



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 22 443 T2 2005.04.07**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 965 731 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 22 443.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 304 138.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **27.05.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.12.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.12.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.04.2005**

(51) Int Cl.⁷: **F01D 21/04**

F01D 25/24, F02C 7/04

(30) Unionspriorität:

9812992 17.06.1998 GB

(73) Patentinhaber:

Rolls-Royce plc, London, GB

(74) Vertreter:

G. Koch und Kollegen, 80339 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, SE

(72) Erfinder:

**Sathianathan, Sivasubramaniam
Kathirgamathamby, Burton-on-Trent, GB; Lawson,
Michael Rayner, Derby, GB; Charadva, Sunil
Vanmali, Leicester, GB**

(54) Bezeichnung: **Berstschutzring für eine Gasturbine**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf die Ausbildung von Berstschutzringen für Gasturbinentriebwerke. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf die Ausbildung von Berstschutzringen, die dazu dienen, eine Fanschaufel innerhalb des Triebwerks aufzunehmen, wenn eine Fanschaufel bricht.

[0002] Turbofan-Gasturbinentriebwerke sind gewöhnlich mit einem Fan-Rotor im vorderen Teil des Triebwerks ausgerüstet. Der Rotoraufbau besteht aus einer Rotorscheibe und einer Anzahl von Fan-Rotor-Laufschaukeln. Die Fan-Rotor-Laufschaukeln erstrecken sich von der Scheibe über einen Strömungspfad für die Arbeitsmittelgase nach außen. Diese Laufschaukeln sind stärker gewölbt und beträchtlich größer als die Laufschaukeln der Axialströmungs-Kernkompressoren und der Turbinen, die bei diesen Triebwerken benutzt werden.

[0003] Die Fan-Rotor-Laufschaukeln werden mit hohen Drehzahlen um eine Drehachse angetrieben, um in einer ersten Stufe die Arbeitsmittelgase zu verdichten und einen Antriebsschub zu erzeugen. Dabei können Fremdkörper, beispielsweise Vögel, Hagelkörner oder andere Gegenstände, die gelegentlich in das Triebwerk zusammen mit den Arbeitsmittelgasen eingesaugt werden, eine Laufschaufel derart treffen, dass die Schaufel im Schaufelfußbereich der Fan-Laufschaufel dort bricht, wo sie an der Rotorscheibe festgelegt ist. Die Laufschaufel kann auch aus anderen Gründen im Schaufelfußbereich brechen. Bei einem derartigen Bruch einer Rotorlaufschaufel kann diese von dem Rotoraufbau mit einer beträchtlichen Energie und mit hoher Geschwindigkeit nach außen geschleudert werden.

[0004] Wegen der großen Abmessungen der Fan-Laufschaukeln und wegen der hohen Geschwindigkeiten mit denen sie bei einem Bruch freigesetzt werden, bilden Fan-Laufschaukeln ein schwerwiegendes Problem im Hinblick auf einen Berstschutz. Es ist klar, dass es erwünscht ist, eine abgeschleuderte Fanschaufel innerhalb des Triebwerks zu behalten, so dass eine weitere Beschädigung des Flugzeugs oder umgebender Objekte nicht erfolgen kann.

[0005] Eine bekannte Ausbildung eines Berstschutzrings ist in der US-A-4,417,848 beschrieben. Gemäß dieser Patentschrift umgibt ein ringförmiger Berstschutzring die äußeren Teile der Fanschaufeln. Die Dicke dieses Rings vergrößert sich axial in Richtung nach hinten, so dass der Berstschutzring eine maximale Dicke hinter einer Ebene besitzt, die den Mittelsehnenpunkt der Rotorscheiben durchläuft. Diese Vergrößerung in der Dicke verstärkt selektiv den Ring gegen einen vorhersehbaren Aufschlag von Schaufelfragmenten derart, dass die Schaufel den

Ring nicht durchdringen kann und in diesem aufgehalten wird.

[0006] Ein Problem bei dieser Ausbildung besteht darin, dass die Dicke des Berstschutzrings beträchtlich sein muß und dieser Dickenbereich sich über einen großen Teil des Rings erstrecken muß, damit dieser den großen Fanschaufeln und/oder den hohen Aufschlag-Geschwindigkeiten widerstehen kann. Dies erhöht in unerwünschter Weise beträchtlich das Gewicht des Triebwerkgehäuses. Weiter ist eine solche Ausbildung eines Berstschutzrings nicht optimal und kann weiter verbessert werden.

[0007] Es ist daher erwünscht einen Berstschutzring herzustellen, der die vorerwähnten Probleme löst und/oder Verbesserungen allgemeiner Art für derartige Berstschutzringe schafft.

[0008] Die US-A-52529724 beschreibt ein Fanggehäuse aus einer Stahlstruktur, die als erste Berstschutzstruktur wirkt und die Fanschaufeln umschließt. Das Fanggehäuse scheint eine Rippe benachbart zu den Vorderkanten der Fanschaufeln und eine Rippe benachbart zu den Hinterkanten der Fanschaufeln aufzuweisen. Die Rippen erstrecken sich radial nach außen und in Umfangsrichtung um das Fanggehäuse. Eine der Rippen ist im Querschnitt T-förmig ausgebildet.

[0009] Die US 5486086 beschreibt ein Fan-Berstschutzgehäuse, das die Fanschaufeln umschließt. Eine äußere Hülse erstreckt sich um das Fan-Berstschutzgehäuse, um eine Kammer oder einen Ruhebereich zu bilden, der einen Honigwabenaufbau besitzt. Ein ballistisches Material ist um den Honigwabenaufbau herum angeordnet, um eine abgeschleuderte Fanschaufel in der Kammer zu halten. Das Fan-Berstschutzgehäuse besitzt axial und in Umfangsrichtung verlaufende Rippen, um die Ausbreitung von Rissen in Umfangsrichtung und in Axialrichtung zu begrenzen, wenn das Fan-Berstschutzgehäuse durchschlagen wird. Die Rippen sind im Querschnitt nicht T-förmig und haben eine Höhe von dem 8- bis 10-fachen der Dicke des Gehäuses und die Rippen verhindern nicht, dass eine abgeschleuderte Fanschaufel das Gehäuse durchschlägt.

[0010] Die US-A-5403148 beschreibt einen Fan-Berstschutzring, der die Fanschaufeln umschließt. Der Fan-Berstschutzring hat eine mechanische und strukturelle Ausbildung derart, dass eine schwerwiegende Beschädigung vermindert wird. Der hintere Abschnitt des Fan-Berstschutzrings scheint Vorsprünge zu besitzen, die sich radial hiervon nach außen erstrecken. Die Vorsprünge sind im Querschnitt nicht T-förmig ausgebildet.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung betrifft diese einen Berstschutzring für ein Gasturbinentrieb-

werk mit einer im wesentlichen starren Gehäusehülse, die im Betrieb coaxial zu einer Drehachse des Gasturbinenriebwerks liegt, und sich in Umfangsrichtung um einen Aufbau von Fan-Rotorschaukeln, die sich um die Triebwerksachse drehen, und um einen Bereich mit vorhersehbar Schaufel-Aufschlag im Fall eines Fanschaufelbruchs erstreckt, wobei wenigstens zwei Verstärkungsrippen vorgesehen sind, die im wesentlichen radial von der Gehäusehülse vorstehen und den äußeren Umfang der Gehäusehülse umschließen, und wobei die erste Rippe coaxial um die Gehäusehülse zwischen einer senkrecht zur Gehäuseachse durch die Arbeitspositionen der Hinterkantenränder der Fanschaufeln verlaufenden Ebene, und einer Ebene positioniert ist, die senkrecht zur Gehäuseachse steht und durch die Arbeitspositionen der mittleren Sehnenpunkte der Fanschaufeln verläuft, wobei die zweite Rippe coaxial um die Gehäusehülse zwischen der Ebene, die durch die Arbeitspositionen der mittleren Sehnenpunkte der Fanschaufeln verläuft und einer Ebene positioniert ist, die senkrecht zur Gehäuseachse steht und durch die Arbeitspositionen der Vorderkanten der Fanschaufeln verläuft, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Rippen einen allgemein T-förmigen Querschnitt besitzt und jede Rippe einen sich im wesentlichen radial erstreckenden Stegabschnitt und einen Randabschnitt aufweist, wobei das Verhältnis der axialen Breite des Verstärkungsrippen-Randabschnitts zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zur Arbeitsposition der Hinterkantenabschnitte der Fanschaufeln in einem Bereich zwischen 1 und 6 liegt, und wobei das Verhältnis der radialen Höhe des Verstärkungs-Stegabschnitts von der Gehäusehülse zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zur Arbeitsposition der Hinterkantenabschnitte der Fanschaufeln in einem Bereich zwischen 1 und 6 liegt, und wobei das Verhältnis der Dicke des Verstärkungsrippen-Randabschnitts zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu der Arbeitsposition der Hinterkantenabschnitte der Fanschaufeln in einem Bereich zwischen 0,4 bis 2,0 liegt, und wobei das Verhältnis der axialen Dicke des Verstärkungsrippen-Stegabschnitts zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zur Arbeitsposition der Hinterkantenabschnitte der Fanschaufeln in einem Bereich zwischen 0,4 und 2,0 liegt.

[0012] Die Rippen verstärken und versteifen selektiv die zylindrische Hülse des Berstschutzringes, wodurch die Hülse verstärkt wird. Die Benutzung von Rippen ist sehr viel wirksamer als eine einfache Erhöhung der Dicke der Hülse. Infolgedessen kann die Hülse aus einem dünneren Abschnitt bestehen, als es der Fall wäre ohne Anordnung von Rippen, so dass eine leichtere, mehr optimale Berstschutzringstruktur geschaffen wird. Außerdem verteilen die Rippen die Stoßenergie einer abgeschleuderten Fanschaufel über einen größeren Bereich des Berstschutzringes, so dass das Gehäuse in die Lage ver-

setzt wird, die Stoßenergie einer abgeschleuderten Fanschaufel besser zu absorbieren.

[0013] Die Positionierung der Rippen ergibt eine Verstärkung des Berstschutzringes, wo es erforderlich ist, und dadurch kann die Dicke des Rings in anderen Bereichen verringert werden. Dadurch ergibt sich eine verbesserte gewichtsmäßig leichtere Ausbildung.

[0014] Vorzugsweise ist eine dritte Rippe vorgesehen und diese dritte Rippe ist so angeordnet, dass sie axial um den Ring vor einer Ebene senkrecht zur Gehäuseachse liegt, die durch die Arbeitspositionen der Vorderkanten der Fanschaufeln verläuft.

[0015] Weiter liegt das Verhältnis zwischen radialer Dicke des Rings im Bereich der Verstärkerrippen und der Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Hinterkantenabschnitte der Fanschaufeln in dem Bereich zwischen 0,4 und 2,0.

[0016] Das Verhältnis der Dicke der Gehäusehülse axial hinter den Arbeitspositionen der Fanschaufeln zu der Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Fanschaufeln liegt in einem Bereich zwischen 0,5 und 1,5.

[0017] Vorzugsweise liegt das Verhältnis von Dicke der Gehäusehülse axial hinter der Arbeitsposition der Fanschaufeln zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Fanschaufeln in einem Bereich zwischen 0,4 und 1,5.

[0018] Vorzugsweise liegt das Verhältnis zwischen Dicke der Gehäusehülse axial hinter dem Bereich der Gehäusehülse des vorhersehbaren Hauptschaufelwurzelbruchs im Fall eines Schaufelbruchs zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Fanschaufeln in einem Bereich zwischen 0,3 und 1,5.

[0019] Es kann ein Fan-Fänger bestehend aus einem Flansch, der radial nach innen von einer inneren Oberfläche der Gehäusehülse vorsteht, vorgesehen werden. Der Fan-Fänger ist axial bis zur Hälfte einer Sehnenlänge der Fanschaufeln vor einer Ebene angeordnet, die senkrecht zur Gehäuseachse steht und die Arbeitspositionen der Vorderkanten der Fanschaufeln durchsetzt.

[0020] Das Verhältnis der Dicke der Gehäusehülse vor dem Fan-Fänger zu der radialen Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Hinterrandabschnitte der Fanschaufel, kann im Bereich zwischen 0,25 und 0,75 liegen.

[0021] Vorzugsweise liegt das Verhältnis von Dicke der Gehäusehülse vor dem Fan-Fänger zu der radia-

len Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Hinterkantenabschnitte der Fanschaufeln, im Bereich zwischen 0,1 und 0,75.

[0022] Die dritte Rippe kann zwischen einer Ebene, die durch die Vorderkanten der Fanschaufeln läuft und einem Punkt bis zur halben Sehnenlänge der Fanschaufeln vor den Vorderkanten der Fanschaufeln angeordnet sein.

[0023] Vorzugsweise liegt die erste Rippe benachbart zu den Hinterkanten der Fanschaufeln, die zweite Rippe liegt benachbart zu den mittleren Sehnenpunkten der Fanschaufeln und die dritte Rippe ist benachbart zu den Vorderkanten der Fanschaufeln angeordnet.

[0024] Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

[0025] Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Turbofan-Gasturbinentriebwerks, das im Bereich des Fangehäuses aufgebrochen ist, um schematisch ein Ausführungsbeispiel der Erfindung darzustellen;

[0026] Fig. 2 ist eine in größerem Maßstabe gezeichnete Schnittansicht des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1;

[0027] Fig. 3 ist eine der Fig. 2 entsprechende Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

[0028] Wie in der Zeichnung dargestellt, weist das Turbofan-Gasturbinentriebwerk **10** in Strömungsrichtung hintereinander einen Fan **12**, einen Zwischendruck-Kompressor **14**, einen Hochdruckkompressor **15**, eine Verbrennungseinrichtung **16** und eine Hochdruckturbine **17**, eine Zwischendruckturbine **18** und eine Niederdruckturbine **19** auf. Das Triebwerk **10** endet in einer Schubdüse **20**. Ein primärer Strömungspfad **7** für die Arbeitsmittelgase erstreckt sich nach hinten durch den Fan **12**, die Kompressoren **14**, **15**, die Verbrennungseinrichtung **16**, die Turbinen **17**, **18**, **19** und die Düse **20**. Ein sekundärer Strömungspfad **8**, radial außerhalb des primären Strömungspfades **7**, erstreckt sich von dem Fan **12** innerhalb des Fankanals **21** nach hinten.

[0029] Der Fan **12**, die Kompressoren **14**, **15** und die Turbinen **17**, **18**, **19** sind sämtlich als Axialströmungsmaschinen in herkömmlicher Weise ausgebildet, und sie weisen ringförmige Anordnungen von Rotorschaukeln auf, die an einer Scheibe oder einer Trommel festgelegt sind, um eine Anzahl von Rotoraufbauten zu schaffen. Im Betrieb drehen sich dieser Fan **12**, die Kompressoren **14**, **15** und die Turbinen **17**, **18**, **19** um eine gemeinsame Achse **1**, wobei die Hochdruckturbine **17** antriebsmäßig mit dem

Hochdruckkompressor **15**, die Zwischendruckturbine **18** antriebsmäßig mit dem Zwischendruckkompressor **14** und die Niederdruckturbine **19** antriebsmäßig mit dem Fan **12** verbunden ist. Nicht dargestellte Wellen werden benutzt, um die jeweiligen Antriebsverbindungen zwischen den jeweiligen Turbinen **17**, **18**, **19** und den Kompressoren/dem Fan **14**, **15**, **12** herzustellen. Die im Betrieb erforderliche Energie zum Antrieb des Fan **12** und der Kompressoren **14**, **15** wird durch den Hochenergiegasstrom geliefert, der innerhalb der Verbrennungseinrichtung **16** erzeugt wird, indem Brennstoff in Luft verbrannt wird, die durch die stromaufwärtigen Kompressoren **14**, **15** und den Fan **12** verdichtet wurde.

[0030] Der Fanmantel **21** ist radial außerhalb des Fan **12** vorgesehen und mit dem übrigen Triebwerk über in der Zeichnung nicht dargestellte radial verlaufende Streben verbunden. Innerhalb des Fanmantels **21** ist ein im wesentlichen zylindrischer Berstschutzring **22** radial außerhalb des Fan **12** angeordnet. Der Berstschutzring **22** ist so angeordnet, dass im Fall eines Bruchs einer Schaufel **12'** die abgeschleuderte Schaufel **12'** innerhalb des Triebwerks **10** gehalten wird, oder es wird die Energie der abgeschleuderten Schaufel **12'** auf einen annehmbaren Wert verringert.

[0031] Auf der inneren Oberfläche des Rings **22**, radial zwischen den Spitzen der Fanschaufeln **12'** und dem Ring **22** befindet sich ein Abstandshalter **38**. Dieser besteht aus einer von Gewicht leichten Honigwabenstruktur. Der Abstandshalter **38** vermindert einen Leckstrom des Arbeitsfluid über die Spitzen der Fanschaufeln **12'**, indem der Zwischenraum zwischen den Spitzen der Fanschaufeln **12'** und dem Ring **22** ausgefüllt wird. Ein solcher Zwischenraum ist erforderlich, um zu gewährleisten, dass beim normalen Lauf des Fan **12** dieser den Ring **22** auch in Folge eines thermischen und zentrifugalen radialen Wachstums der Schaufeln **12'** nicht berührt. In diesem Zusammenhang ist eine Abriebschicht **36** auf der radial inneren Oberfläche des Abstandshalters **38** angeordnet, damit sich die Spitzen des Fan **12** ihren Zwischenraumpfad durch den Abstandshalter **38** einschneiden können. Der Abstandshalter **38** besitzt jedoch eine geringe Festigkeit und im Fall eines Bruchs einer Schaufel **12'** unterstützt er das Auffangen der Fanschaufel **12'** nur in geringem Maß. Eine abgeschleuderte Fanschaufel **12'** wird daher direkt durch den Abstandshalter **38** auf den Berstschutzring **22** auftreffen.

[0032] Die Konstruktion eines geeigneten Berstschutzrings **22** basiert auf einem Verständnis des Bruchs einer Fanschaufel **12'**, auf der voraussichtlichen Energie, die eine derartige abgeschleuderte Schaufel **12'** haben wird, auf dem wahrscheinlichen Trajektor einer derartigen abgeschleuderten Schaufel **12'** und auf einer Analyse des Zusammenwirkens zwischen abgeschleudeter Schaufel **12'** und Berst-

schutzring **22**. Ein derartiges Verständnis wird von analytischen Modellen und aus experimentellen Ergebnissen abgeleitet.

[0033] Der Berstschutzring **22** besteht aus einer allgemein zylindrischen Hülse **24**, die im wesentlichen koaxial mit der Triebwerksachse **1** angeordnet ist. Der Ring **22** kann aus irgendeinem Metall, beispielsweise aus Aluminium, aus Stahllegierungen oder Titan bestehen, wie dies üblicherweise zur Erzeugung bekannter Berstschutzringe **22** benutzt wird.

[0034] Der Berstschutzring **22** kann funktionell in drei getrennte Zonen aufgeteilt werden, nämlich eine Hauptberstschutzzone **30**, eine Schaufelfuß-Auftreffzone **34** und eine vordere Zone **32**. Die Hauptberstschutzzone **30** liegt im Bereich des Fan **12**, wo voraussichtlich der Hauptaufschlag einer abgeschleuderten Fanschaufel **12'** auftreten wird. Die Schaufelfuß-Aufprallzone **34**, wo voraussichtlich der Schaufelfußabschnitt einer abgeschleuderten Fanschaufel **12'** den Ring **22** trifft, erstreckt sich stromab der Hauptberstschutzzone **34**, stromab der Laufposition des Fan **12**. Die vordere Zone **32** ist jener Teil des Rings **22** stromauf der Hauptberstschutzzone **30**. Es ist klar, dass der Ring **22** nicht nur eine abgeschleuderte Fanschaufel **12'** aufnimmt, sondern auch eine strukturelle Abstützung für andere Teile des Triebwerks **10** bewirkt.

[0035] Die äußere Umfangsfläche des Rings **22** innerhalb der Hauptberstschutzzone **30** wird von drei Verstärkungsrippen oder -flanschen **2**, **4**, **6** umschlossen. Diese Rippen **2**, **4**, **6** sind integral mit der Ringhülse **24** hergestellt und jede Rippe weist einen Steg **42**, der radial von der Gehäusehülse **24** vorsteht und einen Randabschnitt **40** am radial distalen Ende des Stegabschnitts **24** auf. Der Randabschnitt **40** liegt allgemein senkrecht zu dem Stegabschnitt **42** und erstreckt sich axial nach beiden Seiten des Stegabschnitts **42**, so dass die Rippen **2**, **4**, **6** einen allgemein T-förmigen Querschnitt besitzen, wie dies aus **Fig. 2** ersichtlich ist.

[0036] Die erste Rippe **2** liegt axial um den Gehäuse ring **22** in einem Bereich, der durch die Dimension L_1 gekennzeichnet ist, zwischen einer Ebene **50**, die senkrecht zur Triebwerksachse **1** liegt und die Hinterkante **47** der Fanschaufeln **12'** durchsetzt, und einer ähnlichen Ebene **48**, die den mittleren Sehnenpunkt **45** der Fanschaufeln **12'** durchsetzt. Der mittlere Sehnenpunkt ist als Mittelpunkt der Sehne zwischen der Vorderkante **49** und der Hinterkante **47** der Fanschaufel **12** definiert. Die zweite Rippe **4** ist axial um den Gehäuse ring **22** in einem Bereich gelegt, der durch die Dimension L_2 gekennzeichnet ist, und zwar zwischen der Ebene **48**, die durch den mittleren Sehnenpunkt **45** der Schaufeln **12** führt und einer ähnlichen Ebene **46**, die durch die Vorderkante **49** der Fanschaufeln **12'** läuft. Die dritte Rippe **6** ist in einem

Bereich angeordnet, der durch die Dimension L_3 gekennzeichnet ist; und dieser Bereich liegt zwischen der Ebene **46**, die durch die Vorderkante **49** der Fanschaufeln **12'** läuft und einem Punkt bis zur Hälfte einer Sehnenlänge der Schaufeln vor der Vorderkante der Fanschaufeln **12'**. Im typischen Fall bis zu 130 mm vor der Vorderkante der Fanschaufeln **12'**.

[0037] Die Positionen des mittleren Sehnenpunkts **45** der Schaufeln **12**, der Vorderkante **49** und der Hinterkante **47** der Fanschaufeln **12'**, wie sie benutzt werden, um die axialen Stellen der Verstärkungsrippen **2**, **4**, **6** am Gehäuse ring zu definieren, sind jene die durch den Fan **12** im Betrieb eingenommen werden. Außerdem werden all diese Positionen **45**, **47**, **49** zum Zweck der Lokalisierung der Verstärkungsrippen **2**, **4**, **6** sämtlich als jene Positionen definiert, die sich an den radial äußeren Spitzen **23** der Schaufeln **12'** finden. Es ist klar, dass die Gehäuse ringkonstruktion auf Gasturbinentriebwerke angewandt werden kann, die von einer unterschiedlichen Bauart der Fanschaufeln **12'** sind. Beispielsweise kann die Erfindung in Verbindung mit Triebwerken benutzt werden, die gepfeilte Fanschaufeln aufweisen, bei denen die Positionen von mittlerem Sehnenpunkt **45**, Nachlaufkante **47** und Vorderkante **49** sich über die radiale Länge der Schaufeln ändern. Die Fanschaufeln **12'** können auch von der üblichen Bauart oder der Bauart mit breiter Sehne sein und sie können entweder hohl ausgebildet sein oder massiv.

[0038] Wie aus den **Fig. 2** und **3** ersichtlich sind die Rippen **2**, **4**, **6** im typischen Fall axial aufeinanderfolgend angeordnet, wobei die erste Rippe **2** benachbart zur Hinterkante **47** der Fanschaufeln **12'**, die zweite Rippe **4** benachbart zum mittleren Sehnenpunkt **45** der Schaufeln **12** der Fanschaufeln **12'** und die dritte Rippe **6** benachbart zur Vorderkante **49** der Fanschaufeln **12'** liegt.

[0039] Die Dicke t_w der Stegteile **42** der Rippen **2**, **4**, **6**, die Höhe h der Rippen **2**, **4**, **6**, die axiale Breite w der Randabschnitte **40** der Rippen **2**, **4**, **6** und die Dicke d der Randabschnitte **40** sind auf die Dicke t_1 , t_2 , t_3 der Gehäusehülse **24** im Bereich der Rippen **2**, **4**, **6** bezogen. Die Abmessungen t_w , w und d sowie h sind in **Fig. 2** und **3** für die anderen Rippen **4** und **6** der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellt. Die Dicke der Gehäusehülse **24** innerhalb der Hauptberstschutzzone **30** und im Bereich der Rippen **2**, **4**, **6** wird ebenfalls optimiert und verändert. Diese Dimensionen sind sämtlich optimiert und sie liegen innerhalb der folgenden Verhältnisse: $t_2 : t_1 = 0,4$ bis $2,0$; $t_3 : t_1 = 0,4$ bis $2,0$; $t_w : t_1 = 0,4$ bis $2,0$; $d : t_1 = 0,4$ bis $2,0$ und $h : t_1 = 1,0$ bis $6,0$; $w : t_1 = 1,0$ bis $6,0$.

[0040] Um zu gewährleisten, dass eine abgeschleuderte Fanschaufel **12'** das Ringgehäuse **22** wie vorgesehen innerhalb der Hauptberstschutzzone **30** trifft, kann ein Fan-Fänger **26** stromauf der Vorder-

kante **49** des Fan **12** angeordnet werden. Der Fan-Fänger **26** definiert das axial stromaufwärtige Ende der Hauptberstschutzzone **30**. Der Fan-Fänger **26** verhindert oder verringert die Gefahr, dass eine abgeschleuderte Fanschaufel **12'** sich axial stromauf bewegt, nachdem die abgeschleuderte Fanschaufel **12'** den Ring **22** getroffen hat. Die Benutzung eines solchen Fan-Fängers **26** ist im einzelnen in UK-Patent 1,369,229 beschrieben. Wie in **Fig. 2** dargestellt, kann der Fan-Fänger **26** die Form eines Hakens haben und aus einem im wesentlichen L-förmigen Flansch bestehen, der sich radial von der inneren Oberfläche des Gehäuse **22** nach innen erstreckt und über den inneren Umfang verläuft. Stattdessen kann der Fan-Fänger **26a** aus einem einfachen radial nach innen stehenden Flansch bestehen, wie dies in **Fig. 3** dargestellt ist.

[0041] Innerhalb der vorderen Zone **32** vor dem Fan-Fänger **26** und der Hauptberstschutzzone **30** kann die Dicke t_6 der Gehäusehülse **24** vermindert werden, damit sie in das Verhältnis zwischen $t_6 : t_1 = 0,25$ bis $0,75$ fällt. Eine weitere Prüfung und Analyse hat ergeben, dass $t_6 : t_1$ vorzugsweise innerhalb des Verhältnisses von $t_6 : t_1 = 0,1$ bis $0,75$ liegen sollte. Durch Verminderung der Dicke t_6 der Gehäusehülse **24** in diesem Bereich wird nicht nur das Gesamtgewicht des Gehäuserings **22** vermindert, sondern auch die Belastung und Auslenkung am Fan-Fänger **26** und am stromaufwärtigen Abschnitt der Hauptberstschutzzone **30** wird vermindert.

[0042] Innerhalb der Schaufelfußauftreffzone **34** wird die Dicke t_4, t_5 der Gehäusehülse **24** auf im wesentlichen den gleichen Wert optimiert, wie in der Hauptberstschutzzone **30**, mit einer Gehäusehülse-dicke t_4, t_5 mit einem Verhältnis von $t_4 : t_1 = 0,5$ bis $1,5$ und $t_5 : t_1 = 0,5$ bis $1,5$. Die Dicke t_4, t_5 der Gehäusehülse vermindert sich im typischen Fall in Richtung stromab, wie in den **Fig. 2** und **3** dargestellt ist. Weitere Versuche und Analysen haben gezeigt, dass $t_4 : t_1$ vorzugsweise im Verhältnis von $t_4 : t_1 = 0,4$ bis $1,5$ liegen sollte. Weiter stromab, weg von dem Bereich des Auftreffens des Schaufelfußes, kann das Gehäuse dünner gestaltet werden, mit einem Verhältnis von $t_5 : t_1 = 0,3$ bis $1,5$. Es können auch Rippen innerhalb dieser Zone **34** vorgesehen werden, um selektiv den Gehäusering **22** zu verstärken, damit dieser dem Aufprall eines abgeschleuderten Fanschaufelfußes **12'** widerstehen kann. Jedoch ist die dem Fanschaufelfuß **12'** Aufschlag zugeordnete Energie beträchtlich kleiner als jene die der Haupt-Fanschaufel **12'** zugeordnet ist, deren Aufschlag von der Hauptberstschutzzone **30** aufgenommen wird. Insofern werden Verstärkungsrippen im allgemeinen an dieser Schaufelfußaufprallzone **34** nicht erforderlich sein.

[0043] Weitere Flansche **44** oder andere ähnliche Merkmale können auch auf dem Gehäusering **22** aus anderen Gründen vorgesehen werden, beispielsweise

zur Dämpfung von Vibrationen oder zur Lagerung anderer Bauteile. Diese Flansche sind jedoch keine Verstärkungsrippen **2, 4, 6** und sie verbessern nicht die Festigkeit des Gehäuserings **22**.

[0044] Auch können derartige Flansche keine Verminderung der Dicke der Gehäusehülse **24** ermöglichen, da dies die Funktion der Rippen **2, 4, 6** der Erfindung ist.

[0045] Gemäß einem weiteren nicht dargestellten Ausführungsbeispiel fällt die dritte, das heißt die vorderste Rippe **6** weg. Bei dieser Ausführungsform ergeben die erste Rippe **4** und die zweite Rippe **6** eine genügende Verstärkung für den Gehäusering **22**, damit dieser einem Schaufelaufprall widerstehen kann. Durch Wegfall der dritten Rippe kann das Gesamtgewicht des Gehäuses weiter vermindert werden. Die Positionierung der ersten Rippe **2** und der zweiten Rippe **4** in Bezug auf die Arbeitsposition der Fanschaufel **12'** ist jedoch die gleiche. Die Verhältnisse der verschiedenen Dimensionen h, d, w, t_w der Rippen **2, 4** und der Dicke der Gehäusehülse **24** $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ sind ebenfalls die gleichen. Die Gehäusedicke t_2 wird die Dicke des Gehäuserings vor der zweiten Rippe **4** anstatt der Dicke der Gehäusehülse **24** zwischen der zweiten Rippe **4** und der dritten Rippe **6**.

[0046] Als Beispiel für die Erfindung lediglich wurde ein Berstschutzring **22** mit nur zwei Rippen **2, 4** wie oben beschrieben und allgemein in **Fig. 2**, mit Ausnahme der dritten Rippe **6**, dargestellt, überprüft und zeigte zufriedenstellende Berstschutzergebnisse. Das Ringgehäuse, das aus einer Stahllegierung hergestellt wurde, hatte einen mittleren Durchmesser am Fan von $1,2$ m. Die Hülsendicke t_6 der Gehäusehülse in der vorderen Zone **32** betrug etwa 2 mm. In der Hauptberstschutzzone **30** variierte die Dicke etwa von t_2 mit $3,2$ mm, t_1 mit $5,2$ mm auf t_3 mit $3,2$ mm. In der Schaufelfußaufprallzone **34** variierte die Dicke der Gehäusehülse **24** zwischen t_4 mit $3,2$ mm auf t_5 mit $2,8$ mm. Die erste Rippe **2** lag axial so, dass sie in der gleichen Radialebene **50** wie die laufende Position der Hinterkante **47** der Fanschaufeln **12'** liegt. Die zweite Rippe **4** wurde axial in der gleichen Radialebene **48** wie die Laufposition des mittleren Sehnenpunktes **45** der Schaufeln **12 45** der Fanschaufeln **12'** positioniert. Die Rippen hatten eine radiale Höhe h von etwa $17,5$ mm und die Stegbreite t_w betrug etwa $4,0$ mm. Der Randabschnitt der Rippen hatte eine Axialbreite w von etwa 15 mm und eine Randdicke von etwa $4,3$ mm. Der vordere Fan-Fänger **26** war axial kurz vor der Radialebene **46** angeordnet, die durch die Laufposition der Vorderkante **49** der Fanschaufeln **12'** hindurchläuft. Der Fan **12** wies eine Anordnung von **24** einzelnen Fanschaufeln **12'** auf, die sämtlich in herkömmlicher Weise auf einer einzigen Fan-Scheibe montiert waren. Jede Fanschaufel **12'** hatte eine hohle Konstruktion mit breiter Sehne, wie dies im Stand der Technik bekannt ist,

und die Fanschaufel hatte eine individuelle Masse von etwa 2 kg und eine mittlere radiale Länge von etwa 0,5 m. Der Fan 12 war so konstruiert und geprüft, dass er sich mit einer Drehzahl bis zu 7750 U/min drehen konnte.

[0047] Für den Fachmann ist es klar, dass sich die genaue Konstruktion des Berstschutzrings gemäß Fig. 2 und 3 in gewisser Hinsicht ändern kann, ohne vom Rahmen der Erfindung abzuweichen. Beispielsweise könnte eine einzelne Verstärkungsrippe oder stattdessen irgendeine andere Zahl von Verstärkerrippen benutzt werden. Zusätzliche Verstärkungsrippen können auch auf der Gehäusehülse 24 vorgesehen werden, um den Berstschutzring 22 weiter zu verstärken, aber dies geschieht auf Kosten eines zusätzlichen Gewichts. Die Dicke der Gehäusehülse 24 kann auch gegenüber dem beschriebenen Optimum vergrößert werden, obgleich dies natürlich wieder ein zusätzliches Gewicht für das Gehäuse bedingen würde. Weiter kann diese Gehäusekonstruktion kombiniert werden mit anderen bekannten Berstschutzsystemen, um eine verbesserte Berstschutzfunktion für die Fanschaufel 12' herzustellen.

Patentansprüche

1. Berstschutzring (22) für ein Gasturbinentriebwerk (10) mit einer im wesentlichen starren Gehäusehülse (24), die im Betrieb koaxial zu einer Drehachse des Gasturbinentriebwerks (10) liegt, und sich in Umfangsrichtung um einen Aufbau von Fan-Rotorschaukeln (12), die sich um die Triebwerksachse (1) drehen, und um einen Bereich (30) mit vorhersehbar Schaufel (12) Aufschlag im Fall eines Fanschaufelbruchs (12) erstreckt, wobei wenigstens zwei Verstärkungsrippen (2, 4) vorgesehen sind, die im wesentlichen radial von der Gehäusehülse (24) vorstehen und den äußeren Umfang der Gehäusehülse (24) umschließen, und wobei die erste Rippe (2) koaxial um die Gehäusehülse (24) zwischen einer senkrecht zur Gehäuseachse (1) durch die Arbeitspositionen der Hinterkantenränder (47) der Fanschaufeln (12) verlaufenden Ebene (50), und einer Ebene (48) positioniert ist, die senkrecht zur Gehäuseachse (1) steht und durch die Arbeitspositionen der mittleren Sehnenpunkte (45) der Fanschaufeln (12) verläuft, wobei die zweite Rippe (4) koaxial um die Gehäusehülse (24) zwischen der Ebene (48), die durch die Arbeitspositionen der mittleren Sehnenpunkte (45) der Fanschaufeln (12) verläuft und einer Ebene (46) positioniert ist, die senkrecht zur Gehäuseachse (1) steht und durch die Arbeitspositionen der Vorderkanten (49) der Fanschaufeln (12) verläuft, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede der Rippen (2, 4) einen allgemein T-förmigen Querschnitt besitzt und jede Rippe einen sich im wesentlichen radial erstreckenden Stegabschnitt (42) und einen Randabschnitt (40) aufweist, wobei das Verhältnis der axialen Breite (w) des Verstärkungsrippen-Randabschnitts (40) zur Dicke

(t1) der Gehäusehülse radial benachbart zur Arbeitsposition der Hinterkantenabschnitte (47) der Fanschaufeln (12) in einem Bereich zwischen 1 und 6 liegt, und wobei das Verhältnis der radialen Höhe (h) des Verstärkungs-Stegabschnitts (42) von der Gehäusehülse (24) zur Dicke (t1) der Gehäusehülse (24) radial benachbart zur Arbeitsposition der Hinterkantenabschnitte (47) der Fanschaufeln (12) in einem Bereich zwischen 1 und 6 liegt, und wobei das Verhältnis der Dicke (d) des Verstärkungsrippen-Randabschnitts (40) zur Dicke (t1) der Gehäusehülse (24) radial benachbart zu der Arbeitsposition der Hinterkantenabschnitte (47) der Fanschaufeln (12) in einem Bereich zwischen 0,4 bis 2,0 liegt, und wobei das Verhältnis der axialen Dicke (tw) des Verstärkungsrippen-Stegabschnitts (42) zur Dicke (t1) der Gehäusehülse (24) radial benachbart zur Arbeitsposition der Hinterkantenabschnitte (47) der Fanschaufeln (12) in einem Bereich zwischen 0,4 und 2,0 liegt.

2. Berstschutzring (22) nach Anspruch 1, bei welchem eine dritte Rippe (6) vorgesehen ist und die dritte Rippe (6) axial um das Gehäuse (24) vor einer Ebene (46) herumgeführt ist, die senkrecht zur Gehäuseachse (1) steht und durch die Arbeitspositionen der Vorderkanten (49) der Fanschaufeln (12) verläuft.

3. Berstschutzring (24) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei welchem das Verhältnis der radialen Dicke der Gehäusehülse im Bereich der Verstärkungsrippen zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Hinterkantenabschnitte der Fanschaufeln im Bereich zwischen 0,4 und 2,0 liegt.

4. Berstschutzring nach Anspruch 1, Anspruch 2 oder Anspruch 3, bei welchem das Verhältnis der Dicke der Gehäusehülse axial hinter den Arbeitspositionen der Fanschaufeln zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Fanschaufeln im Bereich zwischen 0,5 und 1,5 liegt.

5. Berstschutzring nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem das Verhältnis der Dicke der Gehäusehülse axial hinter der Arbeitsposition der Fanschaufeln zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu der Arbeitsposition der Fanschaufeln im Bereich zwischen 0,4 und 1,5 liegt.

6. Berstschutzring nach Anspruch 5, bei welchem das Verhältnis der Dicke der Gehäusehülse axial hinter einem Bereich der Gehäusehülse eines vorbestimmten Hauptschaufelfußaufschlags im Fall eines Schaufelbruchs zur Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zur Arbeitsposition der Fanschaufeln im Bereich zwischen 0,3 und 1,5 liegt.

7. Berstschutzring nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem ein Fan-Fänger vorge-

sehen ist, der aus einem Flansch besteht, der von einer inneren Oberfläche der Gehäusehülse radial nach innen vorsteht, wobei der Fan-Fänger axial bis zu einer halben Sehnenlänge der Fanschaufeln vor einer Ebene positioniert ist, die senkrecht zur Gehäuseachse durch die Arbeitspositionen der Vorderkanten der Fanschaufeln verläuft.

8. Berstschutzring nach Anspruch 7, bei welchem das Verhältnis der Dicke der Gehäusehülse vor dem Fan-Fänger zur radialen Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zur Arbeitsposition des Hinterkantenbereichs der Fanschaufeln im Bereich zwischen 0,25 und 0,75 liegt.

9. Berstschutzring nach Anspruch 7, bei welchem das Verhältnis der Dicke der Gehäusehülse vor dem Fan-Fänger zur radialen Dicke der Gehäusehülse radial benachbart zu den Arbeitspositionen der Hinterkantenabschnitte der Fanschaufeln im Bereich zwischen 0,1 und 0,75 liegt.

10. Berstschutzring nach Anspruch 2, bei welchem die dritte Rippe (6) zwischen einer Ebene (46), die durch die Vorderkanten (49) der Fanschaufeln (12) verläuft und einem Punkt bis zu einer halben Sehnenlänge der Fanschaufeln (12) vor den Vorderkanten (49) der Fanschaufeln liegt.

11. Berstschutzring nach Anspruch 2, bei welchem die erste Rippe (2) benachbart zu den Hinterkanten (47) der Fanschaufeln (12) verläuft und die zweite Rippe (4) benachbart zur den mittleren Sehnenpunkten (45) der Fanschaufeln (12) angeordnet ist und die dritte Rippe (6) benachbart zu den Vorderkanten (49) der Fanschaufeln (12) liegt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1.

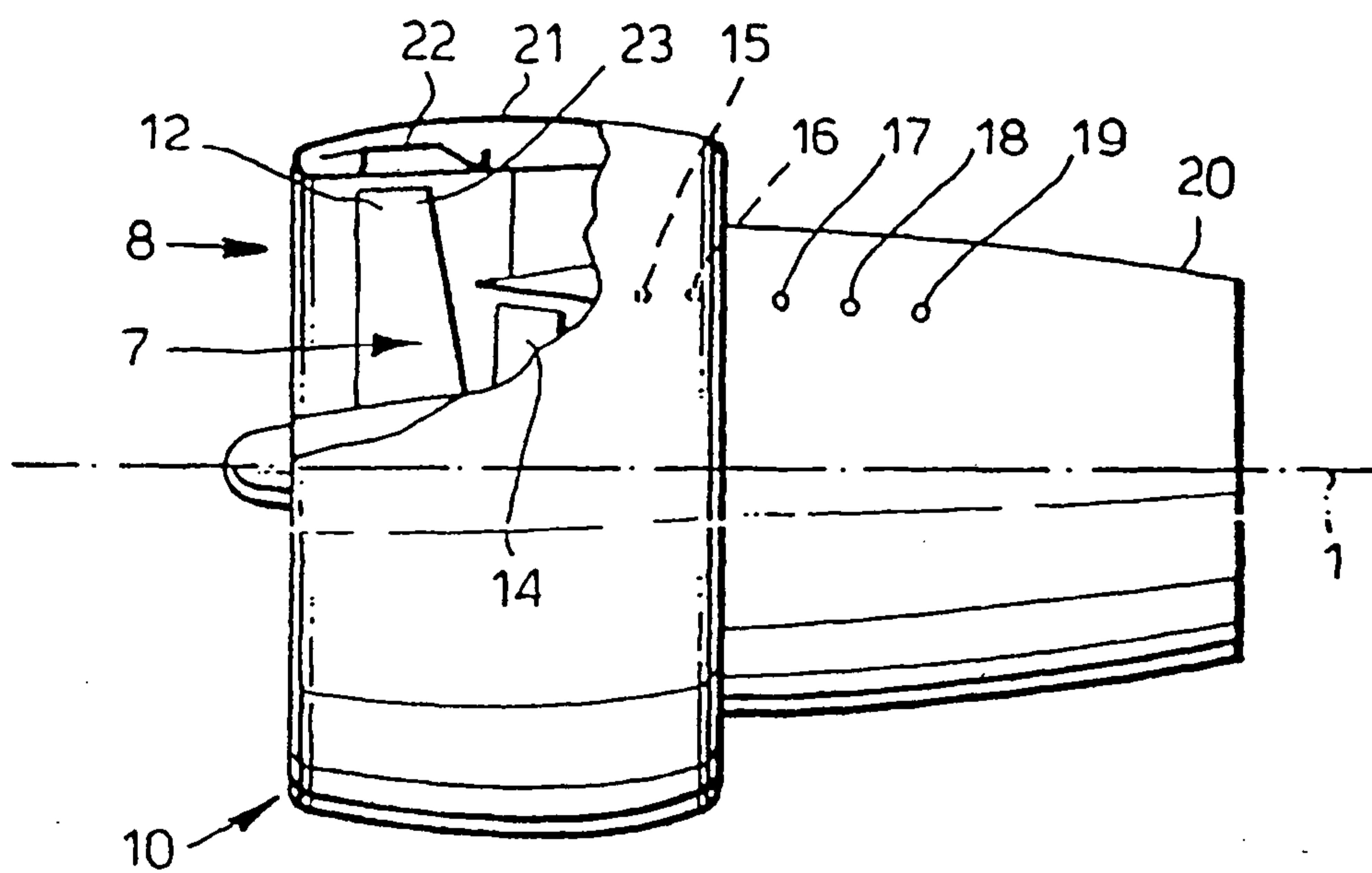


Fig.2.

