungsbau- teil für Spalt- oder Labyrinthdichtungen mit einer Beschichtung aus einem Verbund von Metall und Hartstoffpartikeln, wobei letztere in Form regelmäßig geformter Körper mit eingeebneten, auf dem selben Niveau liegenden Oberflächen angeordnet sind. Diese Bauweise soll dazu führen, daß das Einlaufbelagmaterial nicht nur durch Abrasion entfernt wird sondern auch durch heißplastisches Fließen verdrängt wird. Dies setzt aber eine starke Wärmeentwicklung durch Reibung voraus, welche wiederum den Finwerkstoff schädigen kann.

[0004] Aus der DE 44 39 950 A1 ist ein metallisches Bauteil oder Substrat mit einer Verbundbeschichtung sowie das zugehörige Herstellungsverfahren bekannt, bei welchem Hartstoffpartikel auf das Bauteil/Substrat aufgelötet werden. Das Lot wird nicht als Legierung sondern in Form von Schichten seiner Elemente aufgebracht. Erst beim Aufschmelzen der Beschichtung bildet sich das gewünschte, die Partikel bindende Eutektikum. Als zu beschichtende Bauteile werden Strömungsmaschinenschaukeln bzw. deren Spitzen und Deckbänder sowie Labyrinthdichtungen und Schleifscheiben genannt. Die Anwendung bei Dichtspitzen führt, da kein wirkliches Freischneiden erfolgt, zu einer starken Wärmeentwicklung durch Reibung am Einlaufbelag, so dass auch hier Werkstoffschädigungen bei den Fins zu erwarten sind.

[0005] Die DE 42 41 420 C1 schützt ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen oder Substraten mit Verbundbeschichtungen und dessen Anwendung. Dabei werden Partikel, Fasern, Filze, Matten oder Gewebe mit wasserlöslichen, festen Salzen oder Säuren auf Bauteilen/Substraten fixiert und in ein galvanisches oder stromloses Abscheidebad getaucht. Die wasserlösliche Substanz wird allmählich durch abgeschiedenes Metall ersetzt, so dass eine haltbare Beschichtung mit Partikeln, Fasern etc. entsteht. Das Verfahren kann u. a. zur Beschichtung von Dichtspitzen für Labyrinthdichtungen sowie von Schleifscheiben verwendet werden.

Hinsichtlich des Betriebsverhaltens (Reibung etc.) gelten die oben erwähnten Nachteile.

[0006] Die US 3 771 798 schützt ein Reparaturverfahren für Dichtspitzen (Fins) von Labyrinthdichtungen. Dabei werden verschlissene Fins eingeebnet und mit Nuten versehen. In die Nuten werden neue Ringschneiden eingesetzt und eingebördelt. Auch diese Fins sind nicht in der Lage, sich freizuschneiden, und unterliegen starken thermischen Belastungen.

[0007] Die DE 197 30 008 C1 schützt eine Panzerung für ein metallisches Triebwerksbauteil, welche sich beim Anstreifen in einen Einlaufbelag einarbeitet, eine Keramikschicht umfaßt und mit Spitzen und dazwischenliegenden Freiräumen zum Austragen von Abriebmaterial profiliert ist, wobei die Profilierung durch Umformen der Oberfläche des Bauteils vor deren Beschichtung ausgebildet ist, bevorzugt durch Rändeln. Somit ist der gesamte Dichtfin nach Art eines Sägeblattes mit einer Vielzahl von gleichmäßig über seinen Umfang verteilten Zähnen ausgeführt, deren Oberflächen keramisch beschichtet sind. Diese Lösung hat u. a. den Nachteil, daß die vielen Freiräume zwischen den Zähnen/Spitzen generell die Dichtwirkung verschlechtern. Infolge der kleinen Materialquerschnitte in den Spitzen und der punktuellen Wärmeinleitung treten hier lokale Wärmestromdichten auf, welche höher sein können als bei glatten Dichtfins und somit sehr schädlich für das Werkstoffgefüge. Darüber hinaus bilden die V-förmigen, am Fuß scharfkantigen Freiräume spannungserhöhende Kerben, von denen gefährliche Risse ausgehen können. Im Hinblick auf eine effektive Abrasion und somit einen thermisch unkritischen Einlaufvorgang wäre eine gröbere Zahnung vorteilhaft. Dem widerspricht die Forderung nach guter Dichtwirkung, so daß tatsächlich nur eine sehr feine, flache Zahnung verwendbar ist. Insofern ergibt sich auch mit dieser Lösung eher ein Schleifvorgang mit den bereits genannten thermischen Nachteilen.

[0008] Angesichts dieser bekannten Lösungen und ihrer Nachteile besteht die Aufgabe der Erfindung darin, einen Dichtring für nicht-hermetische Fluidichtungen, speziell für Labyrinthdichtungen in Gasturbinentriebwerken, zu gestalten, der einerseits einen schnellen, abrasiven, thermisch und mechanisch problemlosen Einlaufvorgang und andererseits eine gute, reproduzierbare und kalkulierbare Dichtwirkung gewährleistet, in Zusammenarbeit mit einem geeigneten, mechanisch abtragbaren Einlaufbelag.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff.

[0010] Der erfindungsgemäße Dichtring kombiniert in vorteilhafter Weise die Merkmale einer konventionellen Ausführung mit wenigstens einer glatten rotationssymmetrischen Dichtrippe und einer abrasiven Ausführung, wobei nur an einer oder wenigen, diskreten Stellen der Dichtrippe ein oder wenige Schneidelemente angeordnet sind, welche aus der Dichtrippenkontur hervorstehen. Die Schneidelemente sollen wirklich schneidend bzw. spanend und robust, d. h. mechanisch widerstandsfähig, ausgeführt und formschlüssig und/oder stoffschlüssig befestigt sein, so dass in kürzester Zeit und ohne große Reibarbeit genügend Belagmaterial abgetragen wird, wobei der gewünschte Spalt zur glatten, dichtenden Kontur der Dichtrippe entsteht. In der spanenden Fertigung ist ein Verfahren bekannt, welches als "Gewindewirbeln" bezeichnet wird und ein schnell rotierendes, hohles Werkzeug mit einem oder wenigen, nach innen vorstehenden Zähnen benutzt, um ein langsam rotierendes Werkstück zu bearbeiten. Obwohl das Werkzeug und das Werkstück beim Gewindewirbeln nicht koaxial zueinander geführt sind, vermittelt dieses Verfahren doch eine gewisse

Vorstellung vom Einlaufvorgang eines erfindungsgemäßen Dichtringes. Im Unteranspruch ist eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung gekennzeichnet.

[0011] Die Erfindung wird anschließend anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Dabei zeigen in vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung:

[0012] **Fig. 1** einen axialen Teilschnitt durch einen Dichtring und einen mit dem Dichtring zusammenwirkenden Einlaufbelag,

[0013] **Fig. 2** eine perspektivische Teilansicht eines Dichtringes mit verschiedenartigen Schneidelementen.

[0014] Der Dichtring **1** gemäß **Fig. 1** umfasst einen – zumindest weitgehend – rotationssymmetrischen Träger **3**, welcher mit wenigstens einem benachbarten, rotierenden Bauteil (nicht wiedergegeben) fest verbunden ist. Am Träger **3** sind zwei radial nach außen weisende Dichtrippen **5, 6** angeordnet, welche über den Großteil ihres Umfangs eine glatte, rotationssymmetrische Kontur aufweisen. Somit sind auch deren freie Kanten **8, 9** weitgehend glatt und rotationssymmetrisch, d. h. kreiszylindrisch. Zur Ergänzung sei angemerkt, dass an einem Träger auch nur eine Dichtrippe oder mehr als zwei Dichtrippen angeordnet sein können, dass die freien Kanten mindestens zweier Dichtrippen im Durchmesser gestuft, d. h. verschieden groß sein können, und daß alle oder ein Teil der Dichtrippen auch radial nach innen vom Träger abstehen können.

[0015] Die gestrichelten Konturen **11, 12**, weisen auf Schneidelemente und deren Rotationsbahnen hin. Man erkennt, daß die Schneidelemente **11, 12** jeweils radial und beidseitig axial über die Dichtrippenkonturen vorstehen. Dadurch ist sichergestellt, daß die Dichtrippen **5, 6** selbst einschließlich ihrer freien, dichtenden Kanten **8, 9** praktisch nie mit dem gegenüberliegenden Einlaufbelag **17** in Berührung kommen, so daß auf Maßnahmen wie Oberflächenhärtung, Panzerung etc. in aller Regel verzichtet werden kann.

[0016] Der als benachbartes, statisches Dichtungselement gestrichelt dargestellte Einlaufbelag **17** ist – wie in der Praxis häufig – als metallische Honigwabenstruktur ausgeführt, deren Werkstoff relativ problemlos durch spanende Bearbeitung abtragbar sein sollte, d. h. eine gewisse Duktilität sowie ein definiertes Bruchverhalten aufweisen sollte.

[0017] Durch radiale und axiale Relativbewegungen zwischen Dichtring **1** und Einlaufbelag **17** mit Überschreitung des radialen Einbauspaltens wird der Einlaufbelag **17** innen-seitig bereichsweise abtragen, so daß sich nach einem Vol-lastzyklus, z. B. einer Flugmission mit Manövern, eine charakteristische Einlaufkontur **18** bildet, welche sich im weiteren Betrieb nicht oder kaum mehr ändert. Die Einlaufkontur **18** entspricht weitgehend einer äußeren Hüllkurve über alle aufgetretenen, relativen Maximalauslenkungen der Schneidelemente **11, 12**.

[0018] Da der Einlaufvorgang nur einen kleinen Teil der Bauteillebensdauer ausmacht, besteht die Möglichkeit, nach dessen Abschluß die Schneidelemente zu entfernen bzw. bis auf Bündigkeit mit der Dichtrippenkontur abzarbeiten. Entfernbare Schneidelemente können durch rippenbündige Austauschteile ersetzt werden. All dies wäre beispielsweise im Rahmen einer ersten Triebwerksüberholung möglich.

[0019] **Fig. 2** zeigt im Detail verschiedene Ausführungen von Schneidelementen **13** bis **16** an einem Dichtring **2** mit einer radial äußeren Dichtrippe **7** auf einem Träger **4**, wobei die freie, dichtende Kante **10** nach oben weist. In der Figur links erkennt man ein plattenförmiges Schneidelement **13**, welches axial/radial, d. h. quer zur Dichtrippe **7** und durch diese hindurchführend angeordnet ist. Man sieht, daß das Schneidelement **13** radial (nach oben) und beidseitig axial (nach rechts vorne und links hinten) aus der Dichtrippenkontur hervorsticht. Die Schneidengeometrie ist nicht im De-

tail dargestellt, wobei es dem Fachmann überlassen wird, hier geeignete Winkel, Spanleit- und Spanbrecheinrichtungen vorzusehen. Das Schneidelement **13** wird in aller Regel aus einem härteren Material bestehen als die Dichtrippe **7**, vorzugsweise aus Hartmetall, Keramik oder einem hierauf basierenden Materialverbund. In Abhängigkeit vom Material ist eine den Formschluß ergänzende, stoffschlüssige Verbindung, z. B. durch Löten oder Kleben, sinnvoll. Man erkennt weiterhin eine Entlastungsbohrung **19**, welche gefährliche Kerbspannungen im Dichtrippenmaterial am Fuße des Schneidelementes **13** verhindern soll. Aus Dichtungsgründen kann die Entlastungsbohrung **19** verschlossen sein, z. B. mit einem Propfen, mit Klebstoff oder Lot. Das von links zweite Schneidelement **14** ist ebenfalls plattenförmig ausgeführt, seine Anordnung ist jedoch radial und im wesentlichen circumferential auf einer Seite der Dichtrippe **7** in einer taschenartigen Vertiefung. Die einseitige Anordnung erfordert, daß mindestens ein Paar solcher Schneidelemente **14** je Dichtrippe angeordnet werden, wobei sich diese axial gegenüberstehen oder in Umfangsrichtung versetzt sein können.

[0020] Das von links dritte Schneidelement **15** unterscheidet sich vom ersten Schneidelement **13** durch seine Keilform, wobei die axial/radiale Anordnung gleich ist. Die Keilform führt zu einer formschlüssigen Fixierung auch in radialer Richtung, so daß eine zuverlässige Absicherung gegen Fliehkräfte gegeben ist. Eine stoffschlüssige Zusatzfixierung ist allenfalls gegen axiales Herauswandern wirksam. Die Keilform bewirkt weiterhin einen "ziehenden" Schnitt der beiden Seitenschneiden. Spannungswirksame Entlastungsgeometrien im Bereich der beiden unteren, durch die Dichtrippe **7** führenden Keilecken können vorhanden sein, sind hier aber nicht dargestellt. Das rechte Schneidelement **16** weist die Besonderheit einer rein formschlüssigen Befestigung auf. Hierzu ist es im Fußbereich kreiszylindrisch gestuft, im Schneiden-/Kopfbereich rechteckig ausgeführt. Sein Einbau in den Dichtring **2** erfolgt radial von innen durch Stecken. Sicherungsmaßnahmen gegen Herausfallen nach innen können angebracht sein (nicht dargestellt). Ein Schneidelement dieser Art hat zugegebenermaßen den Nachteil, daß es den tragenden Bauteilquerschnitt örtlich relativ stark reduziert, so daß der Träger des Dichtringes stärker dimensioniert werden muß.

Patentansprüche

1. Dichtring für nicht-hermetische Fluidichtungen mit einem gedrosselten Durchlaß zwischen koaxialen, relativ zueinander rotierenden Dichtungselementen, insbesondere Dichtungselement für Labyrinthichtungen in Gasturbinentriebwerken, mit einem zu wenigstens einem Bauteil führenden Träger und mit mindestens einer sich radial nach außen oder nach innen und um den gesamten Träger herum erstreckenden Dichtrippe, deren freie, umlaufende Kante im Betrieb mit einem radial gegenüberliegenden Einlaufbelag eine strömungstechnische Drosselstelle bildet, wobei die Dichtrippe zu dem Einlaufbelag hin eine abrasive Geometrie aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die/jede Dichtrippe (**5, 6, 7**) über den Großteil ihres Umfangs eine glatte rotationssymmetrische Kontur aufweist, dass an einer oder weniger Stellen der/jeder Dichtrippe (**5, 6, 7**) eine oder wenige Schneidelemente (**11, 12, 13, 14, 15, 16**) in der Weise angeordnet sind, dass jedes Schneidelement (**11, 12, 13, 14, 15, 16**) radial und ein- oder beidseitig axial aus der Kontur der Dichtrippe (**5, 6, 7**) hervorsticht, und dass jedes Schneidelement (**11, 12, 13, 14, 15, 16**) aus

Metall, insbesondere Hartmetall, aus keramisch beschichtetem Metall oder aus Keramik besteht und formschlüssig und/oder stoffschlüssig, z. B. durch Löten oder Kleben, mit der Dichtrippe (**5, 6, 7**) verbunden ist.

2. Dichtring nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an einer bis vier Stellen, vorzugsweise an zwei diametralen Stellen, der Dichtrippe (**5, 6, 7**) jeweils ein Schneideelement (**11, 12, 13, 14, 15, 16**) oder ein Paar axial gegenüberstehender Schneideelemente (**14**) angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

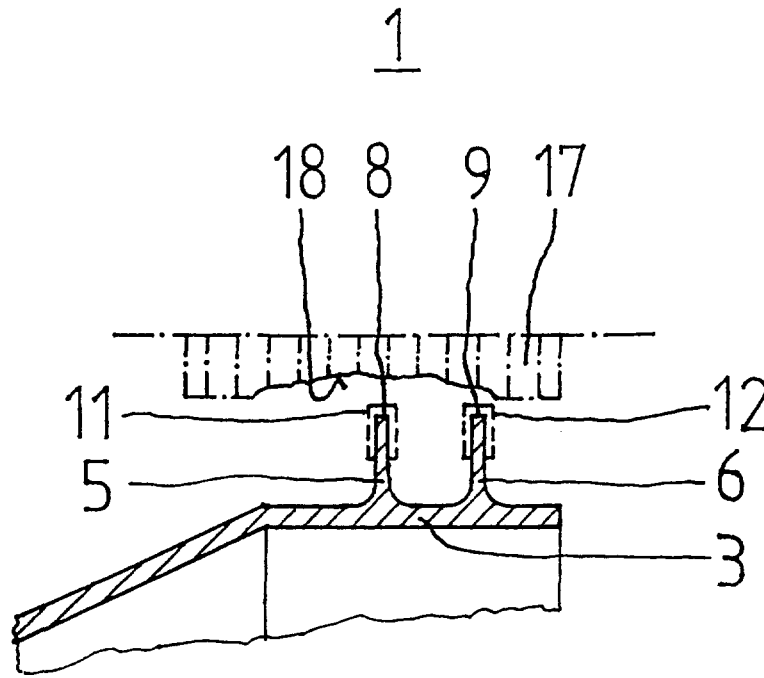


Fig.1

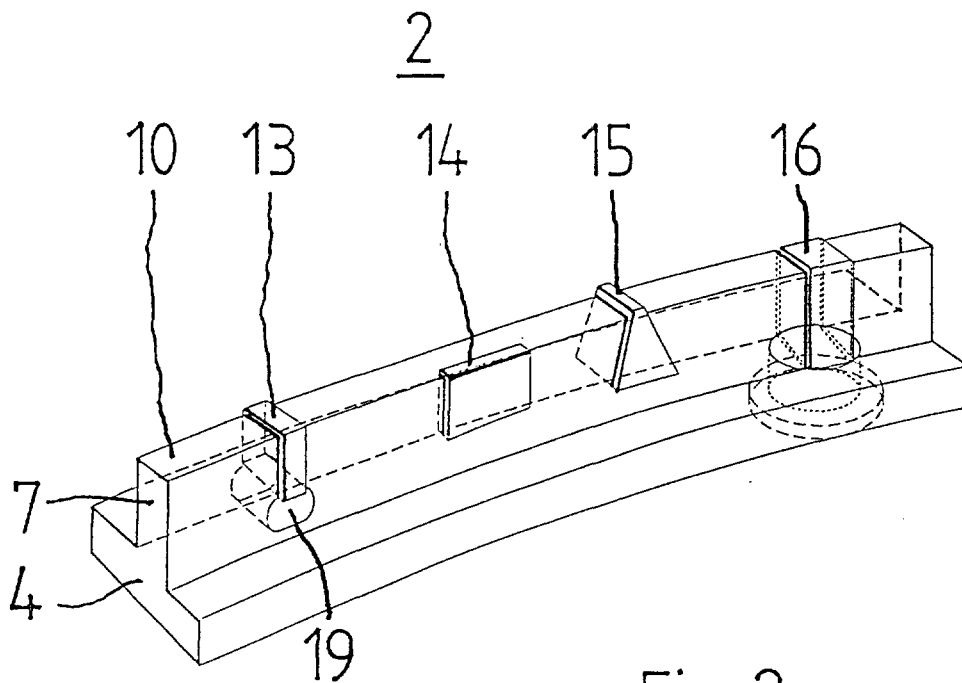


Fig.2