



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 58 421 A1** 2005.07.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 58 421.8**
(22) Anmeldetag: **13.12.2003**
(43) Offenlegungstag: **07.07.2005**

(51) Int Cl.7: **F01D 5/30**
F01D 5/02

(71) Anmelder:
MTU Aero Engines GmbH, 80995 München, DE

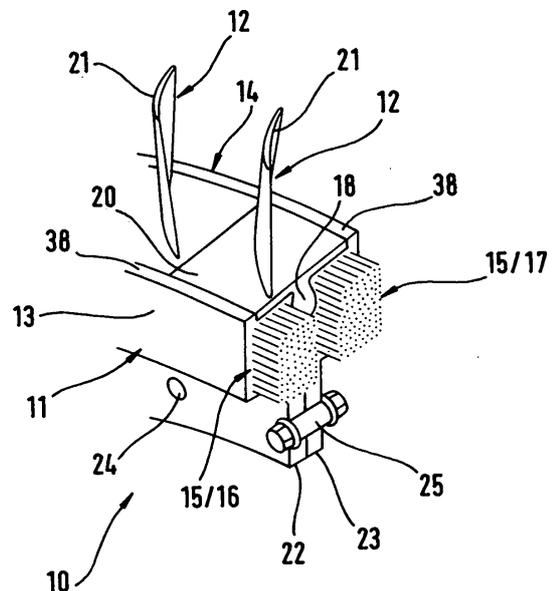
(72) Erfinder:
Bayer, Erwin, Dr., 85221 Dachau, DE; Kopperger, Bertram, Dr., 85241 Hebertshausen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Rotor für eine Turbomaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine. Der Rotor weist einen Rotorgrundkörper (11) und mehrere über den Umfang des Rotorgrundkörpers (11) verteilt angeordnete Laufschaufeln (12) auf.

Erfindungsgemäß ist der Rotorgrundkörper (11) von mindestens einem ringförmigen Element (13, 14) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet, wobei die Laufschaufeln (12) derart über Schaufelfüße (18) mit dem Rotorgrundkörper (11) verbunden sind, dass die Schaufelfüße in einem faserfreien Bereich des Rotorgrundkörpers positioniert sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Nach dem Stand der Technik unterscheidet man prinzipiell zwei Arten von Rotoren für eine Turbomaschine, nämlich sogenannte integral beschaukelte Rotoren von solchen Rotoren, bei welchen die Laufschaufeln über Schaufelfüße in einen Rotorgrundkörper eingesetzt bzw. verankert sind.

Stand der Technik

[0003] Die integral beschaukelten Rotoren werden abhängig davon, ob ein scheibenförmiger oder ein ringförmiger Rotorgrundkörper vorliegt, entweder als BLISK (Bladed Disk) oder als BLING (Bladed Ring) bezeichnet. Bei solchen integral beschaukelten Rotoren sind die Laufschaufeln fest mit dem ringförmigen oder scheibenförmigen Rotorgrundkörper verbunden und demnach integraler Bestandteil des Rotorgrundkörpers. Die Herstellung solcher integral beschaukelten Rotoren ist aufwendig und kann zum Beispiel durch Fräsen aus dem Vollen an einer 5-Achs-Fräsmaschine erfolgen. Nachteilig bei integral beschaukelten Rotoren in BLING-Bauweise oder BLISK-Bauweise ist die schlechte Reparaturmöglichkeit derselben.

[0004] Rotoren, bei welchen die Laufschaufeln über Schaufelfüße in den Rotorgrundkörper eingesetzt sind, sind zwar gegenüber integral beschaukelten Rotoren leichter herstellbar sowie leichter reparierbar, sie sind jedoch gegenüber integral beschaukelten Rotoren deutlich schwerer, da die Verbindung der Laufschaufeln mit dem Rotorgrundkörper über die Schaufelfüße durch Fliehkräfte stark beansprucht wird und daher konstruktiv sicher ausgeführt werden muss. Nach dem Stand der Technik wird bei einer Rotorkonstruktion, bei welcher die Laufschaufeln über die Schaufelfüße im Rotorgrundkörper verankert werden, der Rotorgrundkörper scheibenförmig ausgeführt. Die scheibenförmige Ausführung des Rotorgrundkörpers sowie die Verbindung der Laufschaufeln mit dem Rotorgrundkörper über entsprechend dimensionierte Schaufelfüße resultiert in einem hohen Gewicht des Rotors, was einen Nachteil dieses Konstruktionsprinzips darstellt.

Aufgabenstellung

[0005] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, einen neuartigen Rotor für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine, vorzuschlagen.

[0006] Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass der eingangs genannte Rotor durch die Merkmale

des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist. Erfindungsgemäß ist der Rotorgrundkörper von mindestens einem ringförmigen Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet, wobei die Laufschaufeln derart über Schaufelfüße mit dem Rotorgrundkörper verbunden sind, dass die Schaufelfüße in einem faserverfreien Bereich des Rotorgrundkörpers positioniert sind.

[0007] Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird ein Rotor für eine Turbomaschine vorgeschlagen, der einerseits ein bevorzugt geringes Gewicht aufweist und der andererseits gut hergestellt sowie repariert werden kann. So ist im Sinne der hier vorliegenden Erfindung der Rotorgrundkörper aus mindestens einem ringförmigen Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet. Die Ausführung des Rotorgrundkörpers als mindestens ein ringförmiges Element sowie die Ausführung desselben in MMC-Technik, erlauben eine deutliche Gewichtsreduzierung gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Rotoren. Weiterhin lassen sich bei der Reparatur des Rotors einzelne Laufschaufeln leicht austauschen.

[0008] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Rotorgrundkörper aus zwei ringförmigen Elementen aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet, wobei am radial außenliegenden Ende zwischen den beiden ringförmigen Elementen die Laufschaufeln befestigt sind. Schaufelfüße der Laufschaufeln greifen in eine entsprechende Vertiefung bzw. Ausnehmung im Bereich der ringförmigen Elemente ein, und zwar zwischen faserverstärkten Bereichen der beiden ringförmigen Elemente. Jede der Laufschaufeln ist vorzugsweise mit jeweils einer Plattform zwischen radial außenliegenden, umlaufenden Vorsprüngen der beiden ringförmigen Elemente positioniert, wobei Enden der Plattformen an den umlaufenden Vorsprüngen anliegen.

[0009] Nach einer alternativen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Rotorgrundkörper aus einem ringförmigen Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet, wobei axial außenliegende Abschnitte des ringförmigen Elements faserverstärkt und ein dazwischenliegender Abschnitt faserverfrei ausgebildet ist, und wobei die Schaufelfüße der Laufschaufeln im faserverfreien Abschnitt befestigt sind. Vorzugsweise sind in den faserverfreien Abschnitt des ringförmigen Elements in radialer Richtung verlaufende Bohrungen eingebracht, wobei jede Laufschaufel mit einem Schaufelfuß in einer Bohrung verankert ist.

Ausführungsbeispiel

[0010] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung

ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

[0011] [Fig. 1](#) einen Ausschnitt aus einem erfindungsgemäßen Rotor nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung in schematisierter, perspektivischer Seitenansicht;

[0012] [Fig. 2](#) ein vergrößertes Detail des Rotors gemäß [Fig. 1](#);

[0013] [Fig. 3](#) den Rotor gemäß [Fig. 1](#) in einer Explosionsdarstellung; und

[0014] [Fig. 4](#) ein Detail eines erfindungsgemäßen Rotors nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung in schematisierter, perspektivischer Seitenansicht.

[0015] Die hier vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) in größerem Detail beschrieben.

[0016] [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) zeigen einen erfindungsgemäßen Rotor **10** für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine, in unterschiedlichen Darstellungen. So zeigt [Fig. 1](#) einen Ausschnitt aus dem Rotor **10** in perspektivischer Seitenansicht, wobei [Fig. 1](#) in etwa einen 90°-Ausschnitt bzw. einen Viertelkreis-Ausschnitt aus dem an sich geschlossenen Rotor **10** zeigt. [Fig. 2](#) zeigt ein vergrößertes Detail des Rotors **10** im Bereich zweier Laufschaufeln, [Fig. 3](#) zeigt eine Explosionsdarstellung des Rotors **10**. Der Rotor **10** findet bevorzugt Verwendung in einer Turbine oder einem Verdichter eines Flugtriebwerks.

[0017] Der Rotor **10** gemäß [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) verfügt über einen Rotorgrundkörper **11** sowie mehrere über den Umfang des Rotorgrundkörpers **11** verteilt angeordnete Laufschaufeln **12**. Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass der Rotorgrundkörper **11** von mindestens einem ringförmigen Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet ist, und dass die Laufschaufeln **12** derart über Schaufelfüße mit dem Rotorgrundkörper verbunden sind, dass die Schaufelfüße in einem faserverstärkten Bereich des Rotorgrundkörpers **11** positioniert sind.

[0018] Im Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) ist der Rotorgrundkörper **11** aus zwei ringförmigen Elementen **13** und **14** gebildet, wobei beide ringförmigen Elemente **13** und **14** aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet sind. Dies kann insbesondere [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) entnommen werden, die schematisiert die in den Metallmatrix-Werkstoff der ringförmigen Elemente **13** und **14** integrierten, zugfesten Fasern

15 zeigen. Jedes der beiden ringförmigen Elemente **13** und **14** verfügt beim Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) über einen entsprechenden Bereich **16** bzw. **17**, in dem die zugfesten Fasern **15** verlaufen, der also faserverstärkt ausgebildet ist.

[0019] Die Laufschaufeln **12** sind am radial außenliegenden Ende des Rotorgrundkörpers **12** zwischen den beiden ringförmigen Elementen **13** und **14** befestigt, wobei jede der Laufschaufeln **12** mit einem Schaufelfuß **18** zwischen den faserverstärkten Bereichen **16** und **17** der beiden ringförmigen Elemente **13** und **14** positioniert ist. Wie insbesondere [Fig. 3](#) entnommen werden kann, ist in die beiden ringförmigen Elemente **13** und **14** jeweils eine Vertiefung bzw. Ausnehmung **19** eingebracht, in welche die Schaufelfüße **18** im zusammengebauten Zustand des Rotors **10** eingreifen. Die Innenkontur der Ausnehmungen **19** ist demnach an die Außenkontur der Schaufelfüße **18** angepasst.

[0020] Wie insbesondere [Fig. 2](#) entnommen werden kann, schließt sich an den Schaufelfuß **18** der Laufschaufeln **12** eine Plattform **20** der Laufschaufeln **12** an, wobei im montierten Zustand des Rotors **10** axial außenliegende Enden der Plattformen **20** an radial außenliegenden, umlaufenden Vorsprüngen **28** der beiden ringförmigen Elemente **13** und **14** anliegen. Die Plattformen **20** der Laufschaufeln **12** schließen demnach am radial außenliegenden Ende der ringförmigen Elemente **13** und **14** bündig mit den Vorsprüngen **38** der ringförmigen Elemente **13** und **14** ab. Ausgehend von den Plattformen **20** erstrecken sich Schaufelblätter **21** der Laufschaufeln **12** radial nach außen.

[0021] Die beiden ringförmigen Elemente **13** und **14** des Rotorgrundkörpers **11** sind an radial innenliegenden Abschnitten **22** bzw. **23** miteinander verbunden. Die radial innenliegenden Abschnitte **22** und **23**, an welchen die ringförmigen Elemente **13** und **14** miteinander verbunden sind, sind faserverstärkt ausgeführt. In diese radial innenliegenden Abschnitte **22** und **23** sind über den Umfang verteilt mehrere Bohrungen **24** eingebracht. In diese Bohrungen **24** greifen zur lösbaren Verbindung der beiden ringförmigen Elemente **13** und **14** bolzenartige Schraubverbinder **25** ein. Über die Schraubverbinder **25** werden demnach die beiden ringförmigen Elemente **13** und **14** des Rotorgrundkörpers **11** sicher zusammengehalten und die Laufschaufeln **12** werden über ihre Schaufelfüße **18** in den entsprechenden Ausnehmungen **19** der ringförmigen Elemente **13** und **14** sicher fixiert. Das Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) zeigt eine konstruktiv besonders einfache Ausführung des erfindungsgemäßen Rotors.

[0022] [Fig. 4](#) zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Rotors **26**. Auch der Rotor **26** des Ausführungsbeispiels der [Fig. 4](#) verfügt über

einen Rotorgrundkörper **27**, sowie mehrere über den Umfang des Rotorgrundkörpers **27** verteilt angeordnete Laufschaufeln **28**. Im Ausführungsbeispiel der [Fig. 4](#) wird der Rotorgrundkörper **27** von einem ringförmigen Element **29** gebildet, wobei das ringförmige Element **29** aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet ist.

[0023] So verfügt das ringförmige Element **29** des Ausführungsbeispiels der [Fig. 4](#) an axial außenliegenden Abschnitten über jeweils einen faserverstärkten Bereich **30** bzw. **31**, wobei [Fig. 4](#) schematisch die zugfesten Fasern **32** zeigt, die innerhalb der faserverstärkten Bereiche **30** und **31** verlaufen. In einem axial innenliegenden Abschnitt, also zwischen den beiden Bereichen **30** und **31**, verfügt das ringförmige Element **29** über einen fasergefreien Abschnitt **33**. In diesem fasergefreien Abschnitt **33** sind die Laufschaufeln **28** mit Schaufelfüßen **34** am ringförmigen Element **29** des Rotorgrundkörpers **27** befestigt.

[0024] Wie [Fig. 4](#) entnommen werden kann, sind in den fasergefreien Abschnitt **33** des ringförmigen Elements **29** in radialer Richtung verlaufende Bohrungen **35** eingebracht. Die Laufschaufeln **28** sind von einer radial innenliegenden Seite her in die Bohrungen **35** einführbar, wobei gemäß [Fig. 4](#) eine Laufschaufel **28** beginnend mit dem Schaufelblatt **36** in eine Bohrung **35** einführbar ist. Die Laufschaufel **28** wird dann soweit radial nach außen gedrückt, bis der Schaufelfuß **34** der Laufschaufel **28** an einem in die Bohrung **35** integrierten Anschlages **37** zur Anlage kommt. Der Anschlag **37** begrenzt demnach die nach außen gerichtete, radiale Verschiebbarkeit der Laufschaufeln **28** innerhalb der Bohrungen **35**.

[0025] Die in die Bohrungen **35** eingeführten Laufschaufeln **36** werden in dieser Position durch einen nicht-dargestellten Sicherungsring gehalten. Der nicht-dargestellte Sicherungsring liegt am radial innenliegenden Ende der Bohrungen **35** über den gesamten Umfang des ringförmigen Elements **29** an und drückt radial nach außen, so dass die Laufschaufeln **28** starr und gasdicht mit dem ringförmigen Element **29** verbunden sind. Um die Festigkeit des ringförmigen Elements **29** zu erhöhen, können die zugfesten Fasern **32** im Bereich der Bohrungen **35** sinusförmig oder kosinusförmig um die Bohrungen **35** herumgelegt sein.

[0026] Den beiden Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, dass als Rotorgrundkörper mindestens ein ringförmiges Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff zum Einsatz kommt. Das oder jedes ringförmige Element des Rotorgrundkörpers verfügt über mindestens einen faserverstärkten Abschnitt bzw. Bereich sowie über mindestens einen fasergefreien Bereich, wobei Schaufelfüße von Laufschaufeln in dem fasergefreien Bereich des oder jeden ringförmigen Elements verlaufen. Mit einer derartigen Konstruktion

kann eine deutliche Gewichtsreduzierung für Rotoren einer Turbomaschine realisiert werden. Weiterhin sind derartige Rotoren leicht herstellbar, sowie gut reparierbar.

Bezugszeichenliste

10	Rotor
11	Rotorgrundkörper
12	Laufschaufel
13	ringförmiges Element
14	ringförmiges Element
15	Faser
16	Bereich
17	Bereich
18	Schaufelfuß
19	Ausnehmung
20	Plattform
21	Schaufelblatt
22	Abschnitt
23	Abschnitt
24	Bohrung
25	Schraubverbinder
26	Rotor
27	Rotorgrundkörper
28	Laufschaufel
29	ringförmiges Element
30	Bereich
31	Bereich
32	Faser
33	Abschnitt
34	Schaufelfuß
35	Bohrung
36	Schaufelblatt
37	Anschlag
38	Vorsprung

Patentansprüche

1. Rotor für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine, mit einem Rotorgrundkörper (**11**; **27**) und mehreren über den Umfang des Rotorgrundkörpers (**11**; **27**) verteilt abgeordneten Laufschaufeln (**12**; **28**), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotorgrundkörper von mindestens einem ringförmigen Element (**13**, **14**; **29**) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet ist, und dass die Laufschaufeln (**12**; **28**) derart über Schaufelfüße (**18**; **34**) mit dem Rotorgrundkörper (**11**; **27**) verbunden sind, dass die Schaufelfüße in einem fasergefreien Bereich des Rotorgrundkörpers positioniert sind.

2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotorgrundkörper (**11**) aus zwei ringförmigen Elementen (**13**, **14**) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet ist, wobei am radial außenliegenden Ende zwischen den beiden ringförmigen Elementen (**13**, **14**) die Laufschaufeln (**12**) befestigt sind.

3. Rotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschaufeln (12) mit jeweils einer Plattform (20) zwischen radial außenliegenden, umlaufenden Vorsprüngen (38) der beiden ringförmigen Elemente (13, 14) positioniert sind, wobei axiale Enden der Plattformen (20) an den umlaufenden Vorsprüngen (38) anliegen.

4. Rotor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ringförmigen Elemente (13; 14) jeweils mindestens einen faserverstärkten Bereich aufweisen, wobei die Schaufelfüße (18) der Laufschaufeln (12) zwischen den faserverstärkten Bereichen der beiden ringförmigen Elemente positioniert sind.

5. Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufelfüße (18) der Laufschaufeln (12) in eine entsprechende Vertiefung bzw. Ausnehmung (19) im Bereich der ringförmigen Elemente (13, 14) eingreifen.

6. Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ringförmigen Elemente (13, 14) an radial innenliegenden Abschnitten (22, 23) lösbar miteinander verbunden sind.

7. Rotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die radial innenliegenden Abschnitte (22, 23), an denen die beiden ringförmigen Elemente (13, 14) miteinander verbunden sind, faserfrei ausgeführt sind.

8. Rotor nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ringförmigen Elemente (13, 14) an radial innenliegenden Abschnitten (22, 23) über Schraubverbindungen (25) miteinander verbunden sind.

9. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotorgrundkörper (27) aus einem ringförmigen Element (29) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet ist, wobei axial außenliegende Abschnitte (30, 31) des ringförmigen Elements (29) faserverstärkt und ein dazwischenliegender Abschnitt (33) faserfrei ausgebildet ist, und wobei die Schaufelfüße (34) der Laufschaufeln (28) im faserfreien Abschnitt (33) befestigt sind.

10. Rotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in den faserfreien Abschnitt (33) des ringförmigen Elements (29) in radialer Richtung verlaufende Bohrungen (35) eingebracht sind, wobei jede Laufschaufel (28) mit einem Schaufelfuß (34) in einer Bohrung (35) verankert ist.

11. Rotor nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass jede Laufschaufel (28) von der

radial innenliegende Seite her beginnend mit einem radial außenliegenden Ende eines Schaufelblatts (36) in eine entsprechende Bohrung (35) einführbar ist, bis der Schaufelfuß (34) an einem in die Bohrung (35) integrierten Anschlag (37) zur Anlage kommt.

12. Rotor nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschaufeln (28) durch einen Sicherungsring in den Bohrungen (35) fixiert werden, wobei der Sicherungsring am radial innenliegende Ende der Bohrungen angreift und die Laufschaufeln (28) radial nach außen drückt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

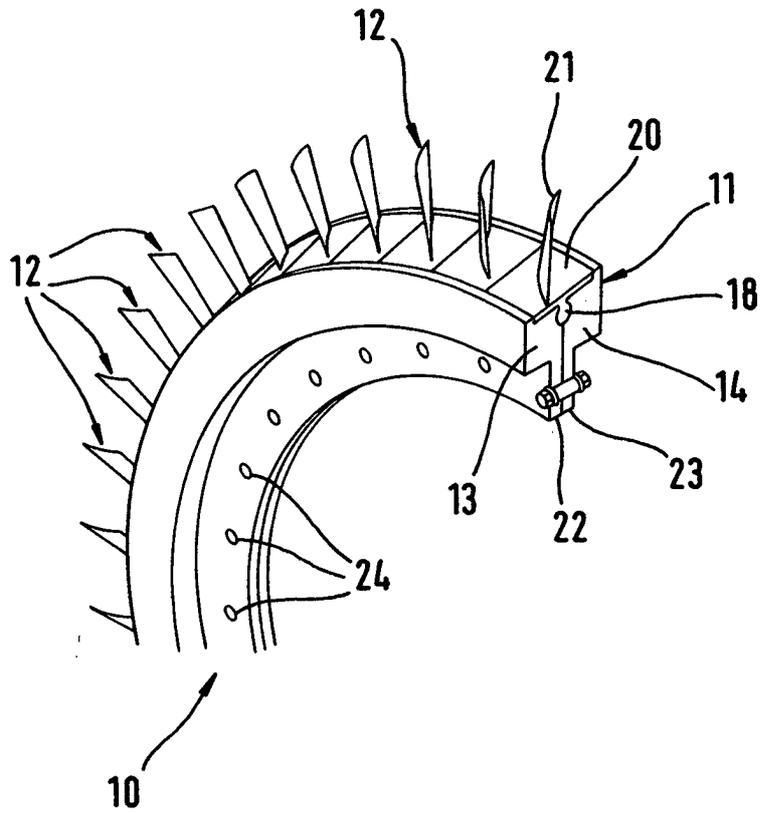


Fig. 1

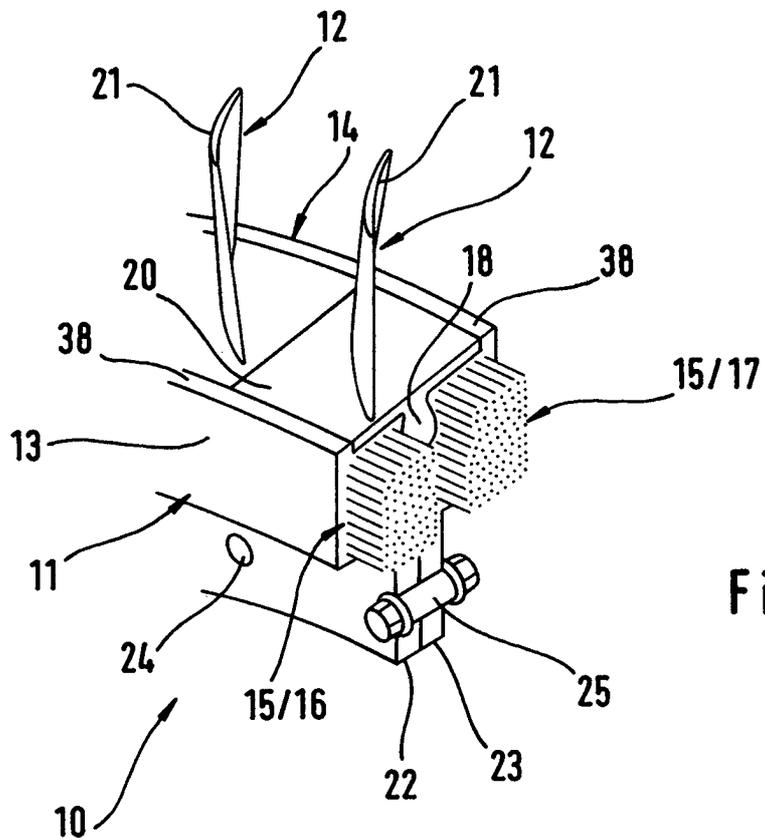


Fig. 2

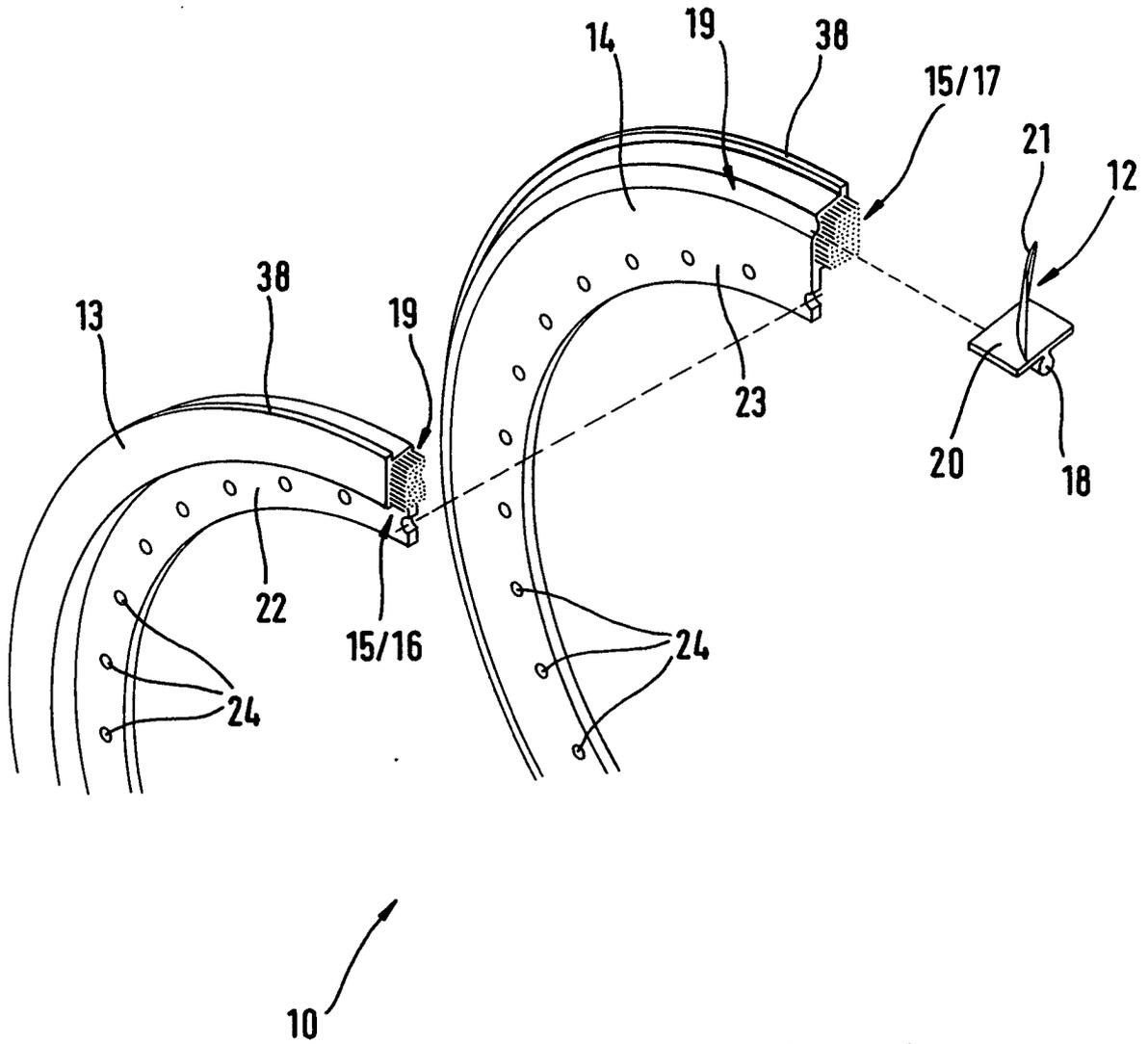


Fig. 3

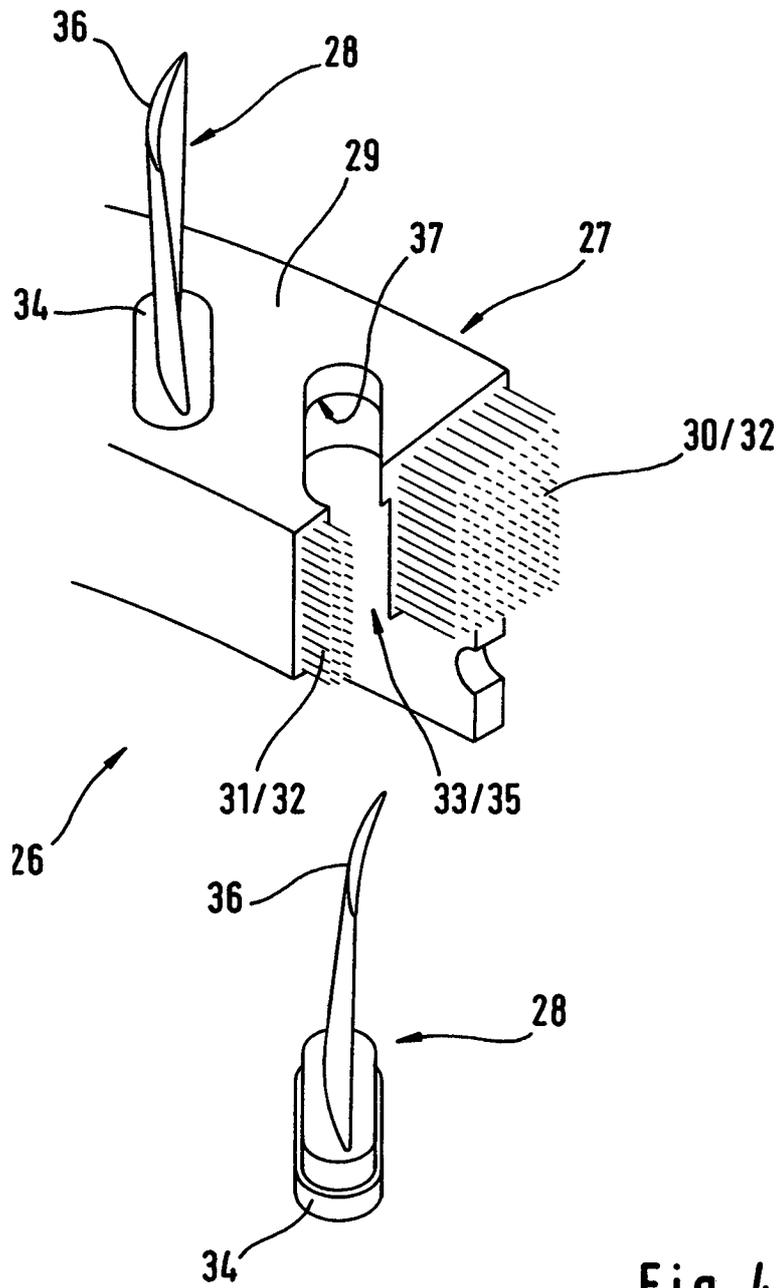


Fig. 4