



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.03.2017 Patentblatt 2017/10

(51) Int Cl.:
F23R 3/00 (2006.01) F23R 3/60 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16186942.5**

(22) Anmeldetag: **02.09.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **04.09.2015 DE 102015217034**
08.09.2015 DE 102015217161

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(72) Erfinder:
• **SZARVASY, Ivo**
14532 Stahnsdorf (DE)
• **CLEMEN, Carsten**
15749 Mittenwalde (DE)
• **MELLENTIEN, Tobias**
10825 Berlin (DE)
• **SIKORSKI, Igor**
12209 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Maikowski & Ninnemann**
Patentanwälte Partnerschaft mbB
Postfach 15 09 20
10671 Berlin (DE)

(54) **BAUGRUPPE MIT EINER BRENNKAMMERSCHINDEL FÜR EINE GASTURBINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Baugruppe für eine Brennkammer (3) einer Gasturbine (T), mit wenigstens einer Brennkammerschindel (32) mit einem Lagerelement (5) und mindestens einem als separates Bauteil ausgebildeten Bolzen (4) zur Lagerung der Brennkammerschindel (34) an einer Brennkammerwand (32) der Brennkammer (3). Erfindungsgemäß ist unter anderem vorgesehen, dass das Lagerelement (5) eine Aufnahme (50) aufweist, in die ein Bolzenkopf (41) des Bolzens (4) quer zu einer Bolzenlängsachse (M) eingesteckt und

hierin formschlüssig verankert ist. Das Lagerelement (5) bildet hierbei an der Aufnahme (50) einen bezogen auf die Bolzenlängsachse (M) im Wesentlichen radial vorstehenden Randbereich (51) aus, der einen Rand des Bolzenkopfes (41) zumindest teilweise umgreift. Nach einer ersten erfindungsgemäßen Ausführung erstreckt sich der Rand des Bolzenkopfes (41) nicht ausschließlich in einer senkrecht zur Bolzenlängsachse (M) verlaufenden Ebene.

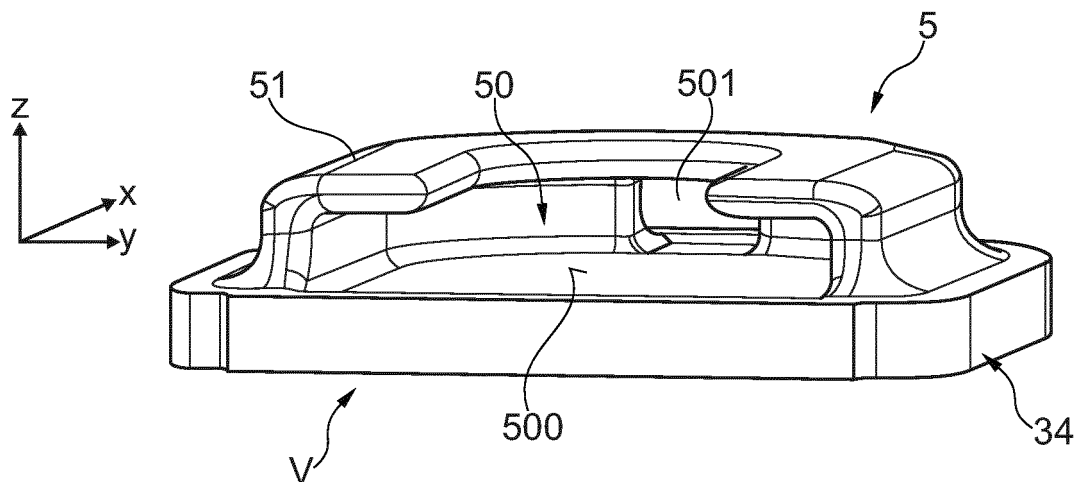


Fig. 5B

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Baugruppe für eine Brennkammer einer Gasturbine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Brennkammern einer Gasturbine, insbesondere eines Gasturbinentriebwerks weisen zur Kühlung sogenannte Brennkammerschindeln auf. Diese Brennkammerschindeln sind regelmäßig zur Auskleidung eines Flammrohres der Brennkammer vorgesehen. Über die Brennkammerschindel kann hierbei Luft zum Abkühlen und auch zum Abmagern der Verbrennung und damit zur Reduktion der NO_x-Emissionen in die Brennkammer geleitet werden. Zu diesem Zweck weist die Brennkammerschindel mindestens ein Mischluftloch auf. Ergänzend ist häufig vorgesehen, eine Brennkammerschindel mit mehreren, oft bis zu mehreren 1000 sogenannten Effusionskühlöffnungen zu versehen, über die die Brennkammerschindel gegenüber den in der Brennkammer herrschenden hohen Temperaturen gekühlt wird. Gattungsgemäße Baugruppen sind hierbei beispielsweise aus der EP 0 972 992 B1 oder der DE 102 14 570 A1 bekannt.

[0003] In der Praxis werden die einzelnen Brennkammerschindeln durch hieran ausgeformte Bolzen an einer Brennkammerwand fixiert. Der damit als Stehbolzen ausgebildete Bolzen einer Brennkammerschindel wird dann an der Brennkammerwand über eine Mutter fixiert. Häufig werden bei derartigen Ausführungen Vorspannkraftverluste in dem Stehbolzen durch Kriechen beobachtet. Bei einem integral mit der Brennkammerschindel ausgebildeten Bolzen ist zudem eine ausreichende Kühlung der Schindel am Ort des Bolzens nicht ohne weiteres möglich. Darüber hinaus kann etwaigen unterschiedlichen Anforderungen an die Wärmeleitfähigkeit und Festigkeit und damit an das Herstellungsmaterial des Bolzens und der Brennkammerschindel selbst nur schwer Rechnung getragen werden, wenn die Brennkammerschindel über einen integrierten Bolzen an einer Brennkammerwand gelagert wird.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Baugruppe für eine Brennkammer einer Gasturbine mit wenigstens einer an einer Brennkammerwand der Brennkammer zu lagernden Brennkammerschindel in dieser Hinsicht zu verbessern und die vorgenannten Nachteile zu überwinden oder zumindest zu reduzieren.

[0005] Diese Aufgabe wird sowohl mit einer Baugruppe des Anspruchs 1 als auch mit einer Baugruppe des Anspruchs 12 gelöst.

[0006] Gemäß einem ersten Erfindungsaspekt weist die Baugruppe neben einer Brennkammerschindel und einem hieran vorzugsweise integral ausgebildeten Lagerelement einen separaten Bolzen zur Lagerung der Brennkammerschindel an einer Brennkammerwand der Gasturbinenbrennkammer auf. Das Lagerelement der Brennkammerschindel weist eine Aufnahme auf, in die ein Bolzenkopf des Bolzens quer zu einer Bolzenlängsachse eingesteckt und hieran formschlüssig verankert ist. Zur formschlüssigen Verankerung des Bolzenkopfes bildet das Lagerelement an der Aufnahme einen bezogen auf die Bolzenlängsachse radial vorstehenden Randbereich aus, der einen Rand des Bolzenkopfes zumindest teilweise umgreift. Erfindungsgemäß ist nun weiterhin vorgesehen, dass der Bolzenkopf an seiner der Brennkammerschindel abgewandten Unterseite mindestens eine Kontaktfläche zur Anlage an der Brennkammerwand und/oder mindestens eine Kontaktfläche zur Anlage an dem Randbereich des Lagerelements, die geneigt zur Bolzenlängsachse verläuft, ausbildet.

[0007] Die Erfindung geht gemäß ihrem ersten Erfindungsaspekt folglich von dem Grundgedanken aus, dass ein zur Lagerung der Brennkammerschindel vorgesehener Bolzen über seinen Bolzenkopf an eine Aufnahme an der Brennkammerschindel eingesteckt werden kann und hierin dann formschlüssig verankert ist. Dabei ist insbesondere der Rand des Bolzenkopfes, der von einem Randbereich der Aufnahme an der Brennkammerschindel umgriffen wird, geometrisch derart gestaltet, dass eine definierte flächige Anlage des Bolzenkopfes an dem radial vorstehenden Randbereich und/oder direkt an der Brennkammerwand erreicht ist, wenn die Brennkammerschindel bestimmungsgemäß mittels des Bolzens an der Brennkammerwand gelagert ist. Der Bolzenkopf weist hierbei folglich an seiner Unterseite keine ebene, plattenförmige Gestalt auf, sondern weicht von dieser derart ab, dass

- ein Abschnitt des Bolzenkopfes an der Brennkammerwand zur Anlage kommen kann, wenn die Brennkammerschindel an der Brennkammerwand gelagert ist, und/oder
- ein Abschnitt des Bolzenkopfes entlang einer geneigt zur Bolzenlängsachse verlaufenden Kontaktfläche an dem radial vorstehenden Randbereich des Lagerelements anliegt.

[0008] So hat sich gezeigt, dass unerwünschte Biegemomente und Querkräfte im Bolzen und insbesondere am Bolzenkopf vermieden werden können, wenn die Unterseite des Bolzenkopfes nicht gleichförmig eben und nicht nur in einer senkrecht zur Bolzenlängsachse verlaufenden Plattenebene ausgebildet ist, sondern hieran Abschnitte mit Kontaktflächen vorgesehen sind, die zur Bolzenlängsachse geneigt sind und/oder an der Unterseite des Bolzenkopfes erhaben vorstehen. Während über die Ausbildung des Bolzens als separates Bauteil eine verbesserte Kühlung des Bolzens erzielbar ist und das Herstellungsmaterial für die Brennkammerschindel weitestgehend unabhängig von dem Herstellungsmaterial des Bolzens gewählt werden kann, ist über die erfindungsgemäß vorgesehene Bolzenkopfgeometrie eine optimierte formschlüssige Verankerung des Bolzens an der Aufnahme der Brennkammerschindel und eine höhere Lebensdauer des Bolzens erreicht.

[0009] In einem Ausführungsbeispiel sind an dem Rand des Bolzenkopfes mindestens ein erster Randabschnitt ausgebildet, der über eine erste Kontaktfläche an dem radial vorstehenden Randbereich anliegt, und sowie mindestens ein zweiter zu dem ersten Randabschnitt beabstandeter Randabschnitt, der über eine zweite Kontaktfläche an der Brennkammerwand anliegt, wenn die Brennkammerschindel bestimmungsgemäß hieran gelagert ist. Derart kann sich der Bolzenkopf bei einer Fixierung des Bolzens an der Brennkammerwand sowohl direkt gegen die Brennkammerwand als auch gegen den Randbereich des an der Brennkammerschindel ausgebildeten Lagerelements abstützen, wobei sich der Randbereich ebenfalls direkt gegen die Brennkammerwand abstützt und hierfür vorzugsweise flächig an der Brennkammerwand anliegt

[0010] Der Randbereich des Lagerelements ist bevorzugt nicht vollständig um die Bolzenlängsachse umlaufend ausgebildet, um den Bolzenkopf quer zu seiner Bolzenlängsachse in die Aufnahme einstecken zu können. Der Randbereich ist folglich zu wenigstens einer Seite hin offen. Der zweite Randabschnitt des Bolzenkopfes, der die zweite Kontaktfläche zur Anlage an der Brennkammerwand ausbildet, liegt vorzugsweise an dieser einen offenen Seite vor, so dass der zweite Abschnitt nicht von dem radial vorstehenden Randbereich umgriffen ist und ragt in eine von dem Randbereich definierte Aussparung hinein. Indem der vorzugsweise axial vorstehende, die zweite Kontaktfläche aufweisende Randabschnitt in eine Aussparung des Randbereichs an dem Lagerelement der Brennkammerschindel hineinragt, kann dann auch eine Verdrehsicherung für den Bolzenkopf bereitgestellt sein. Hierbei greift der Randabschnitt formschlüssig in die Aussparung derart ein, so dass hierdurch eine Drehung des Bolzenkopfes relativ zu dem Randbereich blockiert ist. Beim Aufschrauben einer Mutter auf einen Bolzenschaft des Bolzens, um die Brennkammerschindel an der Brennkammerwand zu fixieren, ist der Bolzen derart gegen eine Verdrehung gesichert.

[0011] In einem Ausführungsbeispiel ist der Bolzenkopf an dem wenigstens einen zweiten Randabschnitt in - bezogen auf die Bolzenlängsachse - axialer Richtung lokal verdickt.

[0012] Ein lokal verdickter Abschnitt weist gegenüber angrenzenden Abschnitten des Bolzenkopfes eine wenigstens um 15% größere Ausdehnung auf. In einer Ausführungsvariante ist die Ausdehnung in axialer Richtung etwa doppelt so groß, wie die Ausdehnung angrenzender Abschnitte des Bolzenkopfes oder einer mittleren Ausdehnung des üblicherweise scheiben- oder plattenförmigen Bolzenkopfes. Mit anderen Worten ist an dem lokal verdickten Abschnitt eine Wandstärke des Bolzenkopfes gegenüber einer mittleren Wandstärke des Bolzenkopfes um wenigstens 15% vergrößert, um eine definierte Anlage dieses lokal verdickten Abschnitts an der Brennkammerwand und gegebenenfalls eine ausreichend belastbare Sicherung gegen ein Verdrehen des Bolzen bei der weiteren Montage der Brennkammerschindel in der Brennkammer zu erreichen. In einer Ausführungsvariante ist die Höhe des lokal verdickten Abschnitts gegenüber angrenzenden Bolzenkopfab schnitten in etwa um die Wandstärke des Randbereichs der Aufnahme vergrößert.

[0013] Um den Bolzenkopf lediglich in einem lokalen Bereich definiert zu verdicken, erstreckt sich der lokal verdickte Abschnitt des Bolzenkopfes mit einer Länge entlang eines Umfangs des Bolzenkopfes, die höchstens einem 1/3, vorzugsweise höchstens einem 1/4 des Gesamtumfangs des Bolzenkopfes entspricht.

[0014] Alternativ oder ergänzend kann der Bolzenkopf an wenigstens einem von dem Randbereich des Lagerelements umgriffenen Randabschnitt konisch ausgebildet sein. Durch den konischen Verlauf des Randabschnitts wird eine zur Bolzenlängsachse geneigte Kontaktfläche definiert. Unter einer zur Bolzenlängsachse geneigten Kontaktfläche wird hierbei eine Fläche verstanden, die unter einem Winkel von größer oder kleiner 90° zu der Bolzenlängsachse und damit schräg zu der Bolzenlängsachse verläuft.

[0015] Ein konisch ausgebildeter Randabschnitt des Bolzenkopfes verbreitert sich dabei in einer Ausführungsvariante in Richtung einer durch den Bolzenkopf definierten und der Unterseite gegenüberliegenden Stirnseite. Bezogen auf eine Achsrichtung, entlang der sich an den Bolzenkopf ein Bolzenschaft für die Fixierung der Brennkammerschindel an der Brennkammerwand anschließt, verjüngt sich folglich ein solcher konischer Randabschnitt.

[0016] In Experimenten und Simulationen hat sich gezeigt, dass für die an dem Bolzen im Betrieb auftretenden Belastungen eine Ausgestaltung des Bolzenkopfes vorteilhaft sein kann, bei der der Bolzenkopf bezüglich der Bolzenlängsachse asymmetrisch ausgebildet ist. Hierbei weist der Bolzenkopf beispielsweise mit Blick entlang der Bolzenlängsachse eine Grundfläche auf, die durch eine Rechteckfläche und eine sich hieran anschließende halbkreisförmige Fläche gebildet ist.

[0017] In einer Ausführungsvariante ist an dem Bolzenkopf ein Randabschnitt ausgebildet, der oder zumindest dessen Kontaktfläche wenigstens in einem Bereich unter einem Winkel geneigt zu einer Verbindungsrichtung verläuft, entlang der der Bolzenkopf in die Aufnahme des Lagerelements der Brennkammerschindel eingesteckt ist. Durch den zumindest in einem Bereich zur Verbindungsrichtung geneigt verlaufenden und hierfür beispielsweise konisch ausgebildeten Randabschnitt kann beispielsweise das Einführen des Bolzenkopfes in die Aufnahme erleichtert sein. Des Weiteren kann eine derartige Ausgestaltung des Randabschnitts gewährleisten, dass der eingesteckte Bolzenkopf in der Aufnahme arretiert ist, wenn er bestimmungsgemäß eingesteckt wurde.

[0018] Insbesondere zu diesem Zweck kann ergänzend vorgesehen sein, dass der radial vorstehende Randbereich des Lagerelements einen sich verjüngenden und entlang der Verbindungsrichtung verlaufenden Kanal für das Einstecken des Bolzenkopfes definiert. Der Grad der Verjüngung des Kanals kann hierbei mit dem Winkel korrespondieren, unter dem der zumindest eine Bereich des Randabschnitts geneigt zur Verbindungsrichtung verläuft. Über den sich verjün-

genden Kanal an dem Lagerelement und den schräg verlaufenden Bereich des Randabschnitts an dem Bolzenkopf wird somit ein Spiel zwischen dem Randabschnitt und dem Randbereich an dem Kanal reduziert und eine vordefinierte Ausrichtung des Bolzenkopfes innerhalb der Aufnahme sichergestellt. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass insbesondere durch die geneigt zur Verbindungsrichtung verlaufende Gestaltung eines Randabschnitts des Bolzenkopfes Querkräfte auf den Bolzenkopf bei der Fixierung der Brennkammerschindel an der Brennkammerwand reduziert werden können.

[0019] Für die Reduzierung an dem Bolzenkopf auftretender Biegemomente und Querkräfte kann alternativ oder ergänzend ferner vorgesehen sein, dass an dem Bolzenkopf ein Randabschnitt mit einer Kontaktfläche zur Anlage an dem radial vorstehenden Randbereich des Lagerelements ausgebildet ist, wobei diese Kontaktfläche sowohl bezüglich einer ersten Raumrichtung und der Bolzenlängsachse geneigt verläuft als auch geneigt zu einer zweiten Raumrichtung, die senkrecht zu der ersten Raumrichtung verläuft. Derart kann die Kontaktfläche beispielsweise zu allen drei senkrecht zueinander stehenden Raumrichtungen geneigt verlaufen. Eine derartige Ausgestaltung hat sich insbesondere in Kombination mit einem an seinem Rand konisch ausgebildeten Bolzenkopf als vorteilhaft erwiesen. Hierbei ist dann zum Beispiel ein erster konisch ausgebildeter Randabschnitt an einem in Verbindungsrichtung liegenden vorderen Teil des Bolzenkopfes vorgesehen, wobei dieser vordere Teil z.B. eine halbkreisförmige Grundfläche mit in Verbindungsrichtung konvex gewölbten Rand aufweist. Der Randabschnitt mit der geneigt verlaufenden Kontaktfläche ist dann an einem zweiten, rückwärtigen Teil des Bolzenkopfes vorgesehen und ist in den sich verjüngenden Kanal des Lagerelements eingeschoben, so dass die geneigte Kontaktfläche des Bolzenkopfes an einer infolge der Verjüngung geneigt verlaufende Innenfläche des Kanals flächig anliegt. Bei der Montage des Bolzens an die Brennkammerwand ist hierüber ein Ausgleich für Querkräfte und Biegemomente erreicht, die über den vorderen Teil des Bolzenkopfes und dessen formschlüssigen Eingriff in die Aufnahme des Lagerelements eingeleitet werden.

[0020] Zur Reduzierung einer Kerbwirkung im Bereich des Übergangs zwischen einem Bolzenschaft des Bolzens, über den die Brennkammerschindel an der Brennkammerwand gehalten ist, und dem Bolzenkopf ist vorzugsweise ein konisch ausgebildeter Übergangsbereich vorgesehen. Der Übergang zwischen dem beispielsweise ein Außengewinde des (Gewinde-) Bolzens tragenden Bolzenschafts erfolgt somit entlang der Bolzenlängsachse über einen konisch ausgebildeten und sich damit in Richtung des Bolzenkopfes verbreiterten Abschnitts des Bolzens.

[0021] In diesem Zusammenhang hat sich gezeigt, dass eine Ausbildung der Mantelfläche eines entsprechend konkav gewölbten Übergangsbereichs mit einem Wölbungsradius im Bereich von 1,0 bis 3,5 mal dem Durchmesser des Bolzenschaftes für die Dauerfestigkeit des Bolzens bei der Verwendung in einer Brennkammer eines Gasturbinentriebwerks besonders vorteilhaft ist.

[0022] Gemäß einem weiteren Erfindungsaspekt ist zur Lösung der gestellten Aufgabe vorgesehen, dass der formschlüssig an der Aufnahme der Brennkammerschindel gehaltene Bolzenkopf eine Stirnseite aufweist, die einer Basisfläche der Aufnahme zugewandt ist und an der eine konkave, zentral bezogen auf einen Bolzenschaft des Bolzens angeordnete Innenwölbung vorgesehen ist. Die Ausbildung des Bolzenkopfes mit einer konkaven Innenwölbung an seiner Stirnseite kann dabei selbstverständlich ohne weiteres mit einer Ausbildung des Bolzenkopfes gemäß dem ersten Erfindungsaspekt kombiniert sein.

[0023] Über die konkave Innenwölbung ist an der Stirnseite des Bolzenkopfes eine gegenüber der Basisfläche der Aufnahme zurückgesetzte Aussparung gebildet. Diese Aussparung definiert mit der Basisfläche eine zentrale Luftkammer im Bereich der Verbindung der Brennkammerschindel mit dem Bolzen. Über diese Luftkammer zwischen Bolzenkopf und der Oberfläche der Brennkammerschindel ist insbesondere eine verbesserte Kühlung des Bolzens und/oder der Brennkammerschindel über einen Kühlluftstrom erzielbar. Durch die konkave Innenwölbung wird hierbei ein Volumen für Kühlluft zur Verfügung gestellt, dass gegenüber dem Volumen eines Kühlluftspalte vergrößert ist, der zwischen einer flachen Stirnseite des Bolzenkopfes und einer flachen Basisfläche der Aufnahme definiert würde.

[0024] Die zentrale konkave Innenwölbung kann im Querschnitt einen Wölbungsradius aufweisen, der mindestens einem Sechstel einer mittleren Breite des Bolzenkopfes quer zur Bolzenlängsachse entspricht. Hierdurch wird erreicht, dass die Innenwölbung und die hierüber definierte Luftkammer einen wesentlichen Teil der Stirnseite des Bolzenkopfes einnehmen. Es kann auch vorgesehen sein, dass die konkave Innenwölbung im Querschnitt einen Wölbungsradius aufweist, der mindestens der Hälfte des Durchmessers eines Bolzenschaftes des Bolzens entspricht, über den die Brennkammerschindel an der Brennkammerwand gehalten ist. Die konkave Innenwölbung ist insbesondere hierbei vorzugsweise in Verlängerung des Bolzenschaftes an der Stirnseite des Bolzenkopfes vorgesehen und befindet sich damit im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Brennkammerschindel unterhalb des Bolzenschaftes.

[0025] Die Innenwölbung ist in einer Ausführungsvariante im Querschnitt durch zwei konvexe Auswölbungen berandet, die in Richtung der Basisfläche vorstehen. Durch die konvexen Auswölbungen wird eine Reduktion der Spannungen im Übergangsbereich von Bolzenschaft zu Bolzenkopf erreicht. Hierbei können die im Querschnitt ersichtlichen zwei konvexen Auswölbungen durch einen an der Stirnseite umlaufenden und erhaben vorstehenden Kragen oder Kranz gebildet sein. Ein solcher vorstehender Kragen verläuft dann beispielsweise kreisringförmig an der Stirnseite des Bolzenkopfes.

[0026] Im Übrigen kann vorgesehen sein, dass die Brennkammerschindel, insbesondere das Lagerelement mit mindestens einer Öffnung für einen Kühlluftstrom versehen ist. Die mindestens eine Öffnung kann hierbei an einer Basisfläche

der Aufnahme und/oder einer hiervon vorstehenden Seitenwandungen der Aufnahme für den Bolzenkopf vorgesehen sein. In einer hierauf basierenden Weiterbildung sind beispielsweise mehrere Effusionskühlöffnungen an dem Lagerelement, insbesondere im Bereich der Basisfläche vorgesehen.

[0027] Alternativ oder ergänzend kann der Bolzen mit mindestens einer Durchgangsöffnung oder einem Durchgangskanal für die Zuführung von Kühlluft an den Bolzenkopf und/oder die Brennkammerschindel ausgebildet sein. Eine Durchgangsöffnung oder ein Durchgangskanal ist hierbei vorzugsweise zentrisch bezogen auf die Bolzenlängsachse an einem Bolzenschaft und/oder dem Bolzenkopf ausgebildet.

[0028] Der Bolzen kann als Pressteil oder mittels Metall-Pulverspritzgießen hergestellt sein oder mittels eines additiven Fertigungsverfahrens wie Selective Laser Sintering, Direct Laser Deposition oder mithilfe von Laserauftragsschweißen hergestellt sein. Gleiches gilt grundsätzlich für das Lagerelement der Brennkammerschindel wie auch die Brennkammerschindel selbst.

[0029] Gleichwohl die erfindungsgemäße Baugruppe in beliebig ausgestalteten Gasturbinen mit einer Brennkammer Verwendung finden kann, sieht eine bevorzugte Variante die Verwendung in einem Gasturbinentriebwerk vor. Die Baugruppe mit der Brennkammerschindel und dem Bolzen zur Lagerung der Brennkammerschindel kann hierbei insbesondere in einem Flammrohr einer Brennkammer Verwendung finden.

[0030] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden bei der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren deutlich werden.

[0031] Hierbei zeigen:

- | | | |
|----|-------------------|--|
| 20 | Figur 1 | eine schematische Schnittdarstellung eines Gasturbinentriebwerks, in dem eine erfindungsgemäße Baugruppe zum Einsatz kommt; |
| | Figur 2 | eine schematische Schnittdarstellung einer Brennkammer des Gasturbinentriebwerks der Figur 1; |
| 25 | Figur 3 | ausschnittsweise eine Draufsicht einer innerhalb eines Flammrohrs der Brennkammer der Figur 2 verwendeten Brennkammerschindel; |
| | Figuren 4A und 4B | schematisch Schnittdarstellungen zur Veranschaulichung aus dem Stand der Technik bekannter Fixierungen der Brennkammerschindel an einer Brennkammerwand für das Flammrohr; |
| 30 | Figur 5A | eine geschnittene Darstellung eines Bolzens einer ersten Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Baugruppe für die Lagerung einer Brennkammerschindel; |
| | Figur 5B | eine perspektivische Ansicht eines Lagerelements einer Brennkammerschindel des ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Baugruppe, das eine Aufnahme für einen Bolzenkopf des Bolzens der Figur 5A ausbildet; |
| 35 | | |
| | Figur 6A | ausschnittsweise eine geschnittene Darstellung eines Bolzens einer zweiten Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Baugruppe, der einen an seinen Rändern konisch ausgebildeten Bolzenkopf aufweist; |
| 40 | | |
| | Figur 6B | eine Schnittdarstellung des Lagerelements für den Bolzenkopf der Figur 6A; |
| | Figuren 6C bis 6E | verschiedene Darstellungen des Bolzens gemäß der zweiten Ausführungsvariante; |
| 45 | Figur 6F | ausschnittsweise und in perspektivischer Ansicht mit Blick in das Innere der Aufnahme das Lagerelement der Figur 6B. |

[0032] In der Figur 1 ist in Schnittdarstellung schematisch ein Gasturbinentriebwerk T gezeigt, das unter anderem einen Brennkammerabschnitt 15 mit einer Brennkammer aufweist, die eine erfindungsgemäß ausgestattete Baugruppe enthält. Das Gasturbinentriebwerk T ist ansonsten in an sich bekannter Weise ausgebildet und umfasst entlang einer Triebwerksachse 1 hintereinander angeordnet unter anderem einen Lufteinlass 11, einen in einem Triebwerksgehäuse umlaufenden Fan 12, einen Mitteldruckverdichter 13 und einen Hochdruckverdichter 14. An den Hochdruckverdichter 14 schließt sich der Brennkammerabschnitt 15 an, auf den entlang der Triebwerksachse 1 eine Hochdruckturbine 16, eine Mitteldruckturbine 17 und eine Niederdruckturbine 18 folgen. Aus der Niederdruckturbine 18 strömt Abgas über eine Abgasdüse 19 am Ende des Gasturbinentriebwerks T nach außen.

[0033] Der Mitteldruckverdichter 13 und der Hochdruckverdichter 14 einer Verdichtereinheit des Gasturbinentriebwerks T umfassen jeweils mehrere Stufen, von denen jede eine in Umfangsrichtung verlaufende Anordnung fester

stationärer Leitschaufeln 20 aufweist. Diese Leitschaufeln 20 werden häufig auch als Statorschaufeln bezeichnet und stehen radial nach innen von einem Kerngehäuse 21 in einen ringförmigen Strömungskanal der Verdichter 13 und 14 vor. Die Verdichter 13 und 14 weisen ferner mehrere Verdichterlaufschaufeln 22 auf, die radial nach außen von einer drehbaren Verdichtertrommel oder -scheibe 26 vorstehen. Diese Verdichtertrommel oder -scheibe 26 ist mit einer Turbinenrotornabe 27 einer durch die Hochdruckturbine 16, die Mitteldruckturbine 17 und die Niederdruckturbine 18 gebildeten Turbineneinheit gekoppelt. An die Verdichterstufen des Gasturbinentriebwerks T mit dem Mitteldruckverdichter 13 und dem Hochdruckverdichter 14 schließt sich der Brennkammerabschnitt 15 an, in dem die Antriebsenergie zum Antreiben der Turbinenstufen der Turbinen 16, 17 und 18 erzeugt wird. Auch bei den Turbinen 16, 17 und 18 sind jeweils feste Leitschaufeln 23 vorgesehen. Diese stehen an dem Kerngehäuse 21 radial nach innen in einen ringförmigen Strömungskanal der Turbinen 16, 17 und 18 vor. Ferner sind an der Turbinenrotornabe 27 radial nach außen vorstehende Turbinenlaufschaufeln 24 vorgesehen.

[0034] Im Betrieb drehen sich die Verdichtertrommel oder -scheibe 26 mit den hieran festgelegten Verdichterlaufschaufeln 22 sowie die Turbinenrotornabe 27 mit den hieran festgelegten Turbinenlaufschaufeln 24 um die Triebwerksachse 1. Über eine Welle 25 wird hierbei ein an den Turbinenlaufschaufeln 24 erzeugtes Drehmoment an den Fan 12 übertragen, um diesen anzutreiben und einen Luftstrom entlang einer Eintrittsrichtung A in das Gasturbinentriebwerk 1 einzusaugen. Die eingesaugte Luft wird hierbei in bekannter Weise in einen Primärluftstrom und einen Sekundärluftstrom aufgeteilt, um insbesondere aus dem Sekundärluftstrom den Großteil des Gesamtschubs zu gewinnen. Der Sekundärluftstrom wird außen an dem Kerngehäuse 21 vorbeigeführt, in dem die Verdichter 13 und 14, der Brennkammerabschnitt 15 sowie die Turbinen 16, 17 und 18 angeordnet sind. Hierbei wird der Sekundärluftstrom in einem Bypasskanal 10 entlang der Triebwerksachse 1 an dem Kerngehäuse 21 vorbeigeleitet. Der Primärluftstrom wird demgegenüber zu den Verdichtern 13 und 14 und anschließend in die Brennkammer des Brennkammerabschnitts 15 geleitet.

[0035] In der Schnittdarstellung der Figur 2 ist eine Ausgestaltung einer Brennkammer 3 dieses Brennkammerabschnitts 15 dargestellt. Die Brennkammer 3 umfasst hierbei unter anderem eine Treibstoffdüse 29, welche in einem Brennkammerkopf gehalten ist. Über die Treibstoffdüse 29 wird Treibstoff in ein Flammenrohr 300 der Brennkammer 3 eingespritzt, das den Brennraum der Brennkammer 3 definiert. Dieses Flammenrohr 300 ist in einem Hohlraum untergebracht, der durch ein Brennkammeraußengehäuse 30 und ein Brennkammerinnengehäuse 31 der Brennkammer 3 definiert ist. Die Abgase des innerhalb des Brennraums des Flammenrohrs 300 entzündeten Gemisches gelangen über eine Turbinenvorleitreihe 33 zu der Hochdruckturbine 16, um die Turbinenstufen in Drehung zu versetzen. Der Brennraum des Flammenrohrs 300 ist durch eine Brennkammerwand 32 der Brennkammer 3 begrenzt, an der innenseitig Brennkammerschindeln 34 angeordnet sind. Die Brennkammerwand 32 umschließt somit den Brennraum der Brennkammer 3 und trägt die Brennkammerschindeln 34, mit denen die Brennkammerwand 32 ausgekleidet ist, um eine zusätzliche Kühlung zu ermöglichen und den innerhalb des Brennraumes herrschenden hohen Temperaturen standzuhalten.

[0036] Die Brennkammerschindeln 34 sind hier jeweils über einen oder mehrere Bolzen 4 an der Brennkammerwand 32 gehalten. Jeder Bolzen 4 durchgreift hierbei eine Öffnung an der Brennkammerwand 32 und ist an der Brennkammerwand 32 über jeweils eine Mutter 6 fixiert. Über mehrere an einer Brennkammerschindel 34 entsprechend der Figur 3 vorgesehene Effusionskühlöcher 340 ist eine Kühlung der jeweiligen Brennkammerschindel 34 ermöglicht. Zudem kann eine Brennkammerschindel 34 wenigstens ein Zumischloch 35 aufweisen, über das Luft aus einem das Flammenrohr 300 umgebenden Außenraum in den Brennraum einströmen kann. Die über ein Zumischloch 35 strömende Luft dient dabei dem Abkühlen und/oder dem Abmagern der Verbrennung.

[0037] Der das Flammenrohr 300 umgebende Außenraum, zum Beispiel in Form eines Ringkanals, bildet dabei eine Luftzuführung 36 für die Zumischlöcher 35 und die Effusionskühlöcher 340 aus. Entlang einer Zuströmrichtung Z in die Brennkammer 3 einströmende Luft wird hierbei im Bereich der Treibstoffdüse 29 über einen haubenartig ausgestalteten Abschnitt in einen primären Luftstrom für den Brennraum des Flammenrohrs 300 und einen sekundären Luftstrom für den das 300 Flammenrohr umgebenden Außenraum mit der Luftzuführung 36 aufgeteilt. Die Luft strömt hierbei üblicherweise über einen Diffusor (in Figur 2 nicht dargestellt) in die Brennkammer 3 ein.

[0038] Die Fixierung der Brennkammerschindel 34 an der Brennkammeraußenwand 32 erfolgte bisher regelmäßig über integral mit einer Brennkammerschindel 34 ausgebildete Bolzen 4, wie dies exemplarisch in den Figuren 4A und 4B in geschnittener Darstellung veranschaulicht ist. Ein an der Innenseite der Brennkammerschindel 34 ausgebildeter Bolzenschaft 40 eines Bolzens 4 weist dabei an seinem oberen Ende ein Gewinde 42 auf. Indem der Bolzenschaft 40 durch eine Öffnung an der Brennkammerwand 32 hindurchgreift und von außen eine Mutter 6 aufgeschraubt wird, wird die Brennkammerschindel 34 bestimmungsgemäß an der Brennkammerwand 32 gelagert, sodass sie sich innen gegen die Brennkammerwand 32 über eine Abstützung 341 der Brennkammerschindel 34 abstützt.

[0039] Die Herstellung einer Brennkammerschindel 34 erfolgt üblicherweise insbesondere durch Gießen und Aufbringen einer keramischen Beschichtung oder durch additive Fertigungsverfahren, wie zum Beispiel Selective Laser Sintering, Direct Laser Depositioning oder mittels Elektronenstrahlauftragsschweißen. Ein an der Brennkammerschindel 34 integral ausgebildeter Bolzen 4 erschwert aber vor allem die Herstellung mittels additiver Fertigungsverfahren. Ferner werden im Betrieb häufig Probleme infolge Kriechen des Materials beobachtet, die zum Versagen des Bolzens 4 und damit zum Verlust der Brennkammerschindel 34 führen können. Hier schafft die erfindungsgemäße Lösung Abhilfe, zu

der exemplarische Ausführungsbeispiele mit den Figuren 5A bis 5B und 6A bis 6F nachfolgend näher beschrieben werden.

[0040] Beiden Varianten der Figuren 5A bis 5B und 6A bis 6F ist hierbei gemein, dass der Bolzen 4 als separates Bauteil ausgebildet ist und in eine Aufnahme 50 eines Lagerelements 5 an der Brennkammerschindel 34 eingesteckt und hierin formschlüssig verankert ist. Der Bolzen 4 bildet hierbei jeweils einen scheibenförmigen Bolzenkopf 41 aus, der in die Aufnahme 50 an der Brennkammerschindel 34 entlang einer Verbindungsrichtung V, die quer zu einer Bolzenlängsachse M verläuft, einsteckbar ist. Die Aufnahme 50 des an der Brennkammerschindel 34 einstückig ausgeformten Lagerelements 5 ist hierfür taschenförmig ausgebildet und zu einer Querseite hin offen, sodass der Bolzenkopf 41 eines Bolzens 4 entlang der Verbindungsrichtung V hierin eingeschoben und formschlüssig in der Aufnahme 50 gehalten werden kann. Zur formschlüssigen Sicherung des Bolzenkopfes 41 an der Aufnahme 50 bildet das Lagerelement 5 dabei im Wesentlichen radial vorstehende, stegförmige Randbereiche 51 aus, die den in die Aufnahme 50 eingesteckten Bolzenkopf 41 randseitig umgreifen.

[0041] Im Ausführungsbeispiel der Figuren 5A und 5B ist der Bolzenkopf 41 scheibenförmig und asymmetrisch zu Bolzenlängsachse M ausgebildet. An einem in Verbindungsrichtung V liegenden vorderen Teil weist der Bolzenkopf 41 eine halbkreisförmige Grundfläche auf, während ein rückwärtiger Teil des Bolzenkopfes 41, an dem der Bolzenschaft 40 vorsteht, eine rechteckförmige Grundfläche aufweist.

[0042] Der scheibenförmige Bolzenkopf 41 ist an seinem rückwärtigen Teil mit einem Aufbau 46 versehen, der an einer Unterseite des Bolzenkopfes 41 eine lokale Verdickung eines Randabschnittes des Bolzenkopfes 41 definiert. Über diesen Aufbau 46 ist eine Wandstärke des Bolzenkopfes 41 lokal erhöht und zwar in einem Bereich, an dem der Rand des Bolzenkopfes 41 nicht von dem radial vorstehenden Randbereich 51 des Lagerelements 5 umgriffen wird und über (erste) Kontaktflächen an dem Randbereich 51 innen anliegen kann. So ist der Aufbau 46 an einem bezogen auf die Verbindungsrichtung V rückwärtigen Teil des Bolzenkopfes 41 vorgesehen, der an der offenen Seite der taschenförmigen Aufnahme 50 vorliegt, wenn der Bolzen 4 hierin bestimmungsgemäß eingesteckt ist. Die Höhe des Aufbaus 46 ist dabei so bemessen, dass der Aufbau 46 mit dem Randbereich 51 des Lagerelements 5 abschließt und damit der Bolzenkopf 41 direkt über eine (zweite) Kontaktfläche 460 an der Brennkammerwand 32 anliegen kann, wenn die Mutter 6 auf den Bolzenschaft 40 aufgeschraubt wird, um die Brennkammerschindel 34 an der Brennkammerwand 32 zu fixieren. Der Bolzenkopf 41 kann damit einerseits über den Aufbau 46 lokal unmittelbar an der Brennkammerwand 32 anliegen und sich andererseits über vorliegend mehr als 60%, z.B. ca. 70% bis 80 % seines Gesamtumfangs an dem Randbereich 51 des Lagerelements 5 abstützen. Vorliegend ist der Aufbau 46 in etwa so dick wie der Randbereich 51.

[0043] Bei bestimmungsgemäßer Lagerung an der Brennkammerwand 32 liegt der in der Draufsicht U-förmige Randbereich 51 sowie der Aufbau 46 jeweils flächig an der Brennkammerwand 32 an. Auf diese Weise wird vermieden, dass der Bolzenkopf 41 beim Anziehen der Mutter 6 innerhalb der Aufnahme 50 verspannt wird und durch die Montage unerwünschte Biegemomente erfährt, die letztlich im Betrieb des Gasturbinentriebwerks T zu einem Versagen des Bolzens 4 führen. Über den Aufbau 46 an dem Bolzenkopf 41 ist der Bolzen 4 ferner auch gegen eine Drehung relativ zu dem Lagerelement 5 gesichert, wenn der Bolzenkopf 41 in die Aufnahme 50 eingesteckt ist. Hierfür ist der Aufbau 46 so breit ausgebildet, dass er von dem quer zur Bolzenlängsachse M gegenüberliegenden radial vorstehenden Randbereichen 51 des Lagerelements 5 eingefasst ist. Der Aufbau 46 liegt folglich quer zur Bolzenlängsachse M an sich gegenüberliegenden Stellen an dem Randbereich 51 an oder kommt zumindest hiermit in Anlage, um eine Drehung des Bolzens 4 um die Bolzenlängsachse M zu blockieren. Derart verbleibt der Bolzen 4 in einer definierten Position relativ zu der Brennkammerschindel 34, wenn diese an die Brennkammerwand 32 montiert und die Mutter 6 an den Bolzenschaft 40 geschraubt wird. Über den Aufbau 46 ist somit eine Verdrehsicherung integral an dem Bolzenkopf 41 ausgebildet.

[0044] Die Aufnahme 50 weist weiterhin eine Basisfläche 500 auf, oberhalb der sich der im Wesentlichen radial vorstehende und teilweise um die Bolzenlängsachse M umlaufende Randbereich 51 des Lagerelements 5 erstreckt. Dieser Basisfläche 500 an der Oberfläche der Brennkammerschindel 34 ist eine Stirnseite 410 des Bolzenkopfes 41 zugewandt, wenn der Bolzenkopf 41 bestimmungsgemäß in die Aufnahme 50 eingesteckt ist. Um hierbei zwischen der Stirnseite 410 und der Basisfläche 500 eine Luftkammer mit einem vergleichsweise großen Volumen für die Durchströmung mit Kühlluft vorzusehen, ist die Stirnseite 410 nicht flach ausgebildet, sondern mit einer konkaven vorzugsweise zentral bezogen auf den Bolzenschaft 40 angeordneten Innenwölbung 43. Die konkave Innenwölbung 42 weist hierbei einen Innenradius auf, der im Wesentlichen dem Radius des kreiszylindrisch ausgebildeten Bolzenschaftes 40 entspricht.

[0045] Eingerahmt wird die konkave Innenwölbung 43 durch einen an der Stirnseite 410 kreisringförmig erhabenen vorstehenden Kragen. Von diesem Kragen an der Stirnseite 410 des Bolzenkopfes 41 sind in der Schnittdarstellung der Figur 5A zwei quer zur Bolzenlängsachse M zueinander beabstandete konvexe Auswölbungen 44 ersichtlich. Der die konkave Innenwölbung 43 einfassende Kragen ist somit wulstartig ausgebildet. In radialer Richtung oder Querrichtung schließt sich an diesen Kragen jeweils ein äußerer Rand 45 des Bolzenkopfes 41 an. Derart ist der die konkave Innenwölbung 43 einfassende wulstartig ausgebildete Kragen in radialer Richtung zu dem äußersten Rand 45 des Bolzenkopfes 41 beabstandet. Über den wulstartig ausgebildeten Kragen an der Stirnseite des Bolzenkopfes 41 werden Spannungen in einem Übergangsbereich 411 zwischen dem Bolzenschaft 40 und dem Bolzenkopf 41 reduziert. Die Dicke

des Kragens ist hierbei derart bemessen, dass weiterhin ein Spalt für Kühlluft zwischen diesem Kragen und der Basisfläche 500 verbleibt, wenn der Bolzenkopf 41 bestimmungsgemäß in die Aufnahme 50 eingesteckt ist und die Brennkammerschindel 34 bestimmungsgemäß montiert ist.

[0046] Für einen Kühlluftstrom zur Brennkammerschindel 34 ist ferner an einer in axialer Richtung vorspringenden Seitenwand der Aufnahme 50 eine Aussparung 501 vorgesehen. Über die Aussparung 501 kann eine Kühlluftströmung an eine dem Brennraum abgewandte Außenseite der Brennkammerschindel 34 geleitet werden. Diese Kühlluftströmung kann beispielsweise durch einen in dem Bolzenschaft 40 gebildeten Durchgangskanal (in der Figur 5A nicht dargestellt) an das Lagerelement 5 geleitet werden (vgl. auch Figur 6D).

[0047] Der Bolzen 4 der Ausführungsvariante der Figuren 5A und 5B (wie auch der Bolzen 4 der Variante der Figuren 6A bis 6F) ist ferner im Bereich des Übergangs zwischen dem Bolzenschaft 40 und dem Bolzenkopf 41 optimiert, sodass in diesem Bereich kein erhöhtes Versagensrisiko infolge einer etwaigen Kerbwirkung vorliegt. So ist hier ein konisch ausgestalteter Übergangsbereich 411 zwischen dem Bolzenschaft 40 und dem Bolzenkopf 41 vorgesehen. Dieser konische Übergangsbereich 410 weist eine konkave Wölbung mit einem Wölbungsradius R40 auf. Dieser Wölbungsradius R40 entspricht vorliegend im Wesentlichen dem Radius des kreiszylindrischen Bolzenschaftes 40. Der formoptimierte Übergangsbereich 410 kann dabei aber eine von einem Kreisring abweichende Kontur aufweisen.

[0048] Bei dem weiteren Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 6A bis 6F ist eine von der Variante der Figuren 5A und 5B abweichende Gestaltung des Bolzenkopfes 41 sowie der Aufnahme 50 an der Brennkammerschindel 34 gewählt worden. Wie insbesondere anhand der Schnittdarstellungen des Bolzenkopfes 41 und des Lagerelements 5 in den Figuren 6A und 6B ersichtlich ist, weist hier der Rand des Bolzenkopfes 41, der in der Aufnahme 50 formschlüssig von dem Randbereich 51 des Lagerelements 5 umgriffen ist, eine konische Form auf. Der Rand des Bolzenkopfes 41 verbreitert sich hier folglich in Richtung seiner Stirnseite 41 kontinuierlich bzw. verjüngt sich in Richtung des Bolzenschaftes 40. Hiermit korrespondierend bildet der Randbereich 51 des Lagerelements 5 konisch verlaufende Kontaktflächen für die Anlage des von ihm umgriffenen Randes des Bolzenkopfes 41 aus. Die zur formschlüssigen Verankerung des Bolzens 4 an dem Lagerelement 5 vorgesehenen Ränder des Bolzenkopfes 41 bilden somit Kontaktflächen aus, die sich nicht nur in einer senkrecht zur Bolzenlängsachse M verlaufenden flachen Ebene erstrecken. Vielmehr sind die für die Anlage an dem Randbereich 51 des Lagerelements 5 vorgesehenen Kontaktflächen des Bolzenkopfes 41 zur Bolzenlängsachse M geneigt ausgebildet, und zwar geneigt in Richtung der Basisfläche 500 der Aufnahme 50.

[0049] Des Weiteren weist der Bolzenkopf 41 eine gegenüber der Ausführungsvariante der Figuren 5A und 5B vergrößerte konkave Innenwölbung 43 an seiner der Basisfläche 500 zugewandten Stirnseite 410 auf. So überstreicht die Innenwölbung 43 hier im Querschnitt nahezu die gesamte Breite des Bolzenkopfes 41. Ein Wölbungsradius R43 der konkaven Innenwölbung ist beispielsweise mehr als doppelt so groß wie der Radius des kreiszylindrischen Bolzenschaftes 40. In Kombination mit der konischen Ausbildung des Randes des Bolzenkopfes 41 wird hierüber eine vergleichsweise schmale Auflage 41 an der Basisfläche 500 der Aufnahme 50 erreicht. Ferner wird hierüber der Bolzenkopf 41 innerhalb der Aufnahme 50 bereits beim Einstecken ausgerichtet, sodass der Bolzenkopf 41 insbesondere nach der Montage der Brennkammerschindel 34 an die Brennkammerwand 32 flächig an der dem Randbereich 51 des Lagerelements 5 anliegt. So wird über die konusförmige Gestaltung des Randes des Bolzenkopfes 41 eine Selbstzentrierung des Bolzenkopfes 41 innerhalb der Aufnahme 50 erreicht, wenn der Bolzenkopf 41 entlang der Verbindungsrichtung V und damit quer zur Bolzenlängsachse in die Aufnahme 50 eingesteckt wird.

[0050] Zur Optimierung des Kraftverlaufs und der Reduzierung unerwünschter Querkkräfte und Biegemomente ist auch die Form der Aufnahme 50 und des Randbereichs 51 des Lagerelements 5 alternativ ausgestaltet. So weist der Randbereich ineinander übergehende konkave und konvexe Bereiche mit in etwa übereinstimmenden Radien r_a , r_i auf. Ferner weisen die im Wesentlichen radial vorstehenden Randbereiche 51 des Lagerelements 5 eine sich ausgehend von der Basisfläche 500 ändernde Wandstärke d_1 , d_2 auf. Dabei ist eine Wandstärke d_2 des Randbereichs 51 im Bereich der Anlage des konischen Randes des Bolzenkopfes 41 gegenüber einer Wandstärke d_1 in einem Basisflächen 500 nahen Bereich erhöht, um hier eine größere Festigkeit zu gewährleisten.

[0051] Wie insbesondere aus den Figuren 6D und 6E ersichtlich ist, ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Bolzenkopf 41 mit einer Grundfläche ausgebildet, die durch eine Rechteckform mit sich daran anschließendem Halbkreis gebildet ist. Der Halbkreis mit einem Radius R_a liegt dabei an einer in Verbindungsrichtung V vorderen Seite des Bolzenkopfes 41 vor, die vollständig von dem Randbereich 51 des Lagerelements 5 umgriffen ist, wenn der Bolzenkopf 41 bestimmungsgemäß in die taschenförmige Aufnahme 50 eingesteckt ist. Der Radius R_a des vorderen Halbkreises der Grundfläche entspricht der Hälfte einer Breite b der Rechteckform. Das durch die halbkreisförmige Grundfläche definierte, in Verbindungsrichtung V liegende Ende des Bolzenkopfes 41 ist dabei gegenüber dem rückwärtigen Ende mit der rechteckförmigen Grundfläche auskragend ausgeführt, indem der Mittelpunkt des vorderen Halbkreises zur Bolzenlängsachse M in Verbindungsrichtung V versetzt ist. Die sich entlang der Verbindungsrichtung V erstreckende Länge a der Rechteckform ist ferner kleiner als deren Breite b und der Radius R_a des Halbkreises.

[0052] Die einzelnen Teile der Grundfläche des Bolzenkopfes 41 definieren unterschiedliche Randabschnitte 41 a und 41 b, die von dem Randbereich 51 des Lagerelements 5 bei eingestecktem Bolzenkopf 41 umgriffen sind und über Kontaktflächen 412 innen an dem Randbereich 51 anliegen, wenn die Brennkammerschindel 34 an der Brennkammer-

wand 32 gelagert ist. Während ein erster Randabschnitt 41a entlang einer Kreislinie an der Vorderseite des Bolzenkopfes 41 ausgebildet ist, verlaufen die Randabschnitte 41 b mit der Länge a entlang der Verbindungsrichtung V. Über die damit gegebene asymmetrische Ausgestaltung des Bolzenkopfes 41 bezüglich der Bolzenlängsachse M ist der in die Aufnahme 50 eingesteckte Bolzenkopf 41 gegen eine Verdrehung um die Bolzenlängsachse M gesichert, wenn die Mutter 6 aufgeschraubt wird.

[0053] Die beiden Randabschnitte 41b des Bolzenkopfes 41, die sich längs der Verbindungsrichtung V erstrecken, gliedern sich vorliegend jeweils in zwei Teilbereiche 41 ba und 41 bb. Der Teilbereich 41 bb liegt zwischen dem Teilbereich 41 ba und dem vorderen Randabschnitt 41a. Dieser Teilbereich 41bb ist konisch und sich zur Stirnseite des Bolzenkopfes 41 verbreiternd ausgebildet. Der bezogen auf die Verbindungsrichtung V rückwärtige Teilbereich 41 ba ist zusätzlich um einen Winkel α_4 zur Verbindungsrichtung V geneigt. In dem Teilbereich 41 ba bildet der Randabschnitt 41 b somit eine Kontaktfläche 412 zur Anlage an dem im Wesentlichen radial vorstehenden Randbereich 51 des Lagerelements 5 aus, die sowohl bezüglich einer mit der Verbindungsrichtung V zusammenfallenden ersten Raumrichtung x und der Bolzenlängsachse M geneigt verläuft als auch geneigt zu einer zweiten Raumrichtung y, die senkrecht zu der ersten Raumrichtung x und der Verbindungsrichtung V verläuft. Diese komplexe Formgebung des Randabschnitts 41 b an dem Teilbereich 41 ba, die insbesondere mit Blick auf die Figur 6C veranschaulicht ist, gleicht zumindest teilweise die Konusform an der Vorderseite des Bolzenkopfes 41 aus, um auf den Bolzenkopf 41 einwirkende Querkkräfte in Folge der Fixierung an der Brennkammerwand 32 zu reduzieren.

[0054] An dem Randbereich 51 des Lagerelements 5 ist ferner ein mit der Geometrie des Teilbereichs 41 ba korrespondierender Kanal ausgebildet. Dieser Kanal verjüngt sich entgegengesetzt zur Verbindungsrichtung V bzw. verbreitert sich in Verbindungsrichtung V und stellt damit eine definierte flächige Anlage an dem Randbereich 51 der in zweifacher Hinsicht schräg verlaufenden Kontaktfläche 412 des Teilbereichs 41 ba sicher, wenn der Bolzenkopf 41 in die Aufnahme 50 eingesteckt ist. Zur Ausbildung des sich entgegengesetzt zur Verbindungsrichtung V verjüngenden Kanals weist der Randbereich 51 stegartig vorspringende Bereiche 51 a, 51 b auf, deren Wandstärke sich entlang der Verbindungsrichtung V von einem Maximalwert d3 zu einem Minimalwert d4 kontinuierlich verringert. Durch die sich kontinuierlich ändernde Wandstärke verläuft bezogen auf die Verbindungsrichtung V rückwärtige Abschnitt des Kanals unter einem Winkel α_5 zu der Verbindungsrichtung V, wobei dieser Winkel α_5 im Wesentlichen dem Winkel α_4 an dem rückwärtigen Teilbereich 41 ba des Bolzenkopfes 41 entspricht. Entlang der Verbindungsrichtung V aneinander anschließende stegartig vorspringende Bereiche des Randbereichs 51 weisen somit einerseits in einem rückwärtigen Teil eine sich verändernde Wandstärke für die Definition des sich verbreiternden Kanals und den Umgriff des hinteren oder rückwärtigen Randabschnitts 41 b des Bolzenkopfes 41 und andererseits in einem vorderen Teil eine gleichbleibende Wandstärke d4 für den Umgriff des vorderen Randabschnitts 41a des Bolzenkopfes 41 auf.

[0055] Derart ist über das Zusammenspiel des Randbereichs 51 und des durch ihn definierten Kanals, in den ein Rand des Bolzenkopfes 41 eingeschoben wird, mit dem Randabschnitt 41b des Bolzenkopfes 41, der unterschiedlich bezüglich der Verbindungsrichtung V ausgerichtete Kontaktflächen 412 ausbildet, nicht nur eine Zentrierung des Bolzenkopfes 41 innerhalb der Aufnahme 50 beim Einstecken des Bolzenkopfes 41 erreicht. Vielmehr ist hierüber auch eine definierte Ausrichtung des Bolzenkopfes 41 in axialer Richtung und eine definierte Anlage an einer Innenseite des nicht vollständig umlaufenden Randbereichs 51 des Lagerelements 5 erreicht, wenn die Brennkammerschindel 34 über den Bolzen 4 an der Brennkammerwand 32 festgelegt wird.

[0056] Obwohl dies in den 6A bis 6F nicht dargestellt ist, kann in einer Weiterbildung auch hier vorgesehen sein, dass der Bolzenkopf 41 an einem bezogen auf die Verbindungsrichtung V hinteren Bereich seines Randes eine lokale Aufdickung aufweist, um ein bei der Montage auftretendes Biegemoment weiter zu reduzieren und eine zusätzliche Sicherung gegen eine Verdrehung des Bolzens 4 beim Anbringen der Mutter 6 bereitzustellen.

[0057] Ferner kann alternativ oder ergänzend auch eine Bolzenunterlegscheibe mit konischer Kontaktfläche zur Rückgewinnung verlorener Bolzenvorspannung durch Kriechen vorgesehen sein. Eine solche Bolzenunterlegscheibe wird an den Bolzenschaft 40 aufgesteckt und ist nach der Fixierung der Brennkammerschindel 34 zwischen Mutter 6 und Brennkammerwand 32 angeordnet.

[0058] Wie exemplarisch in der Figur 6D angedeutet ist, kann der Bolzenschaft einen hierin zentral angeordneten Durchgangskanal 400 für Kühlluft aufweisen. Über diesen Durchgangskanal 400 kann dann Kühlluft über den Bolzenschaft 400 in die mit der konkaven Innenwölbung 43 definierte Luftkammer und damit insbesondere an den Bolzenkopf 41 und die Brennkammerschindel 34 strömen. Alternativ oder ergänzend kann die taschenförmige Aufnahme 50 an ihren Seitenwänden Kühlluftöffnungen aufweisen.

[0059] Insbesondere der Bolzen 4, der als separates Bauteil in die jeweilige Aufnahme 50 der Brennkammerschindel 34 einsteckbar ist, kann mittels Selective Laser Sintering, Direct Laser Depositioning, mittels Elektronenauftragsschweißen, als Pressteil oder durch Metall-Pulverspritzgießen hergestellt sein. Gleiches gilt grundsätzlich für das Lagerelement 5 der Brennkammerschindel 34 wie auch die Brennkammerschindel 34 selbst. Durch den wenigstens zweiteiligen Aufbau ist es ermöglicht, dass der Bolzen 4 und die Brennkammerschindel 34 voneinander separat herstellbar sind. Damit ist auch eine unabhängige Materialwahl für die Brennkammerschindel 34 einerseits und den die Brennkammerschindel 34 an der Brennkammerwand 32 lagernden Bolzen 4 andererseits möglich. Indem insbesondere der Bolzenkopf 41 mit der

erfindungsgemäßen Geometrie ausgestaltet ist, ist die formschlüssige Verbindung zwischen dem Bolzenkopf 41 und der Brennkammerschindel 34 gezielt optimiert, sodass beispielsweise unerwünschte Biegemomente und Querkräfte auf den Bolzenkopf 41 während der Fixierung der Brennkammerschindel 34 an der Brennkammerwand 32 gegenüber bisher bekannten Lösungen deutlich reduziert oder sogar gänzlich vermieden sind. Hierbei ist selbstverständlich möglich, dass eine Brennkammerschindel 34 über mehrere (mindestens zwei) separate Bolzen 4 an der Brennkammerwand 32 festgelegt wird und hierfür mehrere, gegebenenfalls auch unterschiedlich zueinander orientierte Lagerelemente 5 aufweist.

Bezugszeichenliste

[0060]

1	Triebwerkachse
10	Bypasskanal
11	Lufteinlass
12	Fan
13	Mitteldruckverdichter
14	Hochdruckverdichter
15	Brennkammerabschnitt
16	Hochdruckturbine
17	Mitteldruckturbine
18	Niederdruckturbine
19	Abgasdüse
20	Leitschaufel
21	Kerngehäuse
22	Verdichterlaufschaufel
23	Leitschaufel
24	Turbinenschaufel
25	Welle
26	Verdichtertrommel oder -scheibe
27	Turbinenrotornabe
28	Auslasskonus
29	Treibstoffdüse
3	Brennkammer
30	Brennkammeraußengehäuse
300	Flammrohr
31	Brennkammerinnengehäuse
32	Brennkammerwand
33	Turbinenvorleitreihe
34	Brennkammerschindel
340	Effusionskühlloch
341	Abstützung
35	Zumischloch
36	Luftzuführung
4	Bolzen
40	Bolzenschaft
400	Durchgangskanal
41	Bolzenkopf
410	Stirnseite
411	Übergangsbereich
412	Kontaktfläche
41 a, 41 b	Randabschnitt
41 ba, 41 bb	Teilbereich
42	Gewinde
43	Innenwölbung
44	Auswölbung
45	Äußerer Rand
46	Aufbau (lokal verdickter Randabschnitt)

460	Kontaktfläche
5	Lagerelement
50	Aufnahme
500	Basisfläche
5	501 Aussparung
51	Randbereich
51 a, 51 b	stegartig vorspringender Bereich
6	Mutter
A	Eintrittsrichtung
10	a, b Länge
d1, d2, d3, d4	Wandstärke
M	Bolzenlängsachse
R40, R41, R43	Wölbungsradius
Ra	Radius
15	r _a , r _i r _i Radius
T	Gasturbinentriebwerk
V	Verbindungsrichtung
Z	Zuströmrichtung
α ₄ , α ₅	Winkel
20	

Patentansprüche

1. Baugruppe für eine Brennkammer (3) einer Gasturbine (T), mit wenigstens

- einer Brennkammerschindel (34) mit einem Lagerelement (5) und
- mindestens einem als separates Bauteil ausgebildeten Bolzen (4) zur Lagerung der Brennkammerschindel (34) an einer Brennkammerwand (32) der Brennkammer (3),

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Lagerelement (5) eine Aufnahme (50) aufweist, in die ein Bolzenkopf (41) des Bolzens (4) quer zu einer Bolzenlängsachse (M) eingesteckt und hierin formschlüssig verankert ist,
- das Lagerelement (5) an der Aufnahme (50) einen bezogen auf die Bolzenlängsachse (M) im Wesentlichen radial vorstehenden Randbereich (51) ausbildet, der einen Rand des Bolzenkopfes (41) zumindest teilweise umgreift, und
- der in die Aufnahme (50) eingesteckte Bolzenkopf (41) an seiner der Brennkammerschindel (34) abgewandten Unterseite mindestens eine Kontaktfläche (460) zur Anlage an der Brennkammerwand (32) und/oder mindestens eine Kontaktfläche (412) zur Anlage an dem Randbereich (51) des Lagerelements (5), die geneigt zur Bolzenlängsachse (M) verläuft, ausbildet.

2. Baugruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Rand des Bolzenkopfes (41) mindestens ein erster Randabschnitt ausgebildet ist, der an dem radial vorstehenden Randbereich (51) anliegt, und an dem Rand des Bolzenkopfes (41) mindestens ein zweiter zu dem ersten Randabschnitt beabstandeter Randabschnitt (46) ausgebildet ist, der an der Brennkammerwand (32) anliegt, wenn die Brennkammerschindel (34) bestimmungsgemäß hieran gelagert ist.

3. Baugruppe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Randbereich (51) des Lagerelements (5) nicht vollständig um die Bolzenlängsachse (M) umlaufend ausgebildet und zu wenigstens einer Seite hin offen ist und der zweite Randabschnitt (46) des Bolzenkopfes (41) an dieser einen Seite vorliegt, so dass der zweite Abschnitt (46) nicht von dem radial vorstehenden Randbereich (51) umgriffen ist.

4. Baugruppe nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bolzenkopf (41) an dem zweiten Randabschnitt (46) in - bezogen auf die Bolzenlängsachse (M) - axialer Richtung (z) lokal verdickt ist.

5. Baugruppe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein lokal verdickter Abschnitt (46) gegenüber angrenzenden Abschnitten des Bolzenkopfes eine über 15 % und bis zu 100 % größere Ausdehnung in axialer Richtung (z) aufweist und/oder sich ein lokal verdickter Abschnitt (46) des Bolzenkopfes (41) mit einer Länge entlang eines

Umfangs erstreckt, die höchstens einem 1/3 des Gesamtumfangs des Bolzenkopfes (41) entspricht.

- 5 6. Baugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bolzenkopf (41) an einem Randabschnitt (41 a, 41 b), der von dem radial vorstehenden Randbereich (51) des Lagerelements (5) umgriffen ist, konisch ausgebildet ist.
7. Baugruppe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich ein konisch ausgebildeter Randabschnitt (41 a, 41 b) des Bolzenkopfes (41) in Richtung einer durch den Bolzenkopf (41) definierten Stirnseite (410) verbreitert.
- 10 8. Baugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Bolzenkopf (41) ein Randabschnitt (41b) ausgebildet ist, der zumindest in einem Bereich (41 ba) unter einem Winkel (α_4) geneigt zu einer Verbindungsrichtung (V) verläuft, entlang der der Bolzenkopf (41) in die Aufnahme (50) des Lagerelements (5) der Brennkammerschindel (34) eingesteckt ist.
- 15 9. Baugruppe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der radial vorstehende Randbereich (51) des Lagerelements (5) einen sich verjüngenden und entlang der Verbindungsrichtung (V) verlaufenden Kanal für das Einstecken des Bolzenkopfes (41) definiert, wobei der Grad der Verjüngung des Kanals mit dem Winkel (α_4) korrespondiert, unter dem der zumindest eine Bereich (41 ba) des Randabschnitts (41 b) geneigt zur Verbindungsrichtung (V) verläuft.
- 20 10. Baugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Bolzenkopf (41) ein Randabschnitt (41 b) mit einer Kontaktfläche (412) zur Anlage an dem radial vorstehenden Randbereich (51) des Lagerelements (5) ausgebildet ist, wobei die Kontaktfläche sowohl bezüglich einer ersten Raumrichtung (x) und der Bolzenlängsachse (M) geneigt verläuft als auch geneigt zu einer zweiten Raumrichtung (y), die senkrecht zu der ersten Raumrichtung (x) verläuft.
- 25 11. Baugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einem Bolzenschaft (40) des Bolzens (4), über den die Brennkammerschindel (34) an der Brennkammerwand (32) gehalten ist, und dem Bolzenkopf (41) ein konischer Übergangsbereich (411) ausgebildet ist, insbesondere ein Übergangsbereich, bei dem eine Mantelfläche des Übergangsbereichs (411) konkav gewölbt ist und einen Wölbungsradius (R40, R41) aufweist, der im Bereich von 1,0 bis 3,5 mal dem Durchmesser des Bolzenschaftes (40) entspricht.
- 30 12. Baugruppe für eine Brennkammer (3) einer Gasturbine (T), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit wenigstens
- 35
 - einer Brennkammerschindel (34) mit einem Lagerelement (5) und
 - mindestens einem als separates Bauteil ausgebildeten Bolzen (4) zur Lagerung der Brennkammerschindel (34) an einer Brennkammerwand (32) der Brennkammer (3),
- 40 wobei der Bolzen (4) einen Bolzenschaft (40) aufweist, über den die Brennkammerschindel (34) an der Brennkammerwand (32) gehalten ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 45
 - das Lagerelement (5) eine Aufnahme (50) aufweist, in die ein Bolzenkopf (41) des Bolzens (4) quer zu einer Bolzenlängsachse (M) eingesteckt und hierin formschlüssig verankert ist,
 - die Lagerelement (5) an der Aufnahme (50) einen bezogen auf die Bolzenlängsachse (M) im Wesentlichen radial vorstehenden Randbereich (51) ausbildet, der einen Rand des Bolzenkopfes (41) zumindest teilweise umgreift, und
 - die Aufnahme (50) eine Basisfläche (500) aufweist, oberhalb der sich der radial vorstehende Randbereich (51) erstreckt und der Bolzenkopf (41) eine Stirnseite (410) aufweist, die der Basisfläche (500) zugewandt ist und an der eine konkave, zentral bezogen auf den Bolzenschaft (40) angeordnete Innenwölbung (43) vorgesehen ist.
- 50
- 55 13. Baugruppe nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die konkave Innenwölbung (43) im Querschnitt einen Wölbungsradius (R43) aufweist, der
- mindestens einem Sechstel einer mittleren Breite des Bolzenkopfes (41) quer zur Bolzenlängsachse (M) entspricht und/oder

EP 3 139 090 A2

- der mindestens der Hälfte des Durchmessers des Bolzenschaftes (40) des Bolzens (4) entspricht, über den die Brennkammerschindel (34) an der Brennkammerwand (32) gehalten ist.

5 **14.** Baugruppe nach einem der Ansprüche 12 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Innenwölbung (43) im Querschnitt durch zwei konvexe Auswölbungen berandet ist, die in Richtung der Basisfläche (500) vorstehen.

15. Gasturbinentriebwerk mit einer Brennkammer (3), die wenigstens eine Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 14 aufweist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

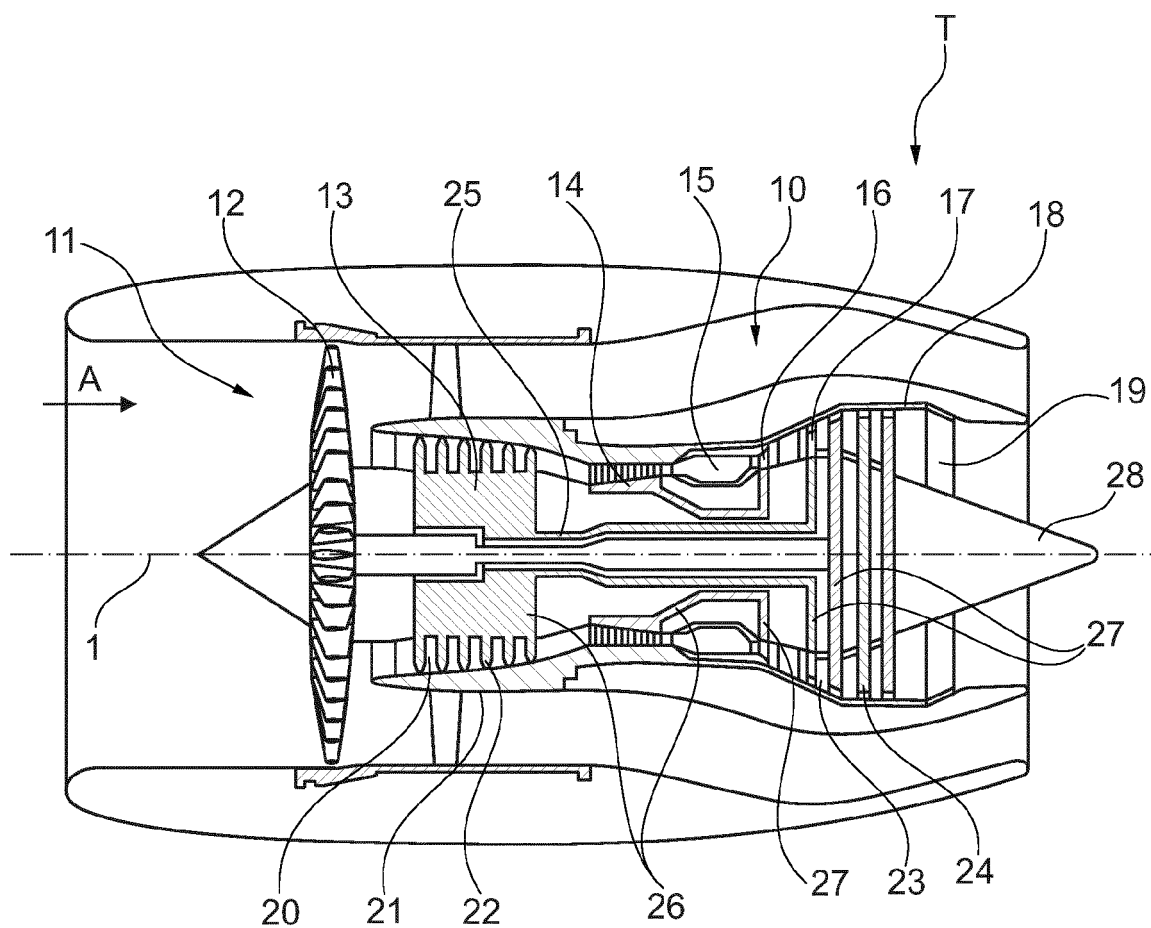


Fig. 1

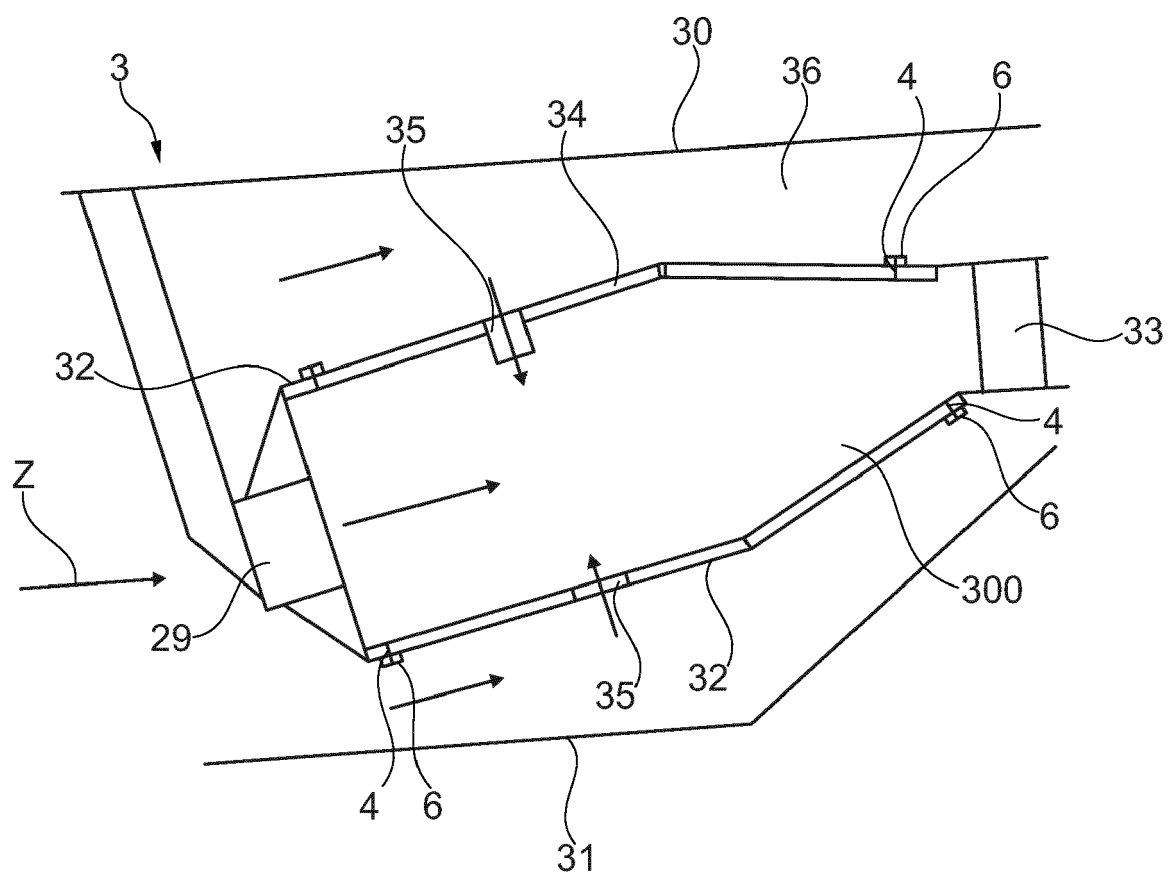


Fig. 2

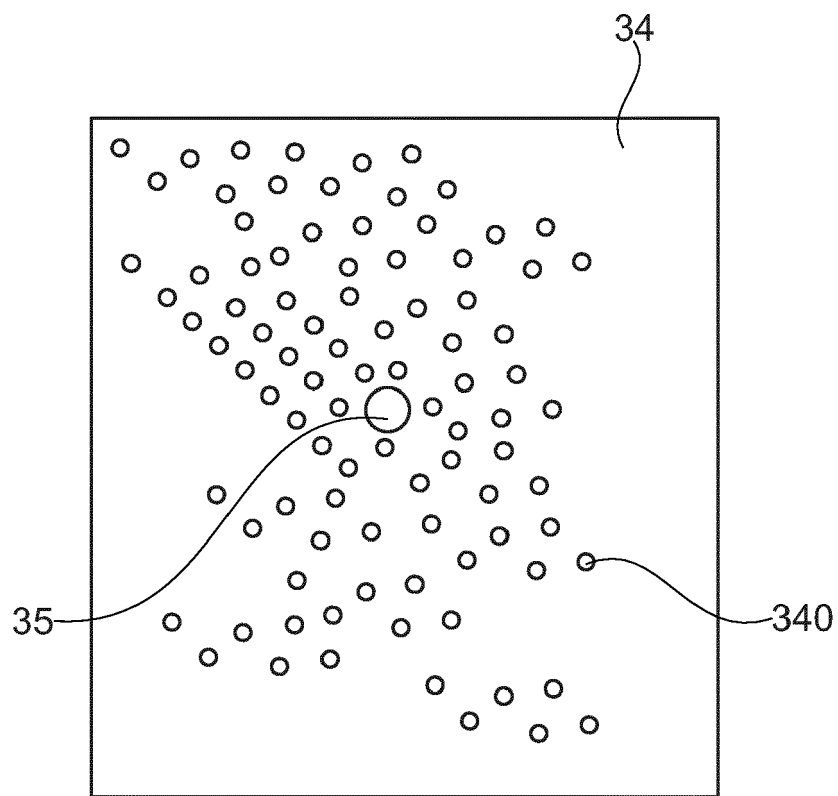


Fig. 3

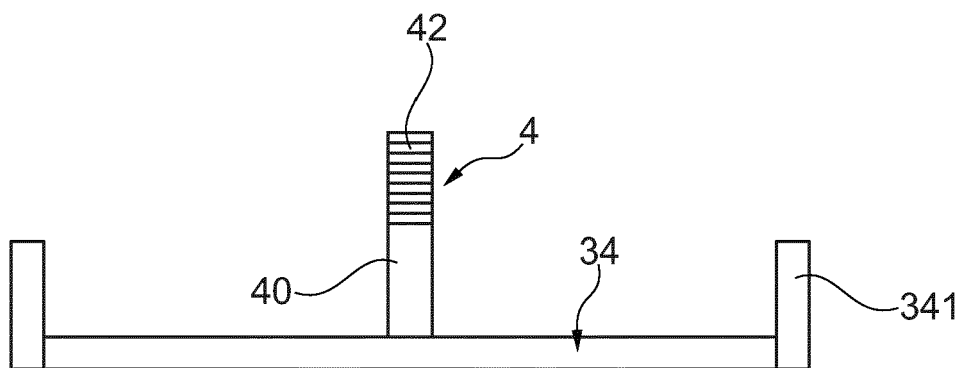


Fig. 4A
Stand der Technik

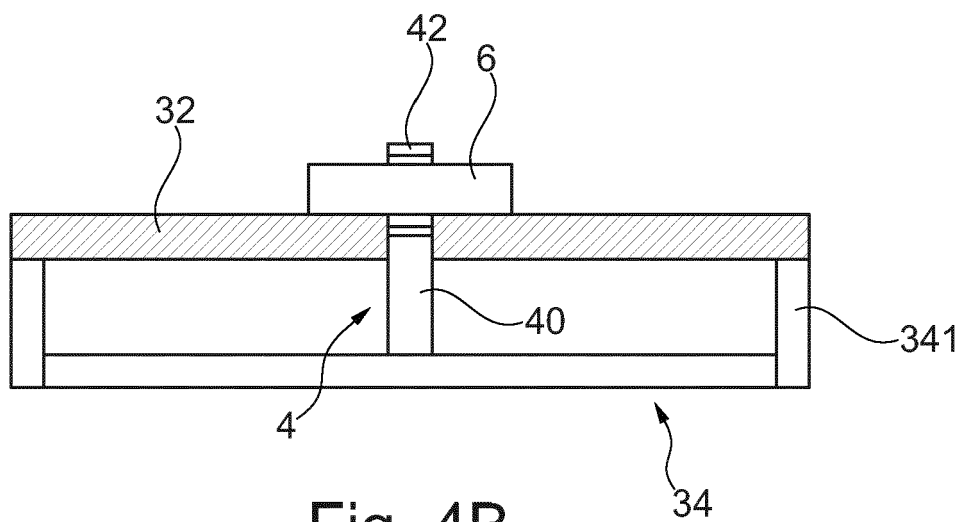


Fig. 4B
Stand der Technik

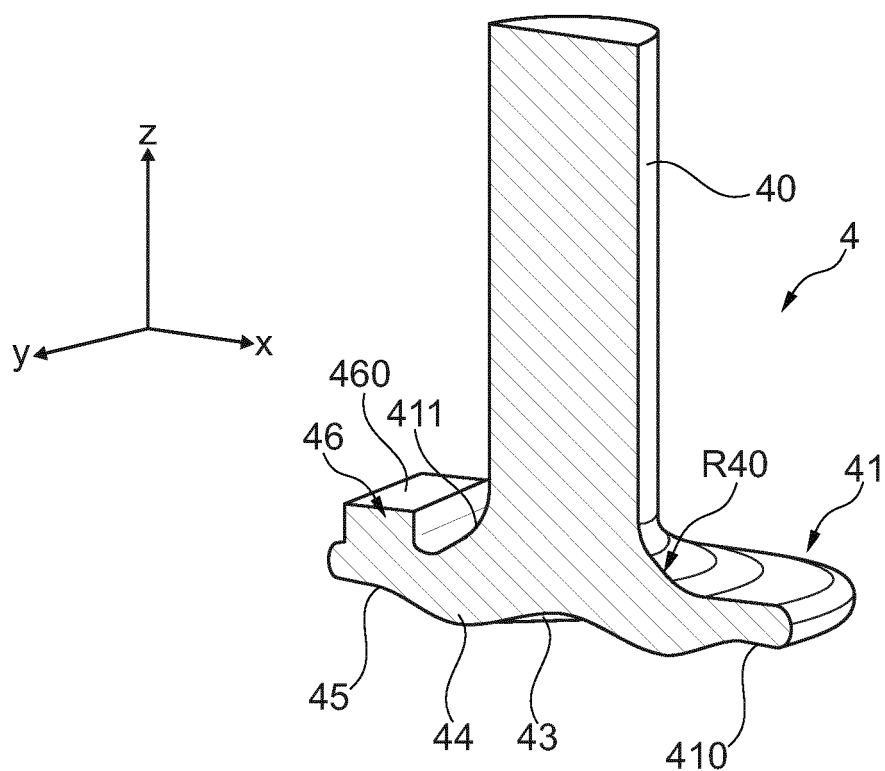


Fig. 5A

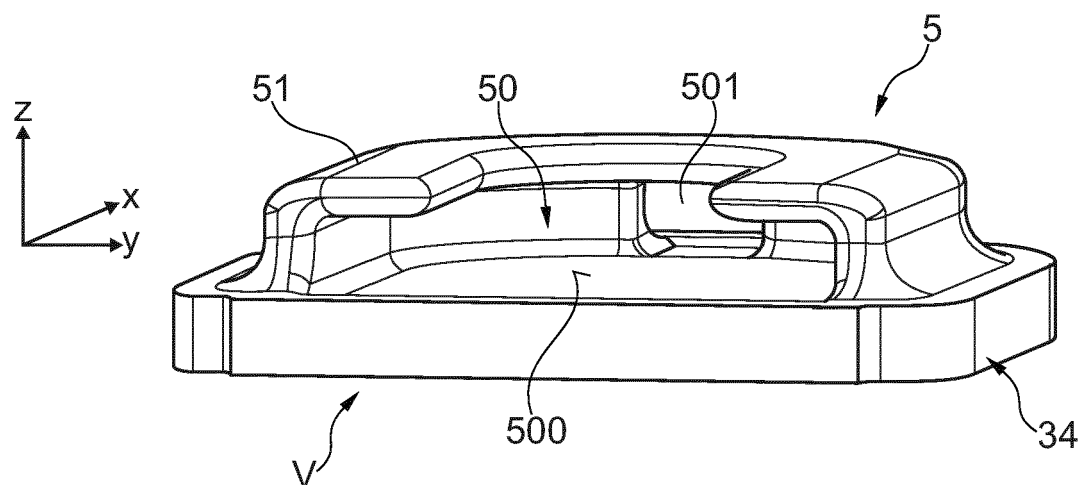


Fig. 5B

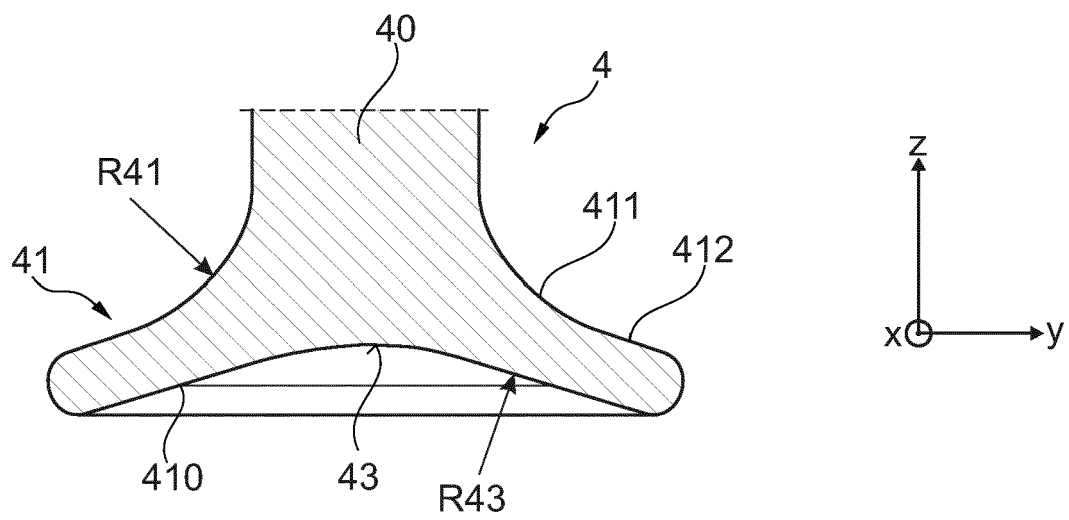


Fig. 6A

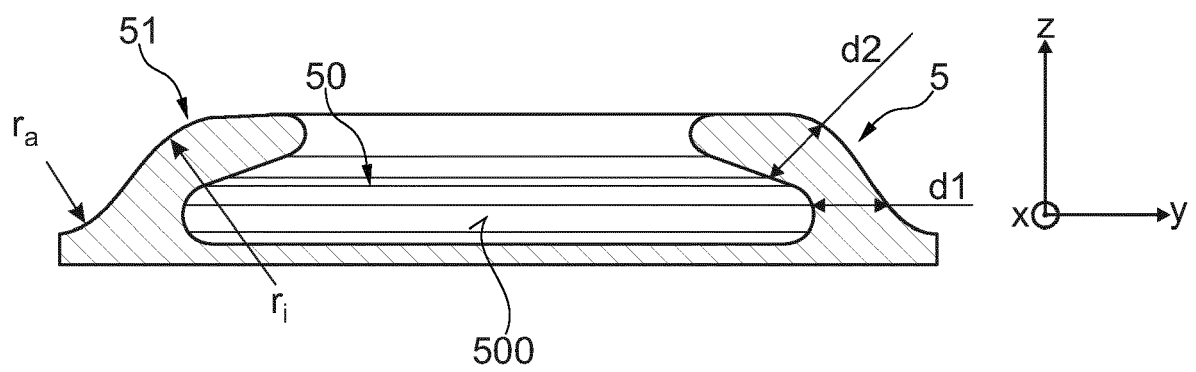


Fig. 6B

Fig. 6C

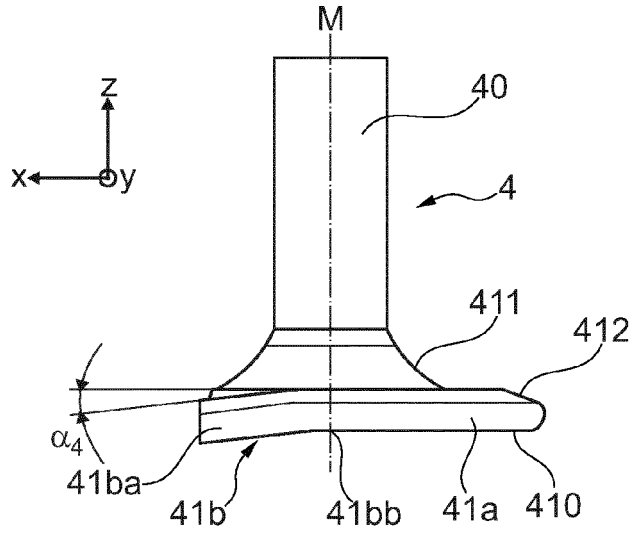


Fig. 6D

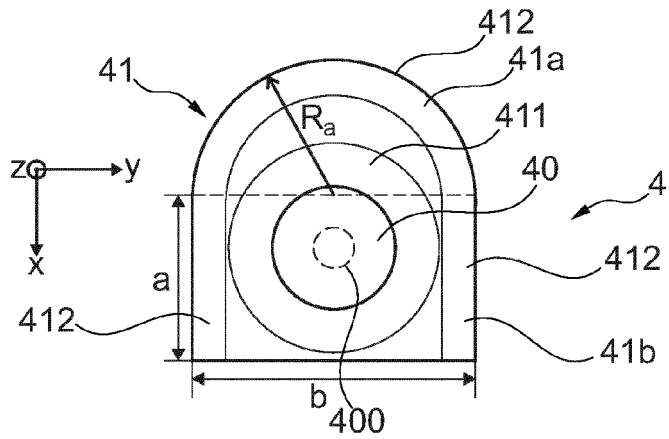
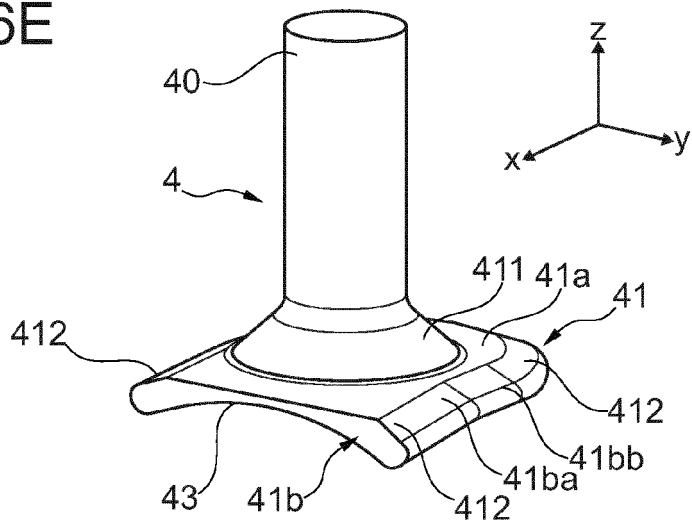


Fig. 6E



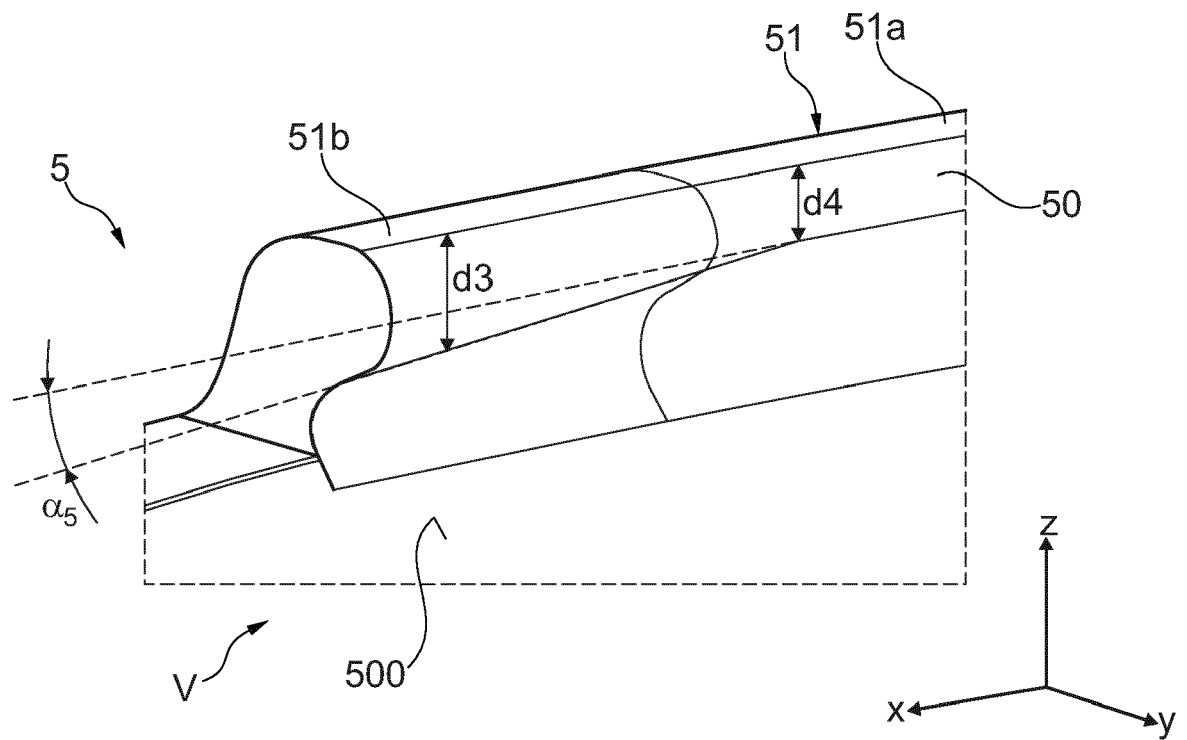


Fig. 6F

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0972992 B1 [0002]
- DE 10214570 A1 [0002]