(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 149 985 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.12.2004 Patentblatt 2004/50

(51) Int Cl.[7]: **F01D 11/12**

(21) Anmeldenummer: **01110386.8**

(22) Anmeldetag: **26.04.2001**

(54) **Ringstruktur in Metallbauweise**

Metallic shroud structure

Structure de virole métallique

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

(30) Priorität: **27.04.2000 DE 10020673**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.10.2001 Patentblatt 2001/44

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)

(72) Erfinder: **Humhauser, Werner**
85368 Moosburg (DE)

(74) Vertreter: **Einsele, Rolf W.**
DaimlerChrysler AG,
Intellectual Property Management FTP/A,
HPC:C106
70546 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 1 551 183
US-A- 3 728 039
US-A- 4 666 371

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).

EP 1 149 985 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Ringstruktur in Metallbauweise für den Laufschaufelbereich von axial durchströmten Verdichter- und Turbinenstufen, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Für die strömungstechnischen Eigenschaften von axial durchströmten Verdichterund Turbinenstufen ist es sehr wichtig, dass der Radialspalt zwischen den Laufschaufelspitzen und der äußeren Strömungskanalwand möglichst klein und möglichst konstant gehalten wird. Dafür sollte die Wandstruktur zunächst ausreichend formstabil und geometrisch genau sein. Thermische und mechanische Einflüsse sollten die Geometrie möglichst wenig verändern. Mit dem zumeist heißen Arbeitsgas sollte i.w. nur die Innenseite der Struktur beaufschlagt sein, Leckageverluste durch die Struktur sind zu minimieren. Im instationären Betrieb ist es vorteilhaft, wenn die insbesondere thermisch induzierte Maßänderungen der Wandstruktur zeitlich und größenmäßig an diejenigen des beschaufelten Rotors angeglichen sind. Da sich mechanische Kontakte zwischen den Schaufelspitzen und der Wandstruktur unter besonderen Belastungen kaum vermeiden lassen, sollte die Innenseite der Wandstruktur zumindest schaufelspitzenseitig verformbar/nachgiebig bzw. abradierbar ausgeführt sein.

[0003] Die EP-B-0 728 258 betrifft ein Deckbandsement einer Turbine, welches zusammen mit gleichartigen Segmenten die Innenwand und einen Teil der Verbindungsstruktur zur Außenwand einer Wandstruktur bildet. Infolge von Temperaturunterschieden zwischen Innen- und gekühlter Außenseite der Segmente im Betrieb sowie infolge von unterschiedlichem Materialverhalten des Grundmaterials und einer in der Regel vor handenen Beschichtung tendieren die Segmente dazu, ihre Krümmung zu verändern. Um zu verhindern, dass die Segmente dabei stellenweise in die Laufbahn der Schaufelspitzen geraten, sind sie über eine spezielle, hakenartige Geometrie an Vorderund Hinterkante mit dem Außenbereich der Gehäusestruktur verbunden, welche stellenweise eine Radialbewegung nach außen zulässt. Da die Innenkontur somit häufig von der Kreisform mit Tendenz zur Polygonbildung abweicht, ist eine definierte Spalthaltung schwierig. Die Abdichtung der spalt- und spielbehafteten Segmente ist konstruktiv ebenfalls aufwendig.

[0004] Die EP-B-0 781 371 behandelt eine Anordnung zur dynamischen Kontrolle des Schaufelspitzenspiels in Gasturbinen. Die Innenwand der Gehäusestruktur besteht aus radial nach außen beweglichen, in Umfangsrichtung überlappenden, kreisbogenförmig gekrümmten Segmenten, deren Bewegung radial nach innen durch eine ihre Vorder- und Hinterkante hakenartig einseitig haltende, umlaufende Gehäusestruktur begrenzt wird. Die Segmente werden durch mechanische Federelemente oder durch Gasdruck radial nach innen gegen Anschlag vorgespannt. Die Laufschaufeln weisen spitzenseitig Keilflächen auf, welche bei schneller. Rotation ein dynamisches Gaspolster erzeugen, dessen Druck die Wandsegmente in einem definierten, kleinen Abstand zu den Schaufelspitzen halten soll. Dabei muss sich ein Gleichgewicht zwischen innerer Gaskraft und äußerer Federkraft einstellen, das die Segmente in Balance hält. Ein solches System erscheint sehr störanfällig, schwer kalkulierbar und schwingungsgefährdet. Die Haltestruktur der Segmente ist dem Arbeitsgas ausgesetzt und somit ggf. thermisch hoch belastet, wobei sie auch eine erhebliche Wärmemenge zur Außenwand der Struktur leitet.

[0005] Die EP-B-0 616 113 betrifft eine Gasturbine und ein Verfahren zur Montage einer Dichtung in dieser Gasturbine. Aus dieser Patentschrift ist es u.a. bekannt, metallische Honigwaben als Einlaufbeläge für Labyrinthdichtungen zu verwenden. Die Waben sind einseitig auf einen flächigen, metallischen Träger gelötet, in der Regel in ringförmig geschlossener Geometrie, wobei ihre Öffnungen schneidenartigen, ringförmigen Dichtspitzen zugewandt sind. Das Verformungsverhalten der duktilen, dünnen, hochkant stehenden Wabenwände beschleunigt einen ggf. erforderlichen Einlaufvorgang und schont die Dichtspitzen. Die offene Struktur mit einer Vielzahl von Kammern erhöht die Dichtwirkung durch Strömungsumlenkung und -verwirbelung. Vorzugsweise im Flugzeug- und Bootsbau werden sandwichartige Leichtbaustrukturen verwendet, bei denen ein relativ dicker, leichter Kern mit einem hohen Leervolumenanteil, z.B. ein Wabenkern, beidseitig mit dünnen, hochfesten, geschlossenen Wänden verbunden und abgedeckt wird Bei Biegung einer solchen Struktur werden die Wände primär auf Zug oder Druck in ihrer Ebene belastet, der Kern überträgt die Kräfte von Wand zu Wand, insbesondere Schubkräfte. Die Wände sind bevorzugt in Faserverbundbauweise ausgeführt, mit dem Kern verklebt und hinsichtlich ihrer Dicke und mechanischen Eigenschaften zumindest vergleichbar.

[0006] Die DE-A-15 51 183 betrifft zusammengesetzte Dichtungsbauteile für Gasturbinentriebwerke. Derartige Bauteile werden in Fachkreisen auch als Mantelringe bzw. Liner bezeichnet und sind rund um Laufschaufelkränze angeordnet, insbesondere mit der Funktion der Laufschaufelspitzenabdichtung. Im Hinblick auf einfache Montage und ungehinderte Wärmedehnung sind die Liner meist segmentiert und unter Belassung von Dehnfugen angeordnet. Die Dichtungsbauteile nach dieser Offenlegungsschrift sind in Sandwichbauweise mit einem metallischen Wabenkern und mit diesen beidseitig abdeckenden, metallischen Wänden/Blechen ausgeführt, daher der Ausdruck "zusammengesetzt". Die innere, abreibbare Wand (Schicht 58') kann an den Kanten des Dichtungsbauteils abgewinkelt, bis zur äußeren Wand (hinteren Schicht 50') verlängert und mit letzterer durch Verlötung (60) verbunden sein (siehe Seite 9 ab achtletzter Zeile). Die Dichtungsbauteile bilden entweder gewölbte Segmente, wie in den Figuren dargestellt, oder vollständige Ringe (siehe Seite 10, Zeilen 1 bis 6). Im ersten Fall sind somit zwangsläufig die

Außen- und die Innenwand unterbrochen, d.h. segmentiert, im zweiten Fall ist keine der Wände segmentiert. Mit Ausnahme des Hinweises auf ein direktes Verlöten von Außen- und Innenwand im Kantenbereich gibt es keine Hinweise auf die Art der Verbindung zwischen den Wänden und dem Wabenkern. Wie aus den Figuren 2 bis 5 ersichtlich, ist die Außenwand mit Flanschen (52,53) versehen, um sie am Triebwerksgehäuse (11) aufhängen zu können. Somit ist die Außenwand (hintere Schicht) jedes Dichtungsbauteils keine Gehäusewand. Die Ausführung der Kernschicht ist auf Wabenmaterial beschränkt.

[0007] Ausgehend von dem genannten Stand der Technik besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Ringstruktur in Metallbauweise für den Laufschaufelbereich von axial durchströmten Verdichter- und Turbinenstufen zu schaffen, die sich durch eine hohe Maß- und Formgenauigkeit unter wechselnden Betriebsbedingungen und Temperaturen, eine hohe mechanische Lastaufnahmefähigkeit, eine gute thermische Isolationswirkung sowie eine minimale Arbeitsfluidleckage durch die Struktur auszeichnet und durch besonders kleine, sich wenig ändernde Spalte zu den Laufschaufelspitzen einen hohen Stufenwirkungsgrad bzw. eine hohe Stufenbelastung ermöglicht.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff.

[0009] Die Erfindung ist somit in der Kombination aus einer segmentierten Innenwand, einer geschlossenen, von einer Gehäusewand gebildeten, tragenden Außenwand, einer zwischen den Wänden angeordneten Verbindungsstruktur und aus deren stoffschlüssiger Integration durch Löten zu sehen. Die Verbindungsstruktur ist in an sich bekannter Weise als filigrane, leichte, praktisch den gesamten Hohlraum zwischen Innen- und Außenwand einnehmende Hohlkammerstruktur ausgeführt - beispielsweise als Honigwabenstruktur - und mit einer oder beiden Wänden durch Löten verbunden. Durch die "quasi-flächige" Verbindung der Wände ist es möglich, die Formgenauigkeit der tragenden Außenwand in allen Betriebszuständen der segmentierten Innenwand aufzuprägen. Ein Verwölben bzw. "Polygonisieren" der Innenkontur lässt sich so vermeiden. Die Lötverbindung ist durch ihren "flächigen Charakter" optimal hinsichtlich mechanischer Festigkeit sowie Dauerhaftigkeit und hat keinen negativen Einfluss auf das Werkstoffgefüge. Andererseits ist die filigrane Verbindungsstruktur elastisch genug, um thermische Dehnungen /Kontraktionen der Innenwandsegmente in Umfangsrichtung ohne kritische Zwangskräfte zuzulassen. Die Verbindungsstruktur wirkt thermisch isolierend, was durch ihren hohen Leervolumenanteil bedingt ist und durch die Auswahl ihres Werkstoffes ebenfalls beeinflussbar ist Somit nimmt die Innenwand etwa die meist hohe Temperatur des Arbeitsgases an, die Außenwand kann deutlich kühler gehalten werden, was günstig für ihre mechanischen Eigenschaften ist. Natürlich ist die Isolationswirkung auch gut für den thermodynamischen Wirkungsgrad der Maschine. Die filigrane Verbindungsstruktur ist in Umfangs- und Axialrichtung praktisch gasundurchlässig, so dass zusätzliche Dichtungsmaßnahmen entfallen. Die Leckage durch die wenigen, kleinen Dehnfugen der Innenwand ist dabei ohne jede Bedeutung. In den Unteransprüchen sind bevorzugte Ausgestaltungen der Gehäusestruktur gekennzeichnet.

[0010] Die Erfindung wird anschließend anhand der Figuren noch näher erläutert. Dabei zeigen in vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung:

Figur 1 einen Teillängsschnitt durch einen Verdichter im Bereich eines Leit- und eines Laufschaufelkranzes,
Figur 2 zwei nebeneinander gezeichnete Teilquerschnitte durch zwei unterschiedliche Gehäusestrukturen, und
Figur 3 drei nebeneinander gezeichnete Teilschnitte durch drei verschiedene Hohlkammerstrukturen.

[0011] Die Gehäusestruktur gemäß Figur 1 ist Teil eines Axialverdichters, der von links nach rechts durchströmt werden soll. Man erkennt den radial äußeren Teil einer Leitschaufel 21 sowie einer -deckbandlosen- Laufschaufel 20. Die Außenwand 3 der Gehäusestruktur erstreckt sich über beide Schaufelbereiche, wobei die Aufhängung der Leitschaufel 21 formschlüssig, d.h. konventionell ist. Die erfindungsgemäße Gehäusestruktur 1 befindet sich in der Figur rechts, d.h. im Bereich der Laufschaufel 20, und umfasst eine Innenwand 5, eine Hohlkammerstruktur 10 sowie den der Innenwand 5 gegenüberliegenden Teil der Außenwand 3, d.h. den rechten Teil bis zum Flansch. Die Innenwand 5 ist zur Schonung der Laufschaufelspitzen beim Anstreifen mit einem Einlaufbelag 9 versehen. Die Innenwand 5 einschließlich des Einlaufbelages 9 ist segmentiert, d.h. sie weist über den Umfang verteilt mehrere, zumindest vorwiegend axial verlaufende Dehnfugen 7 auf (siehe Fig. 2). Die Gehäusestruktur 1 stellt ein integrales Gebilde mit stoffschlüssiger Verbindung seiner Elemente 3, 5 und 10 dar. Die Hohlkammerstruktur 10 ist dabei mit der Außenwand 3 und mit der Innenwand 5 verlötet. Es ist ebenso möglich, die Hohlkammerstruktur mit einer der beiden Wände einstückig zu fertigen und danach mit der anderen Wand zu verlöten.

[0012] Figur 2 zeigt zwei unterschiedliche, erfindungsgemäße Gehäusestrukturen 1,2 im Teilquerschnitt, auf der rechten bzw. linken Seite einer vertikalen, strichpunktierten Linie in der Mitte der Zeichnung. Die rechte Gehäusestruktur 1 entspricht derjenigen aus Figur 1, wobei eine durch die Innenwand 5 und den Einlaufbelag 9 verlaufende Dehnfuge 7 zu erkennen ist.
Die linke Gehäusestruktur 2 unterscheidet sich von der rechten zunächst dadurch, dass ihre Innenwand 6 über die gesamte Dicke aus einem von den Schaufelspitzen

problemlos verformbaren bzw. abtragbaren Material besteht. Dieses kann ein poröses Metall ohne oder mit Einlagerungen von Kunststoff, Graphit oder anderen Stoffen sein, beispielsweise in Form einer gesinterten Struktur. Die Außenwand 4 und die Hohlkammerstruktur 11 weisen keine Besonderheiten gegenüber den entsprechenden Positionen 3 und 10 auf. Allerdings ist als spezielle, konstruktive Maßnahme ein sogenanntes "Casing Treatment" erkennbar, welches bei Verdichtern die Aerodynamik verbessern kann im Sinne einer Erhöhung des Wirkungsgrades bzw. der Pumpgrenze. Zu diesem Zweck ist die Innwand 6 mit gleichmäßig über den Umfang verteilten, geometrisch definierten Durchbrüchen 8 versehen. In der Hohlkammerstruktur 11 wirken Aussparungen 19 mit den Durchbrüchen 8 zusammen und bilden Rezirkulationskarnmern für einen Teil der Verdichterströmung im Schaufelspitzenbereich. In axialer Richtung erstrecken sich die Durchbrüche 8 und Aussparungen 19 stromaufwärts bis vor die Schaufeleintrittskanten, stromabwärts enden sie hinter der axialen Schaufelmitte und vor den Schaufelaustrittskanten. Dies ist dem Fachmann geläufig und daher nicht gesondert dargestellt. Die Aussparungen in der Hohlkammerstruktur müssen nicht zwingend radial bis zur Außenwand reichen. Es ist denkbar, die teilweise ausgesparte Hohlkammerstruktur mit einem Füllmaterial einzuebnen, d.h. strömungstechnisch zu glätten. Es kann auch günstig sein, die Längsmittelebenen der Durchbrüche und Aussparungen nicht radial, sondern in Umfangsrichtung geneigt zu orientieren. All dies ist für den Fachmann auch ohne gesonderte Darstellung klar.

[0013] Figur 3 zeigt beispielhaft drei verschiedene Hohlkammerstrukturen 12,13 und 14 in Schnitten parallel zur Innen- bzw. Außenwand der Gehäusestruktur. Links ist eine Honigwabenstruktur mit gleichseitigen, sechseckigen Waben zu sehen, deren zusammenhängende Wandelemente 15 somit geometrisch gleich groß sind und in 120°-Winkeln zueinander stehen.

Die mittlere Struktur 13 weist rechteckige Kammern auf, welche von kleineren Wandelementen 16 und größeren Wandelemente 17 in rechtwinkliger Anordnung begrenzt werden.

Die rechte Struktur 14 ähnelt der linken Struktur 12, jedoch haben bei 14 die Hohlkammern eine runde - statt einer sechseckigen - Form. Somit ergeben sich Wandelemente 18 mit örtlich unterschiedlicher Dicke. Die Hohlkammerstruktur 14 kann beispielsweise durch mechanisches oder elektrochemisches Bohren in einem zunächst dickwandigen Vollmaterial erzeugt werden. Bezogen auf die erfindungsgemäße Gehäusestruktur kann auf diese Weise die innere oder äußere Wand einstückig mit der Hohlkammerstruktur gefertigt werden, wobei die jeweils andere Wand durch Löten integriert wird. Die filigraneren Strukturen 12 und 13 werden eher separat aus Blechstreifen, Streckmetall o. ä. gefertigt.

Patentansprüche

1. Ringstruktur (1,2) in Metallbauweise für den Laufschaufelbereich von axial durchströmten Verdichter- und Turbinenstufen, insbesondere in Gasturbinentriebwerken, mit einer kreisringförmigen Außenwand (3,4), mit einer kreisringförmigen sowie in geringem radialem Abstand zu den Laufschaufelspitzen stehenden Innenwand (5,6) und mit einer zumindest in radialer Richtung lastübertragenden Verbindungsstruktur zwischen Innen- und Außenwand, wobei als Verbindungsstruktur eine sich zumindest über den Großteil der einander zugewandten Oberflächenbereiche von Innen- und Außenwand erstreckende, vielfach unterteilte Hohlkammerstruktur (10,11,12,13,14) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**
   dass die Außenwand (3,4) eine geschlossene, mechanisch stabile Gehäusewand der Verdichter- oder Turbinenstufe ist,
   dass die Innenwand (5,6) über ihren Umfang mehrfach durch axial oder vorwiegend axial verlaufende Dehnfugen (7) unterbrochen, d.h. segmentiert ist, und **dass** die Hohlkammerstruktur (10,11,12,13,14) mit der Innen- (5,6) und/oder mit der Außenwand (3,4) durch Löten verbunden ist.

2. Ringstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die segmentierte Innenwand (5) schaufelseitig mit einer Beschichtung in Form eines von den Laufschaufelspitzen bei Kontakt mechanisch verformbaren bzw. abtragbaren Einlaufbelages (9) versehen ist.

3. Ringstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die segmentierte Innenwand (6) vollständig, d.h. in ihrem gesamten Materialquerschnitt, als Einlaufbelag ausgeführt ist, vorzugsweise in Gestalt eines porösen Metallkörpers ohne oder mit Einlagerungen aus einem anderen Material, wie Kunststoff oder Kohlenstoff.

4. Ringstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die segmentierte Innenwand (6), abgesehen von den zumindest vorwiegend axial verlaufenden Dehnfugen (7), mit über ihren Umfang verteilten, geometrisch definierten Durchbrüchen (8) versehen ist, wobei die Hohlkammerstruktur (11) im Bereich der Durchbrüche (8) zurückgesetzt bzw. ausgespart (19) ist.

5. Ringstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlkammerstruktur (12) als Honigwabenstruktur ausgeführt ist.

6. Ringstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlkammerstruktur (14) als integraler Bestandteil der Innen-

(5,6) oder der Außenwand (3,4) durch abtragende Fertigung erzeugt ist, z.B. durch Fräsen, Bohren oder elektrochemisches Abtragen.

Claims

1. Annular metallic structure (1, 2) for the rotor blade area of axial through-flow compressor and turbine stages, in particular in gas turbine engines, having a circular outer wall (3, 4), with a circular inner wall (5, 6) a small radial distance away from the rotor blade tips, and with a connecting structure which is load-transferring at least in the radial direction between the inner and outer walls, such that as the said connecting structure a multiply-subdivided, hollow chamber structure (10, 11, 12, 13, 14) is arranged between and extends at least over most of the surface areas of the inner and outer walls that face one another,
characterised in that
the outer wall (3, 4) is a closed, mechanically stable housing wall of the compressor or turbine stage,
the inner wall (5, 6) is interrupted, i.e. segmented over its circumference by a plurality of axially or substantially axially extending expansion joints (7), and the hollow chamber structure (10, 11, 12, 13, 14) is connected to the inner wall (5, 6) and/or to the outer wall (3, 4) by brazing.

2. Annular structure according to Claim 1,
characterised in that
on the side facing the blades the segmented inner wall (5) is provided with a coating in the form of an inlet lining (9) that can be mechanically deformed or abraded on contact with the rotor blade tips.

3. Annular structure according to Claim 1,
characterised in that
the segmented inner wall (6) is made completely, i. e. throughout its material cross-section, as an inlet lining, preferably designed as a porous metallic body with or without inclusions of another material such as plastic or carbon.

4. Annular structure according to Claims 1 to 3,
characterised in that
apart from the at least substantially axially extending expansion joints (7), the segmented inner wall (6)is provided with geometrically defined perforations (8) distributed around its circumference, and in the area of the said perforations (8) the hollow chamber structure (11) is set back or recessed (19).

5. Annular structure according to any of Claims 1 to 4,
characterised in that
the hollow chamber structure (12) is made as a honeycomb structure.

6. Annular structure according to any of Claims 1 to 5,
characterised in that
the hollow chamber structure (14) is produced as an integral part of the inner wall (5, 6) or the outer wall (3,4) by a material-removing production method, for example by milling, drilling or electrochemical machining.

Revendications

1. Structure de virole métallique (1, 2) pour la zone d'aubes mobiles d'étages de compresseurs et de turbines traversés axialement, en particulier dans des groupes motopropulseurs de turbines à gaz, comprenant une paroi extérieure (3, 4) de forme annulaire circulaire, une paroi intérieure (5, 6) de forme annulaire circulaire et se trouvant à faible distance radiale par rapport aux extrémités des aubes mobiles, et une structure d'assemblage transmettant les charges, au moins dans le sens radial, entre la paroi intérieure et la paroi extérieure, où une structure à chambres creuses (10, 11, 12, 13, 14) subdivisée de façon multiple - servant de structure d'assemblage - est disposée en s'étendant au moins sur la majeure partie des zones de surface, tournées l'une vers l'autre, de la paroi intérieure et de la paroi extérieure,
caractérisée

- **en ce que** la paroi extérieure (3, 4) est une paroi d'enveloppe fermée, mécaniquement stable, de l'étage des compresseurs ou des turbines,
- **en ce que** la paroi intérieure (5, 6), sur sa circonférence, est interrompue - c'est-à-dire segmentée
- à plusieurs reprises par des joints de dilatation (7) s'étendant de façon axiale ou principalement de façon axiale, et
- **en ce que** la structure à chambres creuses (10, 11, 12, 13, 14) est assemblée par brasage à la paroi intérieure (5, 6) et/ou à la paroi extérieure (3, 4).

2. Structure de virole selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la paroi intérieure segmentée (5) est dotée, côté aubes, d'une couche mince se présentant sous la forme d'un revêtement d'entrée (9) pouvant être déformé ou enlevé des extrémités des aubes, mécaniquement, par contact.

3. Structure de virole selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la paroi intérieure segmentée (6) est réalisée complètement, c'est-à-dire dans la totalité de sa section de matériau, comme un revêtement d'entrée, de préférence sous la forme d'un corps métallique poreux, avec ou sans inclusions

d'une autre matière telle que de la matière plastique ou du carbone.

4. Structure de virole selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la paroi intérieure segmentée (6), indépendamment des joints de dilatation (7) s'étendant au moins principalement de façon axiale, est dotée de percées (8) géométriquement définies et réparties sur sa circonférence, où la structure à chambres creuses (11), dans la zone des percées (8), est placée en retrait ou évidée (19).

5. Structure de virole selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** la structure à chambres creuses (12) est réalisée comme une structure en nid d'abeilles.

6. Structure de virole selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** la structure à chambres creuses (14), en tant que pièce de structure intégrée de la paroi intérieure (5, 6) ou de la paroi extérieure (3, 4), est produite en procédant par enlèvement, par exemple par fraisage, par perçage ou par enlèvement électrochimique.

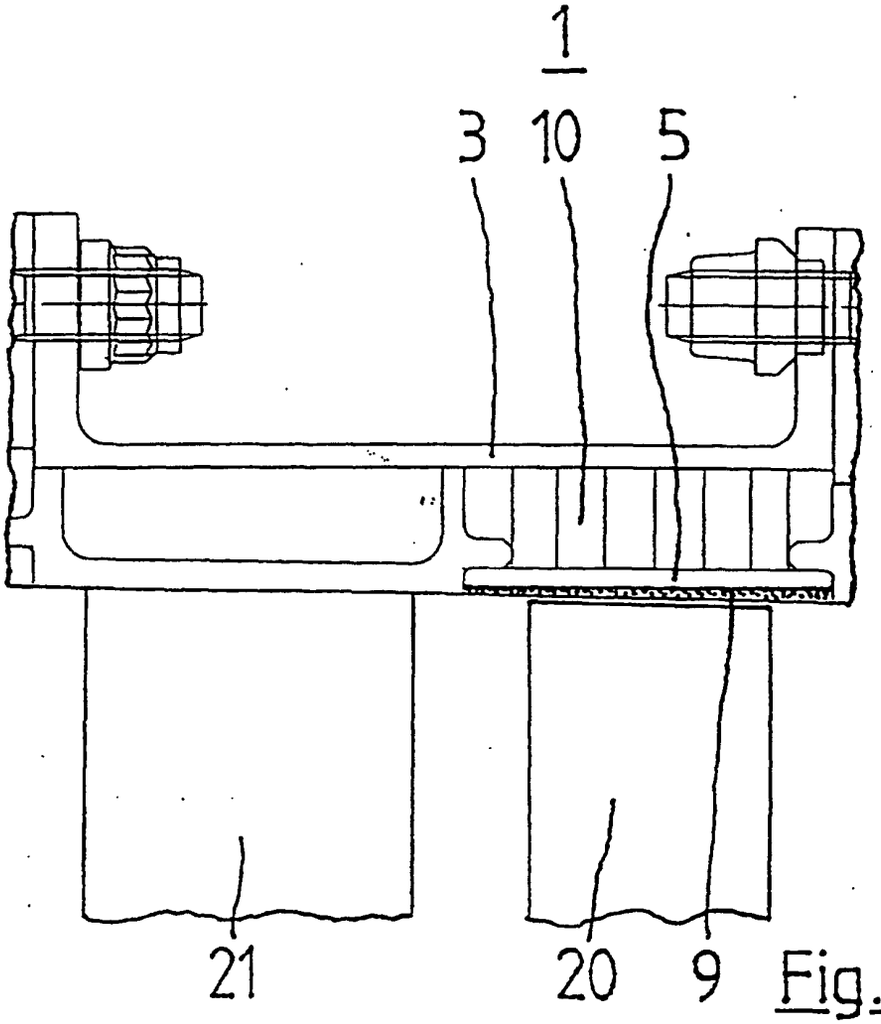


Fig.1

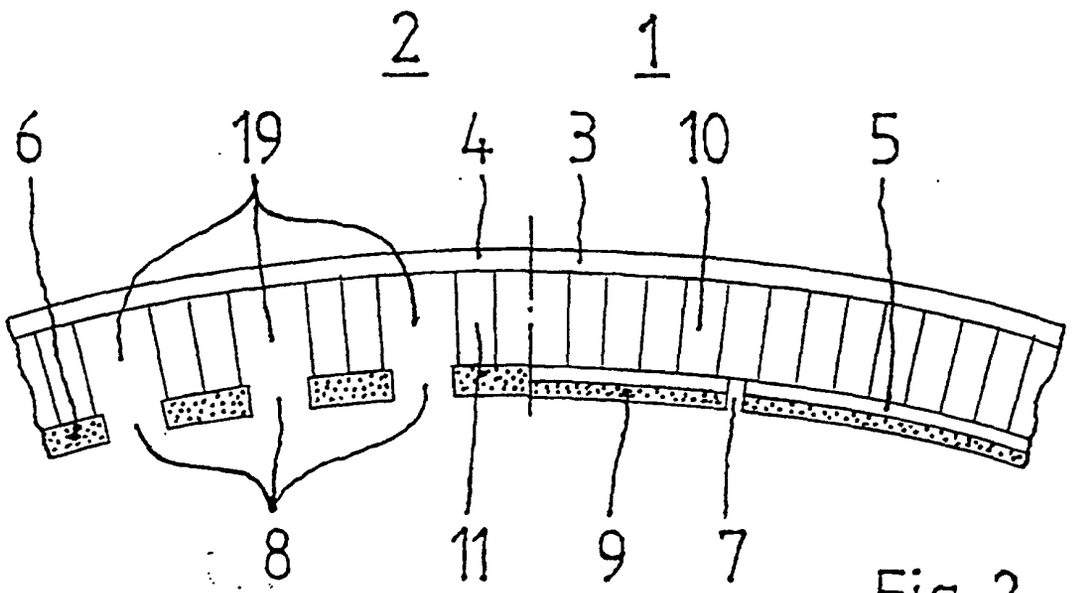


Fig.2

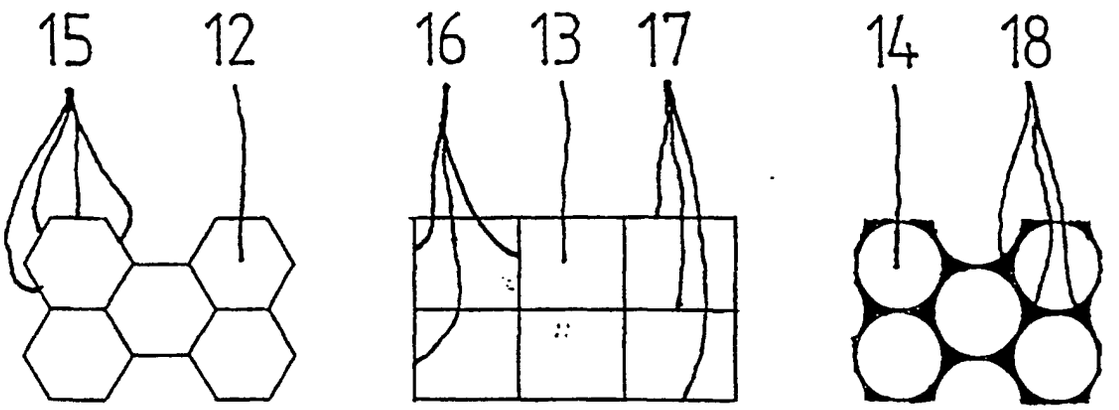


Fig.3