



(10) **DE 10 2020 122 564 A1** 2022.03.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 122 564.4**

(22) Anmeldetag: **28.08.2020**

(43) Offenlegungstag: **03.03.2022**

(51) Int Cl.: **F16C 33/10** (2006.01)

F16C 17/24 (2006.01)

F16H 57/04 (2010.01)

F02C 7/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, 15827
Blankenfelde-Mahlow, DE**

(74) Vertreter:

**Maikowski & Ninnemann Patentanwälte
Partnerschaft mbB, 10707 Berlin, DE**

(72) Erfinder:

**Blake, Greg, 15827 Blankenfelde-Mahlow, DE;
Gräber, Michael, 15827 Blankenfelde-Mahlow, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2016 114 952	A1
DE	10 2018 100 111	A1
DE	295 21 034	U1
FR	1 471 846	A
FR	1 554 858	A
GB	1 128 370	A
GB	2 508 914	A
GB	2 553 628	A
US	2013 / 0 230 263	A1
US	5 320 431	A
US	545 653	A
US	2 266 968	A
WO	2014/ 040 153	A1

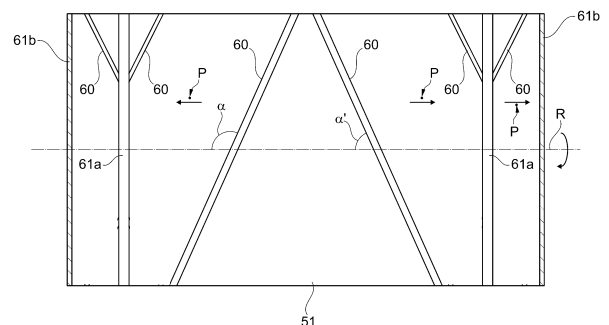
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Gleitlagervorrichtung, Getriebvorrichtung mit einer Gleitlagervorrichtung und Gasturbinentriebwerk mit einer Gleitlagervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Gleitlagervorrichtung (50) mit einem Schmierfilm zwischen Gleitflächen (51, 52) und mit mindestens einem Partikeltransportkanal (60) in mindestens einer Gleitfläche (51, 52) der Gleitlagervorrichtung (50), wobei die Richtung des mindestens einen Partikeltransportkanals (60)

- bei einer radialen Gleitlagervorrichtung (50) mindestens abschnittsweise einen Winkel (α) ungleich 90° zu einer Ebene senkrecht zur Rotationsrichtung (R) aufweist,
- bei einer axialen Gleitlagervorrichtung (50) mindestens abschnittsweise einen Winkel (α) ungleich 0° zu einer zylindrischen Fläche um die Rotationsrichtung (R) aufweist, und der mindestens eine Partikeltransportkanal (60) im Betrieb fluidisch in Kontakt mit mindestens einem Partikelreservoir (61a, 61b, 61c, 61d) steht und das der mindestens eine Partikeltransportkanal (60) durch das mindestens eine Partikelreservoir (61a, 61b, 61c, 61d) hindurchgeht und / oder darauf gerichtet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Gleitlagervorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Getriebevorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 und ein Gasturbinentriebwerk mit den Merkmalen des Anspruchs 14.

[0002] Gleitlager sollen relativ zueinander bewegliche Bauteile möglichst genau, reibungsarm und verschleißfrei führen. Zwischen Gleitflächen eines Gleitlagers, im Schmierpalt, ist ein Schmierfilm angeordnet, der z.B. ein Fluid wie Öl oder Kraftstoff aufweist. Dabei kann es vorkommen, dass sich Partikel (z.B. als Verschmutzung, Abrieb etc.) im Schmierpalt bewegen, was grundsätzlich unerwünscht ist. Aus der US 5,320,431 A, der US 2013 / 0230263 A1, der GB 1 128 370, der US 5,456,53 A und der FR 1 471 846 sind Mittel bekannt, dieses Problem adressieren.

[0003] Es besteht die Aufgabe, effiziente Mittel bereitzustellen, mit dem negative Effekte von Partikeln im Schmierpalt minimiert werden können.

[0004] Gemäß einem ersten Aspekt wird gemäß Anspruch 1 eine Gleitlagervorrichtung mit einem Schmierfilm zwischen Gleitflächen und mit mindestens einem Partikeltransportkanal in mindestens einer Gleitfläche bereitgestellt, wobei die Richtung des mindestens einen Partikeltransportkanals

- bei einer radialen Gleitlagervorrichtung mindestens abschnittsweise einen Winkel α ungleich 90° zu einer Ebene senkrecht zur Rotationsrichtung (R) aufweist,
- bei einer axialen Gleitlagervorrichtung mindestens abschnittsweise einen Winkel α ungleich 0° zu einer zylindrischen Fläche um die Rotationsrichtung aufweist.

[0005] Somit können axiale und radiale Gleitlagervorrichtungen mindestens einen Partikeltransportkanal aufweisen, wobei der mindestens eine Partikeltransportkanal im Betrieb fluidisch in Kontakt mit mindestens einem Partikelreservoir steht und dass der mindestens eine Partikeltransportkanal durch das mindestens eine Partikelreservoir hindurchgeht und / oder darauf gerichtet ist.

[0006] Der mindestens eine Partikeltransportkanal ist demnach - je nach Lagerart - nicht radial und nicht konzentrisch ausgebildet, so dass im Schmierfilm befindliche Partikel bei einer radialen Gleitlagervorrichtung in axialer Richtung und bei einer axialen Gleitlagervorrichtung in radialer Richtung transportiert werden können. Dieser Transport der Partikel erfolgt im Betrieb der Gleitlagervorrichtung jeweils in Richtung auf ein Partikelreservoir, das in der Gleitfläche angeordnet sein kann oder (axial oder radial je

nach Lagerbauart) außerhalb der Gleitfläche liegen kann.

[0007] Grundsätzlich ist es möglich, den mindestens einen Partikeltransportkanal und das mindestens eine Partikelreservoir in einer Gleitfläche der Gleitpaarung anzuordnen.

[0008] Dies ist aber nicht zwingend, da der mindestens eine Partikeltransportkanal und das mindestens eine Partikelreservoir auch in beiden Gleitflächen angeordnet sein können. Auch ist es möglich, dass der mindestens eine Partikeltransportkanal in einer Gleitfläche angeordnet ist und das mindestens eine Partikelreservoir in der gegenüberliegenden Gleitfläche.

[0009] Zusätzlich oder alternativ kann das mindestens eine Partikelreservoir als ein (z.B. nutenförmiger) Sammelkanal in Umfangsrichtung der Gleitfläche der mindestens einen Gleitfläche ausgebildet sein. Auch ist es möglich, dass das mindestens eine Partikelreservoir ein axiales Ende einer axialen Gleitlagervorrichtung oder als ein radialer Rand einer radialen Gleitlagervorrichtung ausgebildet ist. Auch kann das mindestens eine Partikelreservoir in den Partikeltransportkanal integriert sein, indem es z.B. in diesen mündet. Dabei können in einer Gleitlagervorrichtung grundsätzlich auch unschädliche Formen von Partikelsammelkanälen und / oder Partikelreservoirs verwendet werden.

[0010] In einer Ausführungsform ist der mindestens eine Partikeltransportkanal schraubenförmig in der mindestens einen Gleitfläche einer axialen Gleitlagervorrichtung angeordnet, wobei der Schraubwinkel des Partikeltransportkanals in axialer Richtung der Gleitlagervorrichtung konstant ist oder sich in axialer Richtung der Gleitlagervorrichtung abschnittsweise ändert. Durch die Wahl des Schraubwinkels kann die Strömung des Öls (ggf. mit den Partikeln) durch den mindestens einen Partikeltransportkanal beeinflusst werden. Insbesondere wird der Schraubwinkel des mindestens einen Partikeltransportkanals in Richtung zu einem axialen Ende oder einem radialen Rand kleiner. Hierdurch wird zum einen der gewünschte Effekt des Transportes von Partikeln sichergestellt, zum anderen wird der unerwünschte Effekt einer Abfuhr des Schmierfilmfluides aus den Gleitlagerfunktionsflächen begrenzt.

[0011] In einer weiteren Ausführungsform kann die Querschnittsfläche des mindestens einen Partikeltransportkanals senkrecht zur Richtung des Partikeltransportkanals oder zur Richtung des nutenförmigen Partikelreservoirs symmetrisch oder asymmetrisch ausgebildet sein. Dabei kann die asymmetrische Querschnittsfläche so orientiert sein, dass sie die Ausbildung des Schmierfilms unterstützt, beispielsweise

weise dadurch, dass die Querschnittsfläche in Richtung der Gleitlagerbewegung unter einem flacheren Winkel auf die Gleitlagerfläche zuläuft als entgegen der Richtung der Gleitlagerbewegung.

[0012] In einer Ausführungsform können zwei nutenförmige Partikeltransportkanäle Winkel relativ zu einer Ebene senkrecht zur Rotationsrichtung (für den Fall der Radialgleitlagervorrichtung) oder relativ zu einer zylindrischen Fläche um die Rotationsrichtung (für den Fall der Axialgleitlagervorrichtung) mit unterschiedlichen Vorzeichen aufweisen. Damit kann können schraubenförmige Partikeltransportkanäle auch bei wechselnden Drehrichtungen eingesetzt werden.

[0013] Bei einer weiteren Ausführungsform entspricht die maximale Tiefe und / oder maximale Breite des mindestens einen Partikeltransportkanals und / oder des mindestens einen nutenförmigen Partikelreservoirs mindestens der minimalen Dicke des Schmierfilms. Abhängig von den Anwendungsbedingungen des Gleitlagers beträgt die minimale Dicke des Schmierfilms 0,005 mm oder mehr. Dies bedeutet, dass der Partikeltransportkanal und / oder das Partikelreservoir an der tiefsten Stelle mindestens der Dicke des Schmierfilms entspricht. Damit können Partikel, deren Größe in etwa der Dicke des Schmierfilms entspricht, transportiert oder aufgenommen werden.

[0014] Ferner kann die maximale Tiefe des mindestens einen Partikeltransportkanals und / oder des mindestens einen nutenförmigen Partikelreservoirs kleiner als das 100-fache der minimalen Dicke des Schmierfilms ausgebildet sein. Abhängig von den Anwendungsbedingungen des Gleitlagers beträgt das 100-fache der minimalen Dicke des Schmierfilms 0.5 mm oder mehr.

[0015] Für eine gute Aufnahme der Partikel kann in einer Ausführungsform die maximale Tiefe des mindestens einen Partikelreservoirs größer als die maximale Tiefe der nutenförmigen Partikeltransportkanäle sein.

[0016] Auch kann die maximale Breite des mindestens einen Partikeltransportkanals und / oder des mindestens einen nutenförmigen Partikelreservoirs einen Wert nicht überschreiten, der die Brutto-Axiallänge um mehr als 10 % reduzieren würde, wenn man die Summe aller maximalen Breiten des mindestens einen Partikeltransportkanals und des mindestens einen nutenförmigen Partikelreservoirs an der gleichen Umfangsposition betrachtet.

[0017] Die Aufgabe wird auch durch eine Getriebevorrichtung mit mindestens einer Gleitlagervorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 11 gelöst. Dabei kann die Getriebevorrichtung als Planetengetriebe

ausgebildet sein und die Gleitlagervorrichtung der Lagerung eines Planetenrades dienen.

[0018] Die Aufgabe wird auch durch ein Gasturbinentriebwerk mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst.

[0019] Wie hier an anderer Stelle angeführt wird, kann sich die vorliegende Offenbarung auf ein Gasturbinentriebwerk, z.B. ein Flugzeugtriebwerk, beziehen. Solch ein Gasturbinentriebwerk kann ein Kerntriebwerk umfassen, das eine Turbine, eine Brennervorrichtung, einen Verdichter und eine die Turbine mit dem Verdichter verbindende Kernwelle umfasst. Solch ein Gasturbinentriebwerk kann einen Fan (mit Fanschaufeln) umfassen, der stromaufwärts des Kerntriebwerks positioniert ist.

[0020] Anordnungen der vorliegenden Offenbarung können insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, für Getriebe-Fans, die über ein Getriebe angetrieben werden, von Vorteil sein. Entsprechend kann das Gasturbinentriebwerk ein Getriebe umfassen, das über die Kernwelle angetrieben wird und dessen Abtrieb den Fan so antreibt, dass er eine niedrigere Drehzahl als die Kernwelle aufweist. Der Eingang für das Getriebe kann direkt von der Kernwelle oder indirekt über die Kernwelle, beispielsweise über eine Stirnwelle und/oder ein Stirnzahnrad, erfolgen. Die Kernwelle kann mit der Turbine und dem Verdichter starr verbunden sein, so dass sich die Turbine und der Verdichter mit derselben Drehzahl drehen (wobei sich der Fan mit einer niedrigeren Drehzahl dreht).

[0021] Das Gasturbinentriebwerk, das hier beschrieben und / oder beansprucht wird, kann eine beliebige geeignete allgemeine Architektur aufweisen. Beispielsweise kann das Gasturbinentriebwerk eine beliebige gewünschte Anzahl an Wellen aufweisen, die Turbinen und Verdichter verbinden, beispielsweise eine, zwei oder drei Wellen. Lediglich beispielhaft kann die mit der Kernwelle verbundene Turbine eine erste Turbine sein, der mit der Kernwelle verbundene Verdichter kann ein erster Verdichter sein und die Kernwelle kann eine erste Kernwelle sein. Das Kerntriebwerk kann ferner eine zweite Turbine, einen zweiten Verdichter und eine zweite Kernwelle, die die zweite Turbine mit dem zweiten Verdichter verbindet, umfassen. Die zweite Turbine, der zweite Verdichter und die zweite Kernwelle können dahingehend angeordnet sein, sich mit einer höheren Drehzahl als die erste Kernwelle zu drehen.

[0022] Bei einer solchen Anordnung kann der zweite Verdichter axial stromabwärts des ersten Verdichters positioniert sein. Der zweite Verdichter kann dahingehend angeordnet sein, eine Strömung von dem ersten Verdichter aufzunehmen (beispielsweise

direkt aufzunehmen, beispielsweise über einen generell ringförmigen Kanal).

[0023] Das Getriebe kann dahingehend ausgebildet sein, dass es von der Kernwelle angetrieben wird, die dazu konfiguriert ist, sich (beispielsweise im Gebrauch) mit der niedrigsten Drehzahl zu drehen (beispielsweise die erste Kernwelle in dem obigen Beispiel). Beispielsweise kann das Getriebe dahingehend ausgebildet sein, dass es lediglich von der Kernwelle angetrieben wird, die dazu konfiguriert ist, sich (beispielsweise im Gebrauch) mit der niedrigsten Drehzahl zu drehen (beispielsweise nur von der ersten Kernwelle und nicht der zweiten Kernwelle bei dem obigen Beispiel). Alternativ dazu kann das Getriebe dahingehend ausgebildet sein, dass es von einer oder mehreren Wellen angetrieben wird, beispielsweise der ersten und / oder der zweiten Welle in dem obigen Beispiel.

[0024] Bei einem Gasturbinentriebwerk, das hier beschrieben und / oder beansprucht wird, kann eine Brennvorrichtung axial stromabwärts des Fans und des Verdichters (oder der Verdichter) vorgesehen sein. Beispielsweise kann die Brennvorrichtung direkt stromabwärts des zweiten Verdichters (beispielsweise an dessen Ausgang) liegen, wenn ein zweiter Verdichter vorgesehen ist. Als ein weiteres Beispiel kann die Strömung am Ausgang des Verdichters dem Einlass der zweiten Turbine zugeführt werden, wenn eine zweite Turbine vorgesehen ist. Die Brennvorrichtung kann stromaufwärts der Turbine (der Turbinen) vorgesehen sein.

[0025] Der oder jeder Verdichter (beispielsweise der erste Verdichter und der zweite Verdichter gemäß obiger Beschreibung) kann eine beliebige Anzahl an Stufen, beispielsweise mehrere Stufen, umfassen. Jede Stufe kann eine Reihe von Rotorschaukeln und eine Reihe von Statorschaukeln umfassen, bei denen es sich um variable Statorschaukeln handeln kann (d.h. der Anstellwinkel kann variabel sein). Die Reihe von Rotorschaukeln und die Reihe von Statorschaukeln können axial zueinander versetzt sein.

[0026] Die oder jede Turbine (beispielsweise die erste Turbine und die zweite Turbine gemäß obiger Beschreibung) kann eine beliebige Anzahl an Stufen, beispielsweise mehrere Stufen, umfassen. Jede Stufe kann eine Reihe von Rotorschaukeln und eine Reihe von Statorschaukeln umfassen. Die Reihe von Rotorschaukeln und die Reihe von Statorschaukeln können axial zueinander versetzt sein.

[0027] Jede Fanschaukel kann eine radiale Spannweite aufweisen, die sich von einem Fuß (oder einer Nabe) an einer radial innenliegenden, von Gas überströmten Stelle oder sich von einer Position einer Spannweite von 0 % zu einer Spitze mit einer Spannweite von 100 % erstreckt. Das Verhältnis des

Radius der Fanschaukel an der Nabe zu dem Radius der Fanschaukel an der Spitze kann bei weniger als (oder in der Größenordnung von): 0,4, 0,39, 0,38, 0,37, 0,36, 0,35, 0,34, 0,33, 0,32, 0,31, 0,3, 0,29, 0,28, 0,27, 0,26 oder 0,25 liegen. Das Verhältnis des Radius der Fanschaukel an der Nabe zu dem Radius der Fanschaukel an der Spitze kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei Werten im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Diese Verhältnisse können allgemein hin als das Nabe-Spitze-Verhältnis bezeichnet werden. Der Radius an der Nabe und der Radius an der Spitze können beide an der vorderen Kante (oder der axial am weitesten vorne liegenden Kante) der Schaukel gemessen werden. Das Nabe-Spitze-Verhältnis bezieht sich natürlich auf den von Gas überströmten Abschnitt der Fanschaukel, d. h. den Abschnitt, der sich radial außerhalb jeglicher Plattform befindet.

[0028] Der Radius des Fans kann zwischen der Mittellinie des Triebwerks und der Spitze der Fanschaukel an ihrer vorderen Kante gemessen werden. Der Durchmesser des Fans (der allgemein das Doppelte des Radius des Fans sein kann) kann größer als (oder in der Größenordnung von): 250 cm (etwa 100 Inch), 260 cm, 270 cm (etwa 105 Inch), 280 cm (etwa 110 Inch), 290 cm (etwa 115 Inch), 300 cm (etwa 120 Inch), 310 cm (etwa 123 Inch), 320 cm (etwa 125 Inch), 330 cm (etwa 130 Inch), 340 cm (etwa 135 Inch), 350 cm (etwa 139 Inch), 360 cm (etwa 140 Inch), 370 cm (etwa 145 Inch), 380 cm (etwa 150 Inch) oder 390 cm (etwa 155 Inch) sein (liegen). Der Fandurchmesser kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

[0029] Die Drehzahl des Fans kann im Betrieb variieren. Allgemein ist die Drehzahl geringer für Fans mit einem größeren Durchmesser. Lediglich als ein nicht einschränkendes Beispiel kann die Drehzahl des Fans bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen weniger als 2500 U/min, beispielsweise weniger als 2300 U/min, betragen. Lediglich als ein weiteres nicht einschränkendes Beispiel kann auch die Drehzahl des Fans bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen für ein Triebwerk mit einem Fandurchmesser im Bereich von 250 cm bis 300 cm (beispielsweise 250 cm bis 280 cm) im Bereich von 1700 U/min bis 2500 U/min, beispielsweise im Bereich von 1800 U/min bis 2300 U/min, beispielsweise im Bereich von 1900 U/min bis 2100 U/min, liegen. Lediglich als ein weiteres nicht einschränkendes Beispiel kann die Drehzahl des Fans bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen für ein Triebwerk mit einem Fandurchmesser im Bereich von 320 cm bis 380 cm in dem Bereich von 1200 U/min bis 2000 U/min, beispielsweise in dem Bereich von 1300 U/min bis 1800

U/min, beispielsweise in dem Bereich von 1400 U/min bis 1600 U/min, liegen.

[0030] Im Gebrauch des Gasturbinentriebwerks dreht sich der Fan (mit zugehörigen Fanschaufeln) um eine Drehachse. Diese Drehung führt dazu, dass sich die Spitze der Fanschaufel mit einer Geschwindigkeit U_{Spitze} bewegt. Die von den Fanschaufeln an der Strömung verrichtete Arbeit resultiert in einem Anstieg der Enthalpie dH der Strömung. Eine Fanspitzenbelastung kann als dH/U_{Spitze}^2 definiert werden, wobei dH der Enthalpieanstieg (beispielsweise der durchschnittliche 1-D-Enthalpieanstieg) über den Fan hinweg ist und U_{Spitze} die (Translations-) Geschwindigkeit der Fanspitze, beispielsweise an der vorderen Kante der Spitze, ist (die als Fanspitzenradius am vorderen Rand multipliziert mit der Winkelgeschwindigkeit definiert werden kann). Die Fanspitzenbelastung bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen kann mehr als (oder in der Größenordnung von): 0,3, 0,31, 0,32, 0,33, 0,34, 0,35, 0,36, 0,37, 0,38, 0,39 oder 0,4 betragen (liegen) (wobei alle Einheiten in diesem Abschnitt $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}/(\text{ms}^{-1})^2$ sind). Die Fanspitzenbelastung kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

[0031] Gasturbinentriebwerke gemäß der vorliegenden Offenbarung können ein beliebiges gewünschtes Bypassverhältnis aufweisen, wobei das Bypassverhältnis als das Verhältnis des Massendurchsatzes der Strömung durch den Bypasskanal zu dem Massendurchsatz der Strömung durch den Kern bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen definiert wird. Bei einigen Anordnungen kann das Bypassverhältnis mehr als (oder in der Größenordnung von): 10, 10,5, 11, 11,5, 12, 12,5, 13, 13,5, 14, 14,5, 15, 15,5, 16, 16,5 oder 17 betragen (liegen). Das Bypassverhältnis kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Der Bypasskanal kann im Wesentlichen ringförmig sein. Der Bypasskanal kann sich radial außerhalb des Kerntriebwerks befinden. Die radial äußere Fläche des Bypasskanals kann durch eine Triebwerksgondel und / oder ein Fanggehäuse definiert werden.

[0032] Das Gesamtdruckverhältnis eines Gasturbinentriebwerks, das hier beschrieben und / oder beansprucht wird, kann als das Verhältnis des Staudrucks stromaufwärts des Fans zu dem Staudruck am Ausgang des Höchstdruckverdichters (vor dem Eingang in die Brennvorrichtung) definiert werden. Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann das Gesamtdruckverhältnis eines Gasturbinentriebwerks, das hier beschrieben und / oder beansprucht wird, bei Konstantgeschwindigkeit mehr als (oder in

der Größenordnung von): 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 betragen (liegen). Das Gesamtdruckverhältnis kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden).

[0033] Der spezifische Schub eines Triebwerks kann als der Nettoschub des Triebwerks dividiert durch den Gesamtmassenstrom durch das Triebwerk hindurch definiert werden. Bei Konstantgeschwindigkeitsbedingungen kann der spezifische Schub eines Triebwerks, das hier beschrieben und / oder beansprucht wird, weniger als (oder in der Größenordnung von): 110 $\text{N kg}^{-1}\text{s}$, 105 Nkg^{-1}s , 100 Nkg^{-1}s , 95 Nkg^{-1}s , 90 Nkg^{-1}s , 85 Nkg^{-1}s oder 80 Nkg^{-1}s betragen (liegen). Der spezifische Schub kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Solche Triebwerke können im Vergleich zu herkömmlichen Gasturbinentriebwerken besonders effizient sein.

[0034] Ein Gasturbinentriebwerk, das hier beschrieben und / oder beansprucht wird, kann einen beliebigen gewünschten Höchstschub aufweisen. Lediglich als ein nicht einschränkendes Beispiel kann eine Gasturbine, die hier beschrieben und / oder beansprucht wird, zur Erzeugung eines Höchstschubs von mindestens (oder in der Größenordnung von): 160 kN, 170 kN, 180 kN, 190 kN, 200 kN, 250 kN, 300 kN, 350 kN, 400 kN, 450 kN, 500 kN oder 550kN in der Lage sein. Der Höchstschub kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Der Schub, auf den oben Bezug genommen wird, kann der Nettohöchstschub bei standardmäßigen atmosphärischen Bedingungen auf Meereshöhe plus 15 °C (Umgebungsdruck 101,3 kPa, Temperatur 30 °C) bei statischem Triebwerk sein.

[0035] Im Gebrauch kann die Temperatur der Strömung am Eingang der Hochdruckturbinen besonders hoch sein. Diese Temperatur, die als TET bezeichnet werden kann, kann an dem Ausgang zur Brennvorrichtung, beispielsweise unmittelbar stromaufwärts der ersten Turbinenschaufel, die wiederum als eine Düsenleitschaufel bezeichnet werden kann, gemessen werden. Bei Konstantgeschwindigkeit kann die TET mindestens (oder in der Größenordnung von): 1400 K, 1450 K, 1500 K, 1550 K, 1600 K oder 1650 K betragen (liegen). Die TET bei Konstantgeschwindigkeit kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Die maximale TET im Gebrauch des Triebwerks kann beispielsweise mindestens (oder in der Größenordnung von): 1700 K,

1750 K, 1800 K, 1850 K, 1900 K, 1950 K oder 2000 K betragen (liegen). Die maximale TET kann in einem abgeschlossenen Bereich liegen, der von zwei der Werte im vorhergehenden Satz begrenzt wird (d. h. die Werte können obere oder untere Grenzen bilden). Die maximale TET kann beispielsweise bei einer Bedingung von hohem Schub, beispielsweise bei einer MTO-Bedingung (MTO - Maximum Take-Off thrust - maximaler Startschub), auftreten.

[0036] Eine Fanschaufel und / oder ein Blattabschnitt (aerofoil) einer Fanschaufel, die hier beschrieben und / oder beansprucht wird, kann aus einem beliebigen geeigneten Material oder einer Kombination aus Materialien hergestellt werden. Beispielsweise kann zumindest ein Teil der Fanschaufel und / oder des Blatts zumindest zum Teil aus einem Verbundstoff, beispielsweise einem Metallmatrix-Verbundstoff und / oder einem Verbundstoff mit organischer Matrix, wie z. B. Kohlefaser, hergestellt werden. Als ein weiteres Beispiel kann zumindest ein Teil der Fanschaufel und / oder des Blatts zumindest zum Teil aus einem Metall, wie z. B. einem auf Titan basierendem Metall oder einem auf Aluminium basierendem Material (wie z. B. einer Aluminium-Lithium-Legierung) oder einem auf Stahl basierendem Material hergestellt werden. Die Fanschaufel kann mindestens zwei Bereiche umfassen, die unter Verwendung verschiedener Materialien hergestellt werden. Beispielsweise kann die Fanschaufel eine vordere Schutzkante aufweisen, die unter Verwendung eines Materials hergestellt wird, das dem Aufschlagen (beispielsweise von Vögeln, Eis oder anderem Material) besser widerstehen kann als der Rest der Schaufel. Solch eine vordere Kante kann beispielsweise unter Verwendung von Titan oder einer auf Titan basierenden Legierung hergestellt werden. Somit kann die Fanschaufel lediglich als ein Beispiel einen auf Kohlefaser oder Aluminium basierenden Körper (wie z. B. eine Aluminium-Lithium-Legierung) mit einem vorderen Rand aus Titan aufweisen.

[0037] Ein Fan, der hier beschrieben und / oder beansprucht wird, kann einen mittleren Abschnitt umfassen, von dem sich die Fanschaufeln, beispielsweise in einer radialen Richtung, erstrecken können. Die Fanschaufeln können auf beliebige gewünschte Art und Weise an dem mittleren Abschnitt angebracht sein. Beispielsweise kann jede Fanschaufel eine Fixierungsvorrichtung umfassen, die mit einem entsprechenden Schlitz in der Nabe (oder Scheibe) in Eingriff gelangen kann. Lediglich als ein Beispiel kann solch eine Fixierungsvorrichtung in Form eines Schwalbenschwanzes vorliegen, der zur Fixierung der Fanschaufel an der Nabe/Scheibe in einen entsprechenden Schlitz in der Nabe/Scheibe eingesteckt und / oder damit in Eingriff gebracht werden kann. Als ein weiteres Beispiel können die Fanschaufeln integral mit einem mittleren Abschnitt ausgebildet sein. Solch eine Anordnung kann als eine

Blink oder ein Bling bezeichnet werden. Ein beliebiges geeignetes Verfahren kann zur Herstellung solch einer Blink oder solch eines Bling verwendet werden. Beispielsweise kann zumindest ein Teil der Fanschaufeln aus einem Block maschinell herausgearbeitet werden und / oder mindestens ein Teil der Fanschaufeln kann durch Schweißen, wie z. B. lineares Reibschweißen, an der Nabe/Scheibe angebracht werden.

[0038] Die Gasturbinentriebwerke, die hier beschrieben und / oder beansprucht werden, können oder können nicht mit einer VAN (Variable Area Nozzle - Düse mit variablem Querschnitt) versehen sein. Solch eine Düse mit variablem Querschnitt kann im Betrieb eine Variation des Ausgangsquerschnitts des Bypasskanals erlauben. Die allgemeinen Prinzipien der vorliegenden Offenbarung können auf Triebwerke mit oder ohne eine VAN zutreffen.

[0039] Der Fan einer Gasturbine, die hier beschrieben und / oder beansprucht wird, kann eine beliebige gewünschte Anzahl an Fanschaufeln, beispielsweise 16, 18, 20 oder 22 Fanschaufeln, aufweisen.

[0040] Gemäß der hier erfolgenden Verwendung können Konstantgeschwindigkeitsbedingungen die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen eines Luftfahrzeugs, an dem das Gasturbinentriebwerk angebracht ist, bedeuten. Solche Konstantgeschwindigkeitsbedingungen können herkömmlicherweise als die Bedingungen während des mittleren Teils des Flugs definiert werden, beispielsweise die Bedingungen, denen das Luftfahrzeug und / oder das Triebwerk zwischen (hinsichtlich Zeit und / oder Entfernung) dem Ende des Steigflugs und dem Beginn des Sinkflugs ausgesetzt wird bzw. werden.

[0041] Lediglich als ein Beispiel kann die Vorwärtsgeschwindigkeit bei der Konstantgeschwindigkeitsbedingung bei einem beliebigen Punkt im Bereich von Mach 0,7 bis 0,9, beispielsweise 0,75 bis 0,85, beispielsweise 0,76 bis 0,84, beispielsweise 0,77 bis 0,83, beispielsweise 0,78 bis 0,82, beispielsweise 0,79 bis 0,81, beispielsweise in der Größenordnung von Mach 0,8, in der Größenordnung von Mach 0,85 oder in dem Bereich von 0,8 bis 0,85 liegen. Eine beliebige Geschwindigkeit innerhalb dieser Bereiche kann die Konstantfahrtbedingung sein. Bei einigen Luftfahrzeugen können die Konstantfahrtbedingungen außerhalb dieser Bereiche, beispielsweise unter Mach 0,7 oder über Mach 0,9, liegen.

[0042] Lediglich als ein Beispiel können die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen standardmäßigen atmosphärischen Bedingungen bei einer Höhe entsprechen, die im Bereich von 10.000 m bis 15.000 m, beispielsweise im Bereich von 10.000 m bis 12.000 m, beispielsweise im Bereich von 10.400 m bis 11.600 m (etwa 38.000 Fuß) beispielsweise im

Bereich von 10.500 m bis 11.500 m, beispielsweise im Bereich von 10.600 m bis 11.400 m, beispielsweise im Bereich von 10.700 m (etwa 35.000 Fuß) bis 11.300 m, beispielsweise im Bereich von 10.800 m bis 11.200 m, beispielsweise im Bereich von 10.900 m bis 11.100 m, beispielsweise in der Größenordnung von 11.000 m, liegt. Die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen können standardmäßigen atmosphärischen Bedingungen bei einer beliebigen gegebenen Höhe in diesen Bereichen entsprechen.

[0043] Lediglich als ein Beispiel können die Konstantgeschwindigkeitsbedingungen Folgendem entsprechen: einer Vorwärts-Mach-Zahl von 0,8; einem Druck von 23.000 Pa und einer Temperatur von -55 °C.

[0044] So wie sie hier durchweg verwendet werden, können „Konstantgeschwindigkeit“ oder „Konstantgeschwindigkeitsbedingungen“ den aerodynamischen Auslegungspunkt bedeuten. Solch ein aerodynamischer Auslegungspunkt (oder ADP - Aerodynamic Design Point) kann den Bedingungen (darunter beispielsweise die Mach-Zahl, Umgebungsbedingungen und Schubanforderung), für die der Fanbetrieb ausgelegt ist, entsprechen. Dies kann beispielsweise die Bedingungen, bei denen der Fan (oder das Gasturbinentriebwerk) konstruktionsgemäß den optimalen Wirkungsgrad aufweist, bedeuten.

[0045] Im Betrieb kann ein Gasturbinentriebwerk, das hier beschrieben und / oder beansprucht wird, bei den Konstantgeschwindigkeitsbedingungen, die hier an anderer Stelle definiert werden, betrieben werden. Solche Konstantgeschwindigkeitsbedingungen können von den Konstantgeschwindigkeitsbedingungen (beispielsweise den Bedingungen während des mittleren Teils des Fluges) eines Luftfahrzeugs, an dem mindestens ein (beispielsweise zwei oder vier) Gasturbinentriebwerk(e) zur Bereitstellung von Schubkraft befestigt sein kann, bestimmt werden.

[0046] Für den Fachmann ist verständlich, dass ein Merkmal oder Parameter, das bzw. der in Bezug auf einen der obigen Aspekte beschrieben wird, bei einem beliebigen anderen Aspekt angewendet werden kann, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen. Des Weiteren kann ein beliebiges Merkmal oder ein beliebiger Parameter, das bzw. der hier beschrieben wird, bei einem beliebigen Aspekt angewendet werden und / oder mit einem beliebigen anderen Merkmal oder Parameter, das bzw. der hier beschrieben wird, kombiniert werden, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen.

[0047] Es werden nun beispielhaft Ausführungsformen mit Bezug auf die Figuren beschrieben; in den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Seitenschnittansicht eines Gasturbinentriebwerks;

Fig. 2 eine Seitenschnittgroßansicht eines stromaufwärtigen Abschnitts eines Gasturbinentriebwerks;

Fig. 3 eine zum Teil weggeschnittene Ansicht eines Getriebes für ein Gasturbinentriebwerk;

Fig. 4 eine Schnittansicht durch eine bekannte radiale Gleitlagervorrichtung;

Fig. 5 eine erste Ausführungsform einer radialen Gleitlagervorrichtung mit schraubenförmigen Partikeltransportkanälen;

Fig. 6 eine zweite Ausführungsform einer radialen Gleitlagervorrichtung mit schraubenförmigen Partikeltransportkanälen;

Fig. 7a zeigt einen Querschnitt eines nutenförmigen Partikeltransportkanals oder eines nutenförmigen Partikelreservoirs mit einem symmetrischen Querschnitt;

Fig. 7b zeigt einen Querschnitt eines nutenförmigen Partikeltransportkanals oder eines nutenförmigen Partikelreservoirs mit einem asymmetrischen Querschnitt;

Fig. 8 zeigt schematisch eine Ausführungsform eines Partikeltransportkanals mit einem integrierten Partikelreservoir;

Fig. 9 zeigt schematisch eine Ausführungsform mit einem schraubenförmigen Partikeltransportkanal mit einem veränderlichen Schraubenwinkel;

Fig. 10 zeigt schematische eine Ausführungsform einer axialen Gleitlagervorrichtung mit einem Partikeltransportkanal und Partikelreservoirs.

[0048] Mögliche Anwendungsfälle von Ausführungsformen einer Gleitlagervorrichtung 50 (siehe z. B. **Fig. 5** und **Fig. 6**) werden im Folgenden vor allem im Zusammenhang mit einem Getriebe, insbesondere einem Planetengetriebe 30, beschrieben, das in einem Gasturbinentriebwerk 10 eingesetzt wird. Die Anwendungen sind aber nicht auf dieses Gebiet beschränkt.

[0049] **Fig. 1** stellt ein Gasturbinentriebwerk 10 mit einer Hauptdrehachse 9 dar. Das Triebwerk 10 umfasst einen Lufteinlass 12 und ein Fan 23, der zwei Luftströme erzeugt: einen Kernluftstrom A und einen Bypassluftstrom B. Das Gasturbinentriebwerk 10 umfasst einen Kern 11, der den Kernluftstrom A aufnimmt. Das Kerntriebwerk 11 umfasst in Axialströmungsreihenfolge einen Niederdruckverdichter 14, einen Hochdruckverdichter 15, eine Verbrennungseinrichtung 16, eine Hochdruckturbine 17, eine Niederdruckturbine 19 und eine Kernschubdüse 20.

Eine Triebwerksgondel 21 umgibt das Gasturbinen-triebwerk 10 und definiert einen Bypasskanal 22 und eine Bypassschubdüse 18. Der Bypassluftstrom B strömt durch den Bypasskanal 22. Der Fan 23 ist über eine Welle 26 und ein epizyklisches Planetengetriebe 30 an der Niederdruckturbinen 19 angebracht und wird durch diese angetrieben.

[0050] Im Betrieb wird der Kernluftstrom A durch den Niederdruckverdichter 14 beschleunigt und verdichtet und in den Hochdruckverdichter 15 geleitet, wo eine weitere Verdichtung erfolgt. Die aus dem Hochdruckverdichter 15 ausgestoßene verdichtete Luft wird in die Verbrennungseinrichtung 16 geleitet, wo sie mit Kraftstoff vermischt wird und das Gemisch verbrannt wird. Die resultierenden heißen Verbrennungsprodukte breiten sich dann durch die Hochdruck- und die Niederdruckturbinen 17, 19 aus und treiben diese dadurch an, bevor sie zur Bereitstellung einer gewissen Schubkraft durch die Düse 20 ausgestoßen werden. Die Hochdruckturbinen 17 treibt den Hochdruckverdichter 15 durch eine geeignete Verbindungswelle 27 an. Der Fan 23 stellt allgemein den Hauptteil der Schubkraft bereit. Das epizyklische Planetengetriebe 30 ist ein Untersetzungsgetriebe.

[0051] Eine beispielhafte Anordnung für ein Getriebe-Fan-Gasturbinen-triebwerk 10 wird in **Fig. 2** gezeigt. Die Niederdruckturbinen 19 (siehe **Fig. 1**) treibt die Welle 26 an, die mit einem Sonnenrad 28 des epizyklischen Planetengetriebes 30 gekoppelt ist. Mehrere Planetenräder 32, die durch einen Planetenträger 34 miteinander gekoppelt sind, befinden sich von dem Sonnenrad 28 radial außen und kämmen damit. Der Planetenträger 34 führt die Planetenräder 32 so, dass sie synchron um das Sonnenrad 28 kreisen, während er ermöglicht, dass sich jedes Planetenrad 32 um seine eigene Achse drehen kann. Der Planetenträger 34 ist über Gestänge 36 mit dem Fan 23 dahingehend gekoppelt, seine Drehung um die Triebwerksachse 9 anzutreiben. Ein Außenrad oder Hohlrad 38, das über Gestänge 40 mit einer stationären Stützstruktur 24 gekoppelt ist, befindet sich von den Planetenrädern 32 radial außen und kämmt damit.

[0052] Es wird angemerkt, dass die Begriffe „Niederdruckturbinen“ und „Niederdruckverdichter“, so wie sie hier verwendet werden, so aufgefasst werden können, dass sie die Turbinenstufe mit dem niedrigsten Druck bzw. die Verdichterstufe mit dem niedrigsten Druck (d. h. dass sie nicht den Fan 23 umfassen) und / oder die Turbinen- und Verdichterstufe, die durch die Verbindungswelle 26 mit der niedrigsten Drehzahl in dem Triebwerk (d. h. dass sie nicht die Getriebeausgangswelle, die den Fan 23 antreibt, umfasst) miteinander verbunden sind, bedeuten. In einigen Schriften können die „Niederdruckturbinen“ und der „Niederdruckverdichter“, auf die hier Bezug genommen wird, alternativ dazu als die „Mitteldruck-

turbinen“ und „Mitteldruckverdichter“ bekannt sein. Bei der Verwendung derartiger alternativer Nomenklatur kann der Fan 23 als eine erste Verdichtungsstufe oder Verdichtungsstufe mit dem niedrigsten Druck bezeichnet werden.

[0053] Das epizyklische Planetengetriebe 30 wird in **Fig. 3** beispielhaft genauer gezeigt. Das Sonnenrad 28, die Planetenräder 32 und das Hohlrad 38 umfassen jeweils Zähne an ihrem Umfang, um ein Kämmen mit den anderen Zahnrädern zu ermöglichen. Jedoch werden der Übersichtlichkeit halber lediglich beispielhafte Abschnitte der Zähne in **Fig. 3** dargestellt. Obgleich vier Planetenräder 32 dargestellt werden, liegt für den Fachmann auf der Hand, dass innerhalb des Schutzzumfangs der beanspruchten Erfindung mehr oder weniger Planetenräder 32 vorgesehen sein können. Praktische Anwendungen eines epizyklischen Planetengetriebes 30 umfassen allgemein mindestens drei Planetenräder 32.

[0054] Das in **Fig. 2** und **Fig. 3** beispielhaft dargestellte epizyklische Planetengetriebe 30 ist ein Planetengetriebe, bei dem der Planetenträger 34 über Gestänge 36 mit einer Ausgangswelle gekoppelt ist, wobei das Hohlrad 38 festgelegt ist. Jedoch kann eine beliebige andere geeignete Art von Planetengetriebe 30 verwendet werden. Als ein weiteres Beispiel kann das Planetengetriebe 30 eine Sternanordnung sein, bei der der Planetenträger 34 festgelegt gehalten wird, wobei gestattet wird, dass sich das Hohlrad (oder Außenrad) 38 dreht. Bei solch einer Anordnung wird der Fan 23 von dem Hohlrad 38 angetrieben. Als ein weiteres alternatives Beispiel kann das Getriebe 30 ein Differenzialgetriebe sein, bei dem gestattet wird, dass sich sowohl das Hohlrad 38 als auch der Planetenträger 34 drehen.

[0055] Es versteht sich, dass die in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigte Anordnung lediglich beispielhaft ist und verschiedene Alternativen in dem Schutzzumfang der vorliegenden Offenbarung liegen. Lediglich beispielhaft kann eine beliebige geeignete Anordnung zur Positionierung des Getriebes 30 in dem Triebwerk 10 und / oder zur Verbindung des Getriebes 30 mit dem Triebwerk 10 verwendet werden. Als ein weiteres Beispiel können die Verbindungen (z. B. die Gestänge 36, 40 in dem Beispiel von **Fig. 2**) zwischen dem Getriebe 30 und anderen Teilen des Triebwerks 10 (wie z. B. der Eingangswelle 26, der Ausgangswelle und der festgelegten Struktur 24) einen gewissen Grad an Steifigkeit oder Flexibilität aufweisen. Als ein weiteres Beispiel kann eine beliebige geeignete Anordnung der Lager zwischen rotierenden und stationären Teilen des Triebwerks 10 (beispielsweise zwischen der Eingangs- und der Ausgangswelle des Getriebes und den festgelegten Strukturen, wie z. B. dem Getriebegehäuse) verwendet werden, und die Offenbarung ist nicht auf die beispielhafte Anordnung von **Fig. 2** beschränkt. Bei-

spielsweise ist für den Fachmann ohne weiteres erkenntlich, dass sich die Anordnung von Ausgang und Stützgestängen und Lagerpositionierungen bei einer Sternanordnung (oben beschrieben) des Getriebes 30 in der Regel von jenen, die beispielhaft in **Fig. 2** gezeigt werden, unterscheiden würden.

[0056] Entsprechend dehnt sich die vorliegende Offenbarung auf ein Gasturbinenriebwerk mit einer beliebigen Anordnung der Getriebearten (beispielsweise sternförmig oder epizyklisch planetenartig), Stützstrukturen, Eingangs- und Ausgangswellenanordnung und Lagerpositionierungen aus.

[0057] Optional kann das Getriebe Neben- und / oder alternative Komponenten (z. B. den Mitteldruckverdichter und / oder einen Nachverdichter) antreiben.

[0058] Andere Gasturbinenriebwerke, bei denen die vorliegende Offenbarung Anwendung finden kann, können alternative Konfigurationen aufweisen. Beispielsweise können derartige Triebwerke eine alternative Anzahl an Verdichtern und / oder Turbinen und / oder eine alternative Anzahl an Verbindungswellen aufweisen. Als ein weiteres Beispiel weist das in **Fig. 1** gezeigte Gasturbinenriebwerk eine Teilungsstromdüse 20, 22 auf, was bedeutet, dass der Strom durch den Bypasskanal 22 seine eigene Düse aufweist, die von der Triebwerkskerndüse 20 separat und davon radial außen ist. Jedoch ist dies nicht einschränkend und ein beliebiger Aspekt der vorliegenden Offenbarung kann auch auf Triebwerke zutreffen, bei denen der Strom durch den Bypasskanal 22 und der Strom durch den Kern 11 vor (oder stromaufwärts) einer einzigen Düse, die als eine Mischstromdüse bezeichnet werden kann, vermischt oder kombiniert werden. Eine oder beide Düsen (ob Misch- oder Teilungsstrom) kann einen festgelegten oder variablen Bereich aufweisen. Obgleich sich das beschriebene Beispiel auf ein Turbofantriebwerk bezieht, kann die Offenbarung beispielsweise bei einer beliebigen Art von Gasturbinenriebwerk, wie z. B. bei einem Open-Rotor- (bei dem die Fanstufe nicht von einer Triebwerks gondel umgeben wird) oder einem Turboprop-Triebwerk, angewendet werden. Bei einigen Anordnungen umfasst das Gasturbinenriebwerk 10 möglicherweise kein Getriebe 30.

[0059] Die Geometrie des Gasturbinenriebwerks 10 und Komponenten davon wird bzw. werden durch ein herkömmliches Achsensystem definiert, das eine axiale Richtung (die auf die Drehachse 9 ausgerichtet ist), eine radiale Richtung (in der Richtung von unten nach oben in **Fig. 1**) und eine Umfangsrichtung (senkrecht zu der Ansicht in **Fig. 1**) umfasst. Die axiale, die radiale und die Umfangsrichtung verlaufen senkrecht zueinander.

[0060] Ein typisches Einsatzgebiet für eine Gleitlagervorrichtung 50 ist z.B. die Lagerung der Planetenräder 32. Grundsätzlich können die im Folgenden eingesetzten Gleitlagervorrichtungen 50 aber zur Lagerung von Wellen oder in anderen Getrieben, z.B. in Schiffen oder Windrädern, verwendet werden.

[0061] Im Folgenden wird zunächst auf Radialgleitlagervorrichtungen eingegangen. Im Zusammenhang mit **Fig. 10** wird dann auf eine Ausführungsform einer Axialgleitlagervorrichtung eingegangen.

[0062] Radialgleitlagervorrichtungen 50 weisen ein zylindrisches Element auf, das innerhalb eines Bauelements mit einer zylindrischen Bohrung positioniert ist, und bei dem sich beide Elemente relativ zueinander drehen. Der Durchmesser des zylindrischen Elements und der Durchmesser der zylindrischen Bohrung sind so gewählt, dass sie ein kleines Spiel definieren. Ein Schmiermittel, z.B. Öl, wird in den Schmierpalt zwischen zwei Gleitflächen 51, 52 geführt, um einen Fluidfilm zu bilden.

[0063] Bei einer relativen Drehung der beiden Elemente entsteht in diesem Fluidfilm eine Druckverteilung, die die Belastung zwischen den relativ zueinander rotierenden Elementen übertragen kann. Die Belastung steht senkrecht zu den zylindrischen Flächen der Gleitlagervorrichtung 50, d.h. radial zur Achse der Relativdrehung zwischen den Elementen. Daher ist die radiale Gleitlagervorrichtung ein konstruktives Mittel zur Übertragung der Radiallast zwischen zwei Elementen, die sich relativ zueinander drehen, bei gleichzeitiger Erzeugung eines minimalen Reibungsverlustes.

[0064] Die zylindrischen Flächen der Gleitlagervorrichtung können profiliert werden, um den Aufbau einer Druckverteilung des Flüssigkeitsfilms zu erleichtern und somit die Fähigkeit zur Übertragung der Radiallast zu optimieren. Eine oder beide der zylindrischen Gleitflächen 51, 52 der Gleitlagervorrichtung 50 können beschichtet werden, um den Betrieb zu erleichtern, wenn der Flüssigkeitsfilmdruck beim Anfahren oder Anhalten der Relativdrehung nicht vollständig aufgebaut wird.

[0065] Ein Beispiel für die Anwendung eines solchen Gleitlagers ist ein Planetengetriebe 30. bei dem sich die Planetenräder 32 um eine durch den Planetenträger 34 definierte Achse drehen. Dabei wird eine radiale Belastung aufgrund der vom Getriebe 30 übertragenen Leistung und aufgrund der Zentrifugallast aus der Planetenrad drehung relativ übertragen. Der Planetenradbolzen ist im Planetenträger 34 angeordnet. In dieser Konfiguration ist der Planetenradbolzen das zylindrische Element der Gleitlagervorrichtung 50, das Planetenrad 32 das Element mit der zylindrischen Bohrung.

[0066] Die Dicke des Schmierfilmes in der Gleitlagervorrichtung 50 ist in der Regel klein. So kann die minimale Schmierfilmdicke in der Größenordnung von 0,005 mm liegen und bietet daher nur eine begrenzte Robustheit gegenüber Partikelkontaminationen in dem Schmiermittel (z.B. Öl) mit Partikeln.

[0067] Das der Gleitlagervorrichtung 50 zugeführte Schmiermittel kann z.B. mit Partikeln verunreinigt sein oder es können Partikel in der Gleitlagervorrichtung 50 z.B. durch Abrieb erzeugt werden, falls der Schmierfilm lokal oder vorübergehend gestört ist, z.B. durch eine vorübergehende Überlastung oder eine Fehlausrichtung. In einem solchen Fall entsteht direkter Kontakt der Gleitflächen 51, 52.

[0068] Das Entstehen von Partikeln P kann Folgeeffekte (z.B. durch Abrieb) haben, die schnell zu einer Anhäufung weiterer Partikel führen können, die den Schmierfilm weiter stören und letztlich zum Versagen (z.B. Überhitzung, Festfressen) der Gleitlagervorrichtung 50 führen können.

[0069] Die Partikelbewegung ist überwiegend umlaufend relativ zur Rotationsachse, wobei es einen mehr oder weniger großen axialen Versatz der Partikel P geben kann. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit, dass Partikel aus der Gleitlagervorrichtung 50 austreten können, gering.

[0070] Andererseits ist die Ansammlung weiterer (sekundär erzeugter) Partikel P an der gleichen axialen Position des Primärpartikels P durchaus wahrscheinlich. Dies ist besonders relevant für die Gleitlagervorrichtungen 50, bei denen die axiale Länge und der Durchmesser der zylindrischen Flächen groß im Verhältnis zur minimalen Flüssigkeitsfilmdicke sind. In diesen Ausführungsformen ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Partikel P ausgetragen werden, eher klein.

[0071] In der **Fig. 4** ist ein grundsätzlich bekannter Aufbau einer radialen Gleitlagervorrichtung 50 dargestellt. Hier soll das zylindrische Element 53 in Richtung R innerhalb der zylindrischen Bohrung 54 rotieren. Die Gleitflächen 51, 52 befinden sich an der Außenseite des zylindrischen Elements 53 bzw. an der Innenseite der zylindrischen Bohrung 54. Zwischen den Gleitflächen 51, 52 befindet sich der Schmierfilm.

[0072] Im Folgenden werden einige Ausführungsformen einer radialen Gleitlagervorrichtung 50 beschrieben, bei der Partikeltransportkanäle 60 und Partikelreservoirs 61 verwendet werden.

[0073] In den **Fig. 5** und **Fig. 6** ist jeweils eine Draufsicht auf eine Gleitfläche 51 einer radialen Gleitlagervorrichtung 50 dargestellt, wobei in der Gleitfläche 51

Partikeltransportkanäle 60 und Partikelreservoirs 61a, 61b angeordnet sind.

[0074] Dabei kann die Gleitfläche 51 in der zylindrischen Fläche des zylindrischen Elements 53 (z.B. eines Lagerbolzens) oder in der zylindrischen Bohrung 54 (z.B. der Innenseite der Gleitlagervorrichtung 50) angeordnet sein. Es ist grundsätzlich auch möglich (hier aber nicht dargestellt), dass beide Gleitflächen 51, 52 Partikeltransportkanäle 60 und Partikelreservoirs 61a aufweisen oder dass Partikeltransportkanäle 60 und Partikelreservoirs 61a auf unterschiedliche Gleitflächen 51, 52 verteilt sind. Die Partikeltransportkanäle 60 stehen fluidisch mit den Partikelreservoirs 61a in Kontakt, da sie in diese einmünden und sie im Betrieb mit Öl (und ggf. mit Partikeln P) gefüllt sind.

[0075] Die Partikeltransportkanäle 60 sind hier als nutenförmige Sammelkanäle ausgebildet.

[0076] Die Partikeltransportkanäle 60 dienen dazu, Partikel P im Schmierfilm durch Relativdrehung aus dem Kontaktbereich der Gleitlagerflächen 51, 52 zu führen und sie letztlich in den Partikelreservoirs 61a, 61b zu halten. Außerdem können die Partikelreservoirs 61a in einer Gleitfläche 51, 52 auch den Aufbau eines Flüssigkeitsfilmdrucks verbessern, um Übertragung der Radiallast zu ermöglichen.

[0077] In der **Fig. 5** sind zwei schraubenförmige Partikeltransportkanäle 60 dargestellt, d.h. die nutenförmigen Partikeltransportkanäle 60 laufen auf der Gleitfläche 51 um. Der jeweilige Schraubenwinkel α' , α'' ist ungleich 90° relativ zu einer Ebene senkrecht zur Rotationsrichtung R.

[0078] Bei der Drehung der Partikeltransportkanäle 60 werden die Partikel P auf Grund der schraubenförmigen Bewegung axial verschoben oder gerührt, und zwar relativ zu der jeweiligen axialen Position, die diese Partikel P hatten, als sie in die Gleitlagervorrichtung 50 eintraten oder als sie in der Gleitlagervorrichtung 50 erzeugt wurden. Die Steigungswinkel α , α' der Partikeltransportkanäle 60 sind dabei so gewählt, dass mit der relativen Drehung zwischen den Gleitlagerelementen die Partikel P axial in Richtung eines der beiden Partikelreservoirs 61a, 61b geführt werden. Dies ist in der **Fig. 5** durch Pfeile dargestellt.

[0079] In der dargestellten Ausführungsform sind erste Partikelreservoirs 61a als umlaufende, parallel zueinander liegende Kanäle ausgebildet, die in einer Ebene senkrecht zur Rotationsrichtung R liegen. Die zweiten Partikelreservoirs 61b sind jeweils an den axialen Enden der Gleitfläche 51 angeordnet und werden in der **Fig. 5** als schraffierte Flächen dargestellt. Die Partikelreservoirs 61a, 61b können dabei

jeweils als Nuten in die Gleitfläche 51 eingebracht sein.

[0080] Die Partikelreservoirs 61a, 61b sammeln die Partikel P, die sich noch innerhalb der Gleitlagervorrichtung 50 befinden, jedoch an einer Stelle und in einer Funktion, mit der die Dicke des Schmierfilms und der Druck, die zur Gewährleistung der Funktionalität der Gleitlagervorrichtung 50 erforderlich sind, nicht beeinträchtigt werden. Sobald sich eine relevante Menge an Partikeln P in den Partikelreservoirs 61a, 61b gesammelt hat, sollten die Partikel P bei Wartungsarbeiten entfernt werden.

[0081] Bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 5** wird davon ausgegangen, dass die Drehrichtung stets konstant ist, da die Steigungswinkel entweder positiv oder negativ sind.

[0082] Für Gleitlagervorrichtungen 50, bei denen im Betrieb Rotationen in beide Richtungen vorkommen, sind Partikeltransportkanäle 60 im Sinne der Ausführungsform der **Fig. 5** mit positiven als auch mit negativen Steigungswinkel sinnvoll (siehe **Fig. 6**), wobei sich die Partikeltransportkanäle 60 dann kreuzen. Die beiden Partikeltransportkanäle 60, 60' weisen dabei Steigungswinkel α mit unterschiedlichen Vorzeichen auf.

[0083] Die Partikel P werden entweder axial aus der Gleitlagervorrichtung 50 heraus befördert (Partikelreservoirs 61b jeweils am axialen Ende der Gleitlagervorrichtung 50) oder führen sie zu einem der Partikelreservoirs 61a in Umfangsrichtung.

[0084] Die Anordnung der Partikeltransportkanäle 60 ist so gestaltet, dass Partikel P zum jeweils nächstgelegenen Partikelreservoir geführt werden. Bei einer Rotation in beide Richtungen und sowohl mit positivem als auch mit negativem Winkel angeordneten Transportkanälen bedeutet dies allerdings eine 50%ige Wahrscheinlichkeit, dass ein Partikel P in das „falsche“ Partikelreservoir gelangt. Entsprechend ist die erreichbare Verbesserung der Robustheit der Gleitlagervorrichtung gegen Partikelverunreinigung geringer, wenn das Gleitlager für beide Drehrichtungen vorgesehen ist.

[0085] Die maximale Tiefe T (siehe **Fig. 7A**, **Fig. 7B**) der Partikeltransportkanäle 60 und der nutenförmigen ersten Partikelreservoirs 61a entsprechen mindestens der Mindestfilmdicke des Schmierfilms in der Gleitlagervorrichtung 50, um sicherzustellen, dass Partikel P, die gleich oder kleiner als die Mindestfilmdicke sind, erfasst werden können.

[0086] Größere Tiefen der Nuten ermöglichen die Erfassung größerer Partikel P. Die maximal mögliche Tiefe sowohl der Partikeltransportkanäle 60 und des ersten nutenförmigen Partikelreservoirs 61a wird

durch die Anforderung bestimmt, eine Fluidfilmdruckverteilung zu gewährleisten, die für die Funktionalität zur Übertragung der Radiallast ausreichend ist.

[0087] Im Allgemeinen ist die maximale Tiefe T eine Funktion der Nutbreite, wobei eine größere Breite eine geringere maximale Tiefe erfordert.

[0088] Im Allgemeinen wird die maximale Tiefe T einen Wert nicht überschreiten, der dem Hundertfachen der minimalen Schmierfilmdicke entspricht. Die maximale Tiefe der nutenförmigen Partikelreservoirs 61a sollte größer sein, als die maximale Tiefe der Partikeltransportkanäle 60, um eine ausreichende Kapazität zum Sammeln von Partikeln P zu gewährleisten bis eine Wartung möglich ist oder erforderlich wird.

[0089] Die Tiefe T der Partikeltransportkanäle 60 kann grundsätzlich konstant sein, kann aber auch entlang der Partikeltransportkanäle 60 variabel sein.

[0090] Auch die maximale Breite S der Partikeltransportkanäle 60 und der nutenförmigen Partikelreservoirs 61a (siehe **Fig. 7A**, **Fig. 7B**) ist mindestens gleich der Mindestfilmdicke des Schmierfilms.

[0091] Ähnlich wie die Tiefe T, wird auch die Breite S der nutenförmigen Partikeltransportkanäle 60 und der Partikelreservoirs 61 durch die Anforderung begrenzt, noch eine Fluidfilmdruckverteilung zu gewährleisten, die für die Funktionalität zur Übertragung der Radiallast ausreichend ist.

[0092] Im Allgemeinen wird die maximale Breite S der nutenförmigen Partikeltransportkanäle 60 und der Partikelreservoirs 61a einen Wert nicht überschreiten, der die Brutto-Axiallänge des Gleitlagers um mehr als 10 % reduzieren würde, wenn man die Summe aller Nutbreiten an der gleichen Umfangsposition betrachtet. Falls vorhanden, ist es vorzuziehen, die Breite der Sammlernuten im Vergleich zur Breite der Wendelnuten höher zu wählen, um eine ausreichende Kapazität zum Sammeln von Partikeln bis zur erforderlichen Wartung zu gewährleisten.

[0093] Die Querschnittsflächen Q der nutenförmigen Partikeltransportkanäle 60 oder Partikelreservoirs 61 können in Bezug auf eine Mittelachse (in **Fig. 7A**, **Fig. 7B** als gestrichelte Linie eingezeichnet) des Querschnitts Q symmetrisch oder unsymmetrisch sein. Die **Fig. 7A**, **Fig. 7B** zeigen eine Schnittansicht senkrecht zur Richtung des Partikeltransportkanals 60 oder des nutenförmigen Partikelreservoirs 61a, 61c.

[0094] Ein unsymmetrischer Querschnitt Q (**Fig. 7B**), insbesondere der spiralförmigen Partikeltransportkanäle 60 (siehe **Fig. 6**) kann die Auf-

rechterhaltung eines ausreichenden Flüssigkeitsfilmdrucks erleichtern.

[0095] Mit einer solchen Ausführungsform wird die Robustheit der radialen Lastübertragungsfunktion der Gleitlagervorrichtung 50 gegenüber Partikelverunreinigungen des Schmierfilms erhöht und damit die Zuverlässigkeit deutlich verbessert.

[0096] Eine Partikelkontamination des Schmierfilms kann z.B. durch eine Partikelkontamination der der Gleitlagervorrichtung 50 zugeführten Schmierflüssigkeit verursacht werden oder durch Partikel P, die der Gleitlagervorrichtung 50 aufgrund eines lokalen und vorübergehenden Zusammenbruchs des Flüssigkeitsfilms infolge z.B. einer vorübergehenden Überlastung oder einer vorübergehenden Fehlausrichtung der Rotationsachsen erzeugt werden. Dies ist besonders relevant für Großgleitlager, d.h. bei denen das Verhältnis von Lagerbreite oder Lagerdurchmesser zur minimalen Filmdicke einen Wert von etwa 10000 überschreitet.

[0097] Bisher beschriebene Ausführungsformen weisen radial umlaufende Partikelreservoirs 61a oder axial endständige Partikelreservoirs 61b auf.

[0098] In **Fig. 8** ist in einem Ausschnitt ein Partikelreservoir 61d dargestellt, das in einen nutenförmigen Partikeltransportkanal 60 in einer Gleitfläche 51, 52 integriert ist, so dass das Partikelreservoir 61d auch als nutenförmig bezeichnet werden kann. Dies erfolgt hier in Form einer Erweiterung am Ende des Partikeltransportkanals 60.

[0099] Einige Ausführungsformen (**Fig. 5** oder **Fig. 6**) weisen schraubenförmige Partikeltransportkanäle 60 auf, bei denen der Schraubenwinkel α konstant ist. Dies ist nicht zwingend notwendig. In **Fig. 8** ist eine Ausführungsform gemäß **Fig. 5** oder **Fig. 6** dargestellt, bei der der Schraubenwinkel α in Richtung auf das radial umlaufende Partikelreservoir 61a kleiner wird ($\alpha_1 < \alpha_2$). Hierdurch wird der unerwünschte Effekt einer Abfuhr des Schmierfilmfluides verringert, während der gewünschte Effekt des Transportes von Partikeln erhalten bleibt.

[0100] In den bisherigen Ausführungsformen (**Fig. 4** bis **Fig. 9**) war auf radiale Gleitlagervorrichtungen 50 Bezug genommen worden.

[0101] Grundsätzlich ist es aber auch möglich, Partikeltransportkanäle 60 und Partikelreservoirs in axialen Gleitlagervorrichtungen 50 einzusetzen. In **Fig. 10** ist schematisch eine Draufsicht auf eine Gleitlagerfläche 51 einer axialen Gleitlagervorrichtung 50 dargestellt. Die Rotationsachse R steht senkrecht zur Abbildungsebene.

[0102] In der Gleitfläche 51 sind in zwei konzentrisch zueinander angeordnete nutenförmige Partikelreservoirs 61a angeordnet. Am äußeren Rand der Gleitfläche 51 der axialen Gleitlagervorrichtung 50 ist zusätzlich oder alternativ ein umlaufendes Partikelreservoir 61c angeordnet, dass dem endständigen, axialen Partikelreservoir 61b entspricht.

[0103] Lediglich beispielhaft sind zwei Partikeltransportkanäle 60 dargestellt, die vom Zwischenraum zwischen den nutenförmigen Partikelreservoirs 61a in die diese hineinführen. Zusätzlich oder alternativ kann auch ein Partikeltransportkanal 60 vom äußeren Bereich der Gleitfläche zum außenliegenden Partikelreservoir 61c führen.

[0104] Die Partikeltransportkanäle weisen einen Winkel α ungleich 0° zu einer zylindrischen Fläche um die Rotationrichtung R auf, d.h. sie sind nicht konzentrisch, sondern zu den Partikelreservoirs 61a, 61c geneigt.

[0105] Die hier beschriebenen Ausführungsformen für Gleitlagervorrichtungen können grundsätzlich in allen Gleitlageranwendungen in Getrieben oder Welledurchführungen eingesetzt werden. Weitere Anwendungsgebiete wären z.B. Schiffstechnik oder Windkraftturbinen.

[0106] Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist und verschiedene Modifikationen und Verbesserungen vorgenommen werden können, ohne von den hier beschriebenen Konzepten abzuweichen. Beliebige der Merkmale können separat oder in Kombination mit beliebigen anderen Merkmalen eingesetzt werden, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen, und die Offenbarung dehnt sich auf alle Kombinationen und Unterkombinationen eines oder mehrerer Merkmale, die hier beschrieben werden, aus und umfasst diese.

Bezugszeichenliste

9	Hauptdrehachse
10	Gasturbinentriebwerk
11	Kerntriebwerk
12	Lufteinlass
14	Niederdruckverdichter
15	Hochdruckverdichter
16	Verbrennungseinrichtung
17	Hochdruckturbine
18	Bypassschubdüse
19	Niederdruckturbine
20	Kernschubdüse

21	Triebwerksgondel
22	Bypasskanal
23	Fan
24	stationäre Stützstruktur
26	Welle
27	Verbindungswelle
28	Sonnenrad
30	Getriebe, Planetengetriebe
32	Planetenräder
34	Planetenträger
36	Gestänge
38	Hohlrad
40	Gestänge
50	Gleitlagervorrichtung
51	erste Gleitfläche
52	zweite Gleitfläche
53	zylindrisches Element
54	zylindrische Bohrung
60	Partikeltransportkanal
61a	nutenförmiges Partikelreservoir in Gleitfläche
61b	Partikelreservoir an einem axialen Enden einer axialen Gleitlagervorrich- tung
61c	Partikelreservoir an einem radialen Rand einer radialen Gleitlagervorrich- tung
61d	Partikelreservoir integriert in Partikel- transportkanal
A	Kernluftstrom
B	Bypassluftstrom
Q	Querschnittsfläche Partikeltransport- kanal / Partikelreservoirs
R	Rotationsrichtung
S	maximale Breite des Partikeltran- sportkanals
T	maximale Tiefe des Partikeltransport- kanals
α	Winkel des Partikeltransportkanals relativ zu einer Bezugsfläche

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- US 5320431 A [0002]
- US 2013/0230263 A1 [0002]
- GB 1128370 [0002]
- US 545653 A [0002]
- FR 1471846 [0002]

Patentansprüche

1. Gleitlagervorrichtung (50) mit einem Schmierfilm zwischen Gleitflächen (51, 52) und mit mindestens einem Partikeltransportkanal (60) in mindestens einer Gleitfläche (51, 52) der Gleitlagervorrichtung (50), wobei die Richtung des mindestens einen Partikeltransportkanals (60)

- bei einer radialen Gleitlagervorrichtung (50) mindestens abschnittsweise einen Winkel (α) ungleich 90° zu einer Ebene senkrecht zur Rotationsrichtung (R) aufweist,
- bei einer axialen Gleitlagervorrichtung (50) mindestens abschnittsweise einen Winkel (α) ungleich 0° zu einer zylindrischen Fläche um die Rotationsrichtung (R) aufweist, und der mindestens eine Partikeltransportkanal (60) im Betrieb fluidisch in Kontakt mit mindestens einem Partikelreservoir (61a, 61b, 61c, 61d) steht und das der mindestens eine Partikeltransportkanal (60) durch das mindestens eine Partikelreservoir (61a, 61b, 61c, 61d) hindurchgeht und / oder darauf gerichtet ist.

2. Gleitlagervorrichtung (50) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Partikelreservoir (61a) als ein Sammelkanal in Umfangsrichtung der Gleitfläche (51, 52) der mindestens einen Gleitfläche (51, 52), als ein axiales Ende (61b) einer axialen Gleitlagervorrichtung (50), als ein radialer Rand (61c) einer radialen Gleitlagervorrichtung (50) und / oder als in einen Partikeltransportkanal (60) integriertes Partikelreservoir (61d) ausgebildet ist.

3. Gleitlagervorrichtung (50) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Partikeltransportkanal (60) schraubenförmig in der mindestens einen Gleitfläche (51, 52) einer axialen Gleitlagervorrichtung (50) angeordnet ist, wobei der Schraubenwinkel in axialer Richtung der Gleitlagervorrichtung (50) konstant ist oder sich in axialer Richtung der Gleitlagervorrichtung (50) abschnittsweise ändert.

4. Gleitlagervorrichtung (50) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schraubenwinkel des mindestens einen Partikeltransportkanals (60) in Richtung zu einem axialen Ende (61b) oder einem radialen Rand (61c) kleiner wird.

5. Gleitlagervorrichtung (50) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Querschnittsfläche (Q) des mindestens einen Partikeltransportkanals (60) senkrecht zur Richtung des Partikeltransportkanals (60) oder senkrecht zur Richtung des nutzenförmigen Partikelreservoirs (61a, 61c) symmetrisch oder asymmetrisch ist.

6. Gleitlagervorrichtung (50) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die asymmetrische Querschnittsfläche (Q) so orientiert ist, dass sie die Ausbildung des Schmierfilms unterstützt, insbesondere dadurch dass die Querschnittsfläche in Richtung der Gleitlagerbewegung unter einem flacheren Winkel auf die Gleitlagerfläche zuläuft als entgegen der Richtung der Gleitlagerbewegung.

7. Gleitlagervorrichtung (50) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei nutzenförmige Partikeltransportkanäle (60', 60'') Winkel (α) mit unterschiedlichen Vorzeichen aufweisen.

8. Gleitlagervorrichtung (50) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die maximale Tiefe (T) und / oder maximale Breite (S) des mindestens einen Partikeltransportkanals (60) und / oder des mindestens einen nutzenförmigen Partikelreservoirs (61a, 61d) mindestens der minimalen Dicke des Schmierfilms entspricht.

9. Gleitlagervorrichtung (50) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die maximale Tiefe (T) des mindestens einen Partikeltransportkanals (60) und / oder des mindestens einen nutzenförmigen Partikelreservoirs (61a, 61d) kleiner ist als das 100-Fache der minimalen Dicke des Schmierfilms.

10. Gleitlagervorrichtung (50) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die maximale Tiefe (T) des mindestens einen Partikelreservoirs (61a, 61d) größer ist als die maximale Tiefe der nutzenförmigen Partikeltransportkanäle (60).

11. Gleitlagervorrichtung (50) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die maximale Breite (S) des mindestens einen Partikeltransportkanals (60) und / oder des mindestens einen nutzenförmigen Partikelreservoirs (61a, 61d) einen Wert nicht überschreitet, der die Brutto-Axiallänge um mehr als 10 % reduzieren würde, wenn man die Summe aller maximalen Breiten (S) des mindestens einen Partikeltransportkanals (60) und des mindestens einen nutzenförmigen Partikelreservoirs (61a, 61d) an der gleichen Umfangsposition betrachtet.

12. Getriebevorrichtung mit mindestens einer Gleitlagervorrichtung (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

13. Getriebevorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese als Planetengetriebe ausgebildet ist und die Gleitlagervorrichtung (50) die Lagerung eines Planetenrades ist.

14. Gasturbinentriebwerk (10) für ein Luftfahrzeug, das Folgendes umfasst:
ein Kerntriebwerk (11), das eine Turbine (19), einen Verdichter (14) und eine die Turbine mit dem Verdichter verbindende Kernwelle (26) umfasst;
einen Fan (23), der stromaufwärts des Kerntriebwerks (11) positioniert ist, wobei der Fan (23) mehrere Fanschaufeln umfasst; und
ein Getriebe (30), das von der Kernwelle (26) antreibbar ist, wobei der Fan (23) mittels des Getriebes (30) mit einer niedrigeren Drehzahl als die Kernwelle (26) antreibbar ist, wobei das Getriebe (30) eine Getriebevorrichtung nach Anspruch 12 oder 13 aufweist.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

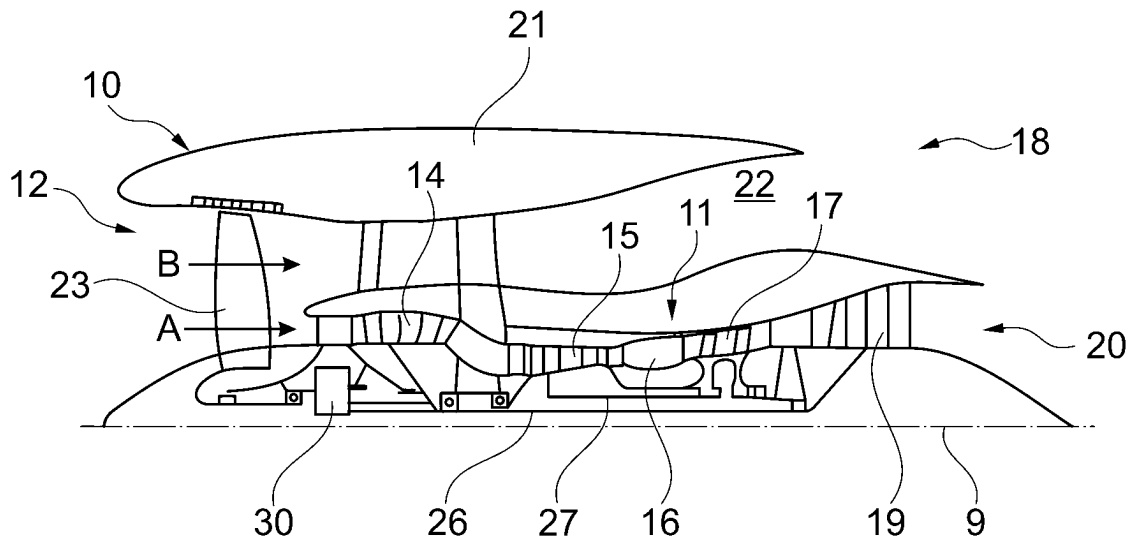


Fig. 1

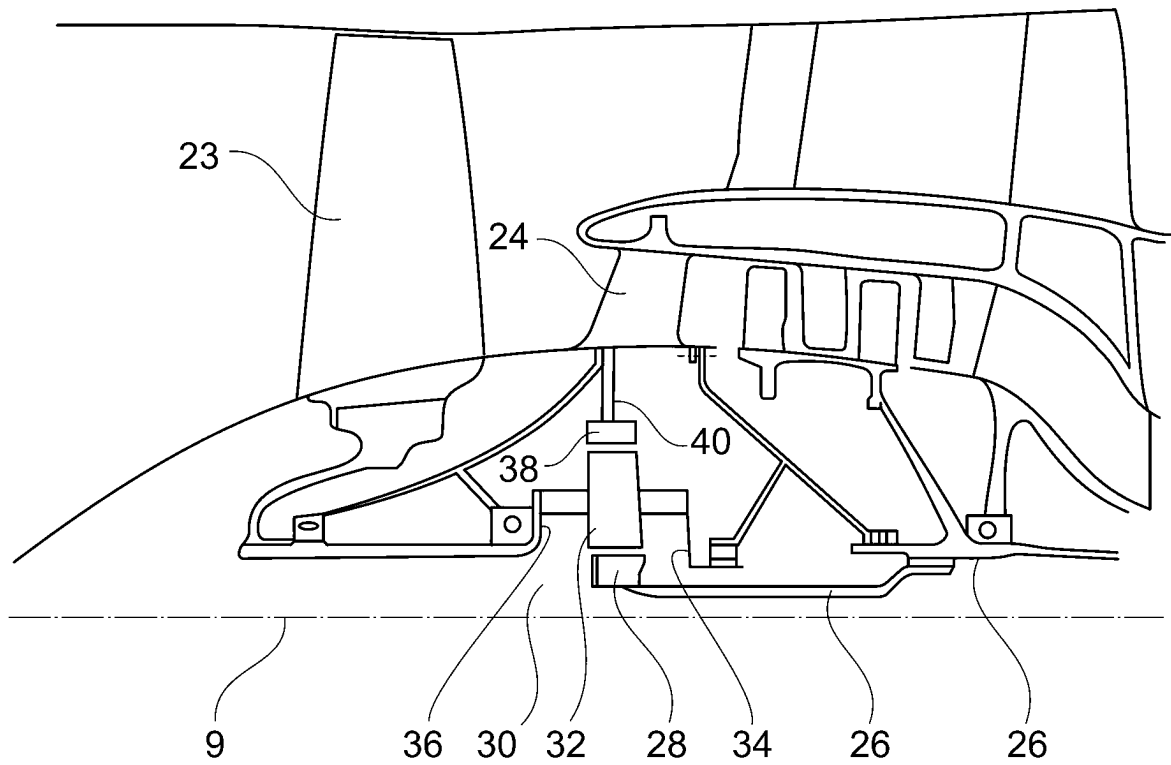


Fig. 2

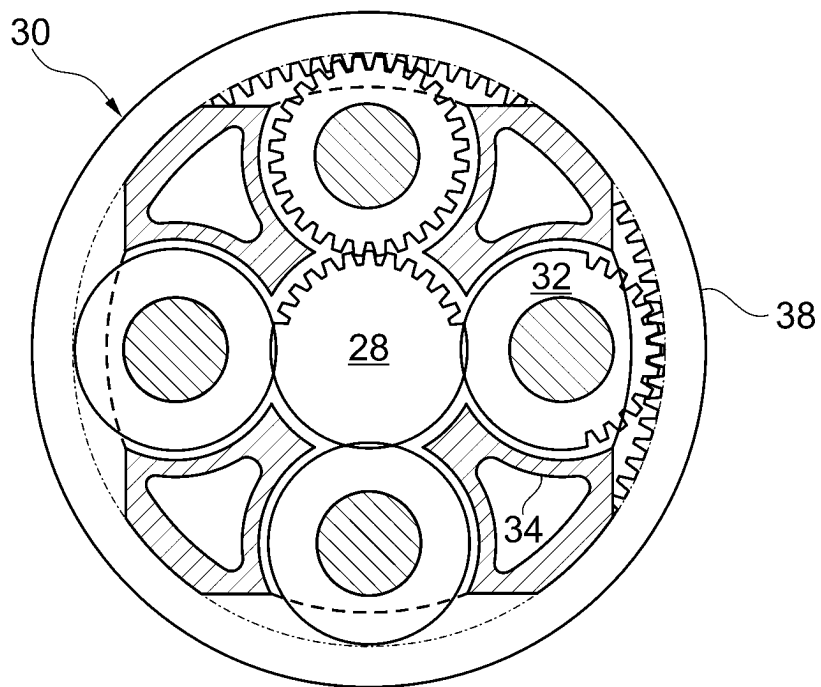


Fig. 3

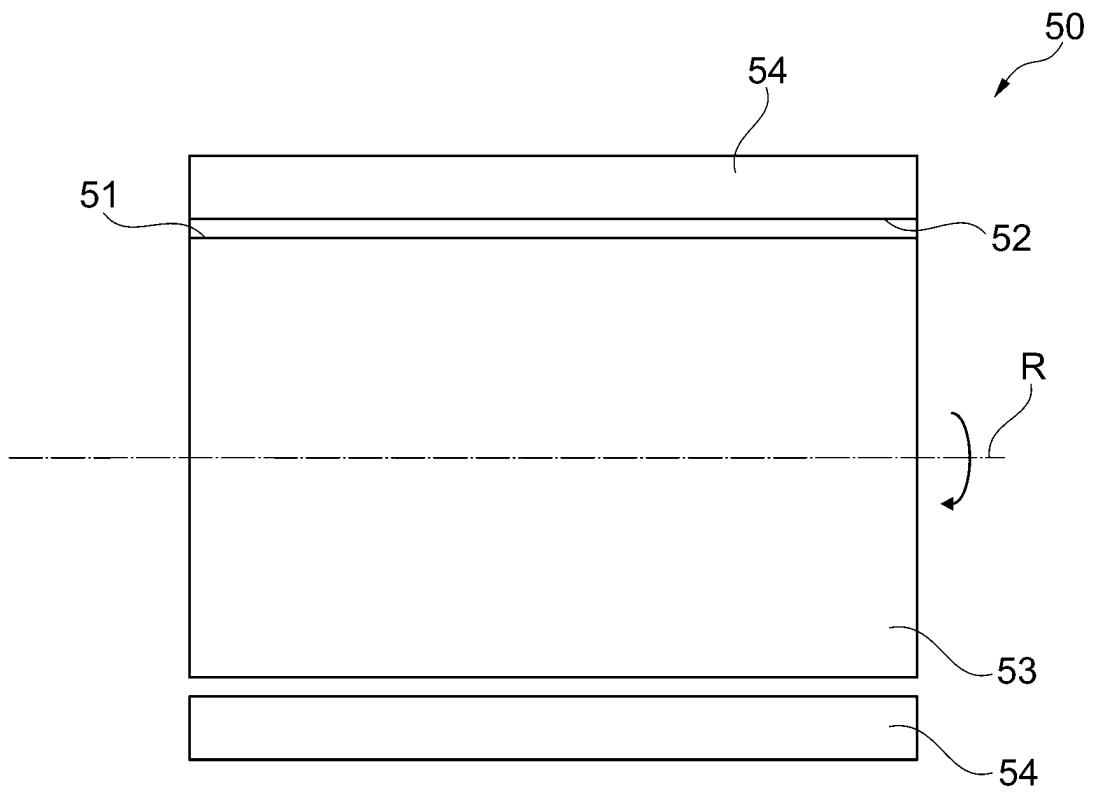


Fig. 4

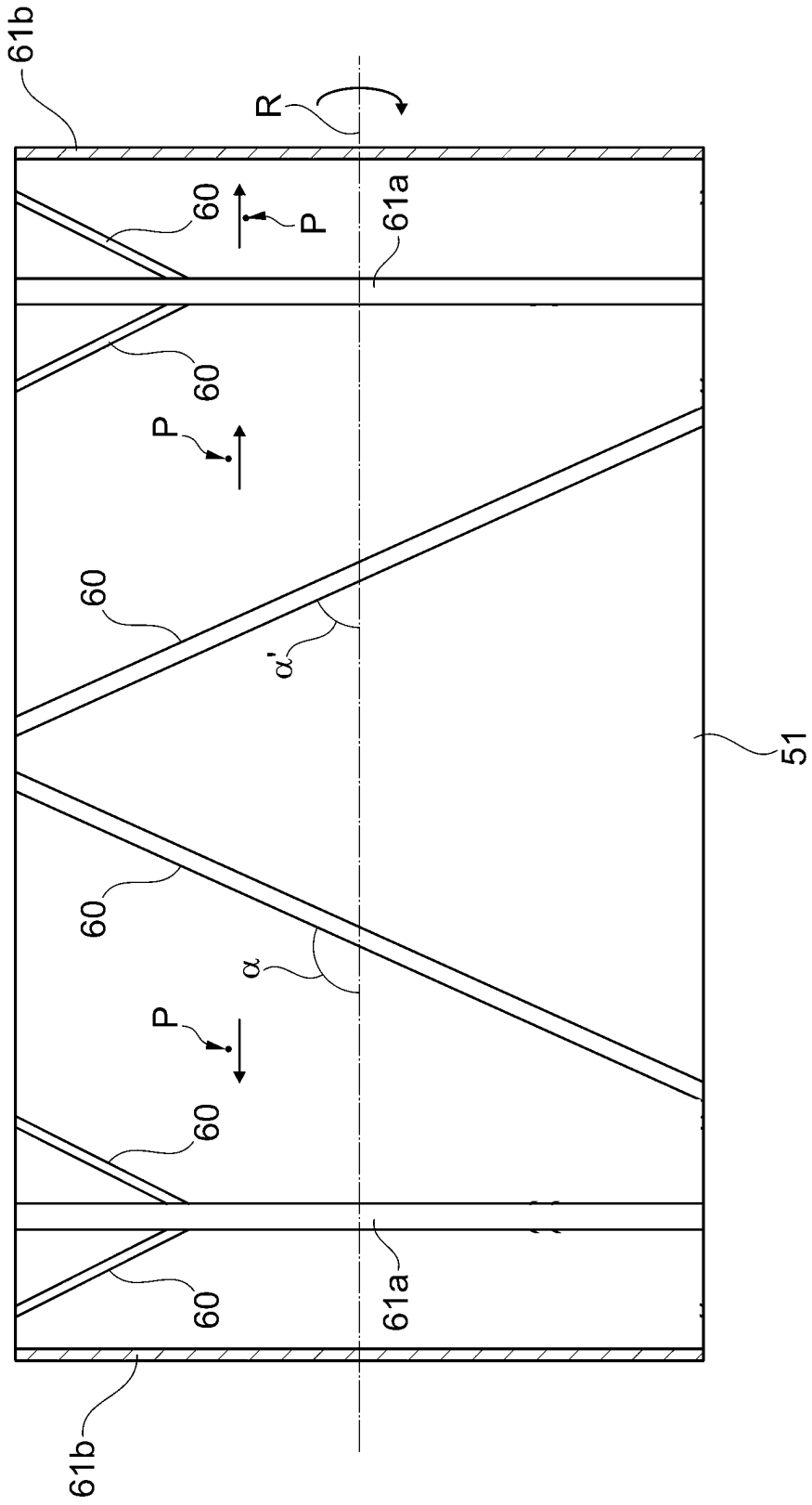


Fig. 5

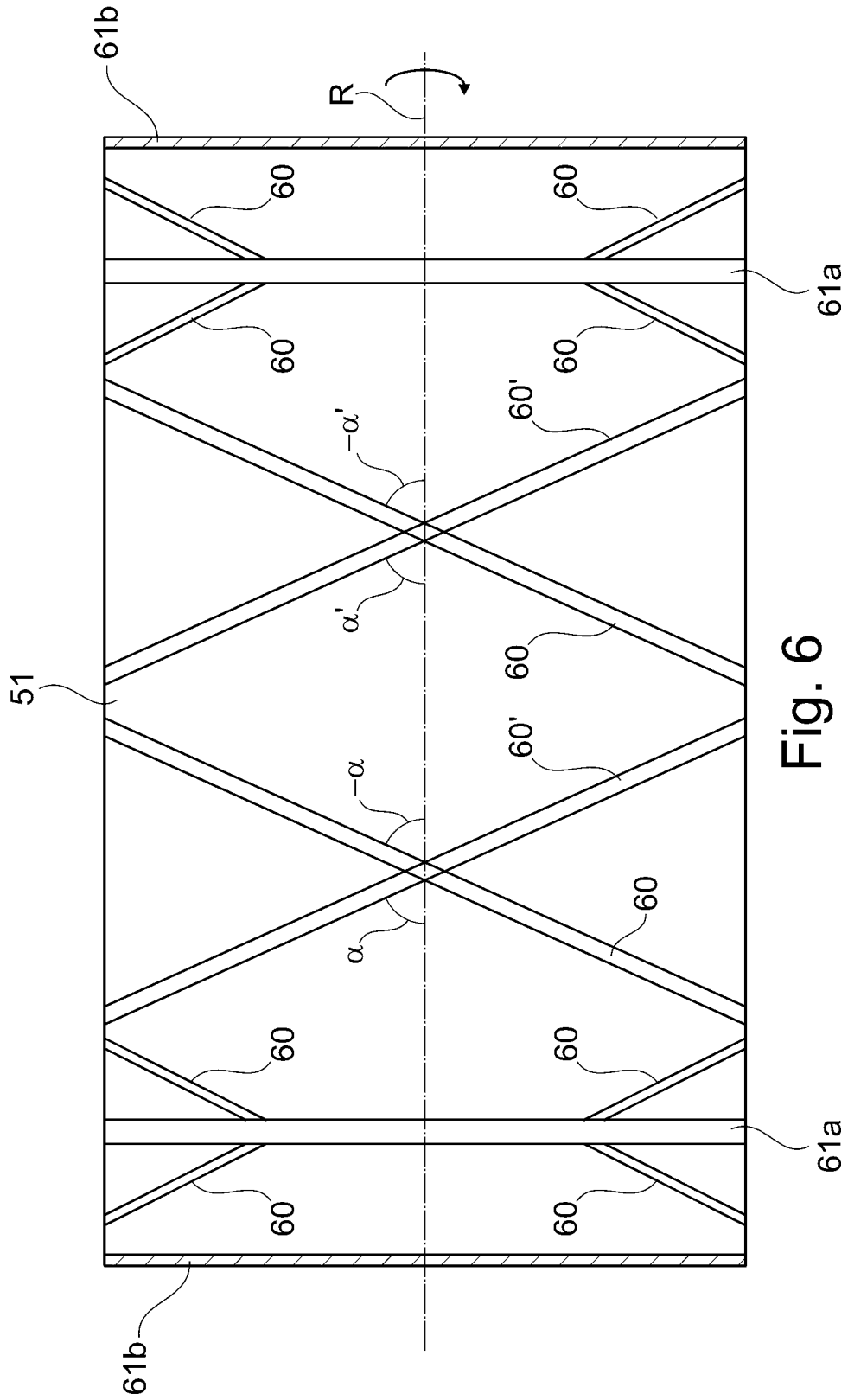


Fig. 6

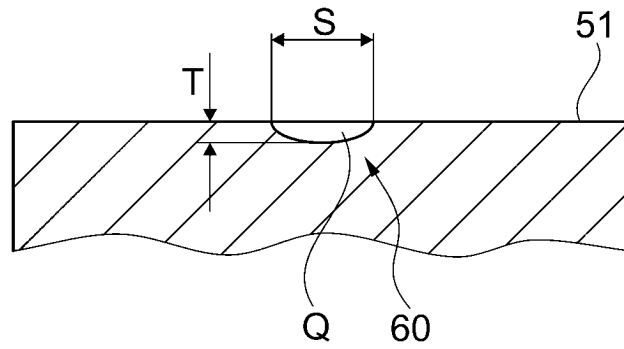


Fig. 7a

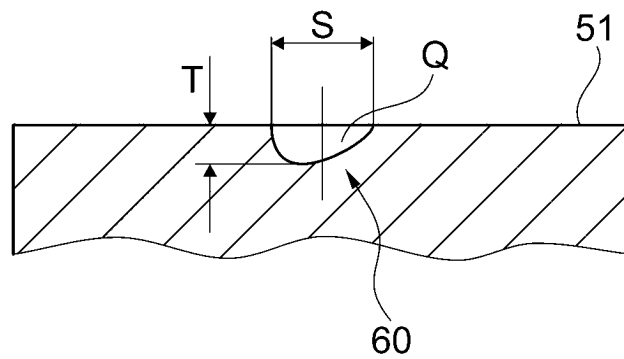


Fig. 7b

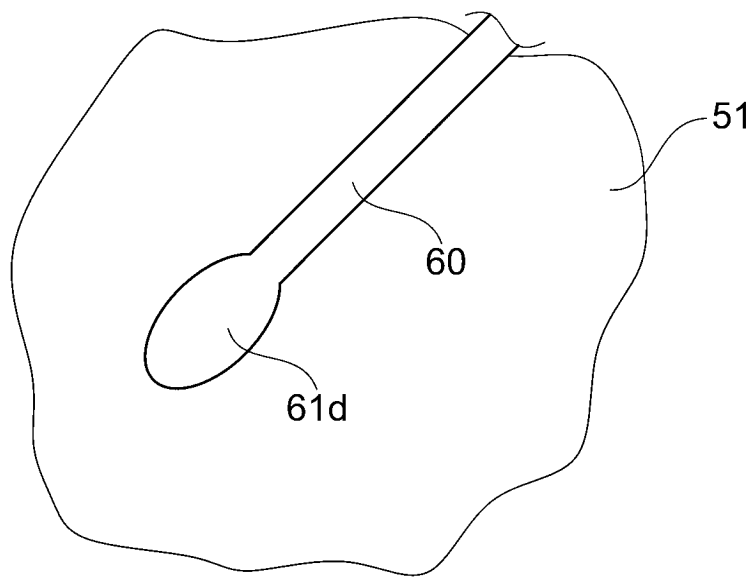


Fig. 8

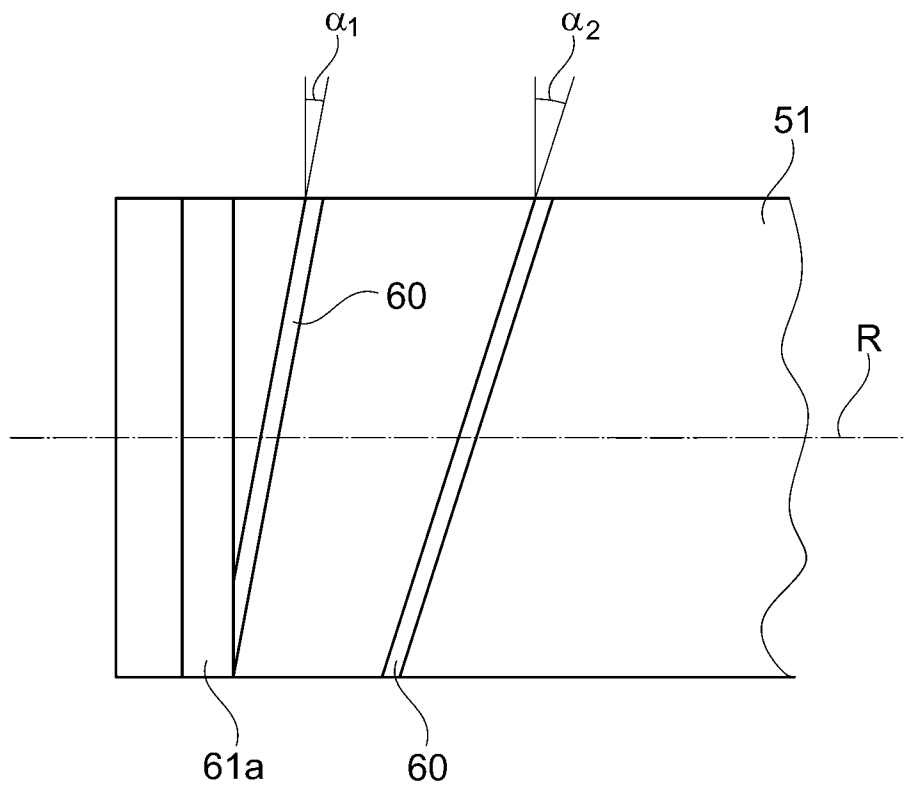


Fig. 9

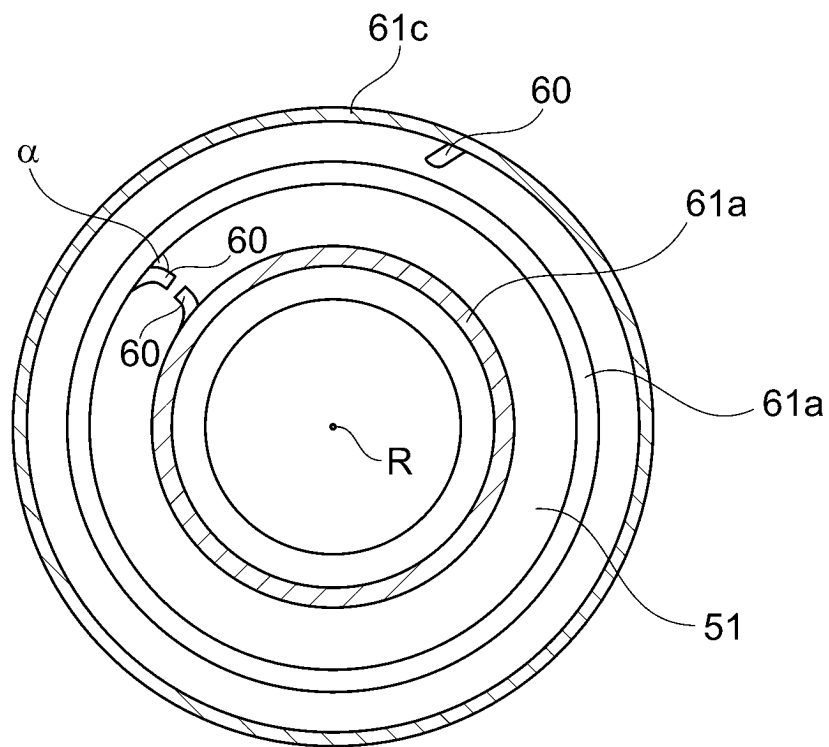


Fig. 10