



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.06.2019 Patentblatt 2019/24

(51) Int Cl.:
F01D 17/16^(2006.01) F04D 29/56^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18209947.3**

(22) Anmeldetag: **04.12.2018**

(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:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Mairhanser, Vitalis**
85244 Sigmertshausen (DE)
• **Hein, Manuel**
85757 Karlsfeld (DE)
• **Stettner, Axel**
85221 Dachau (DE)

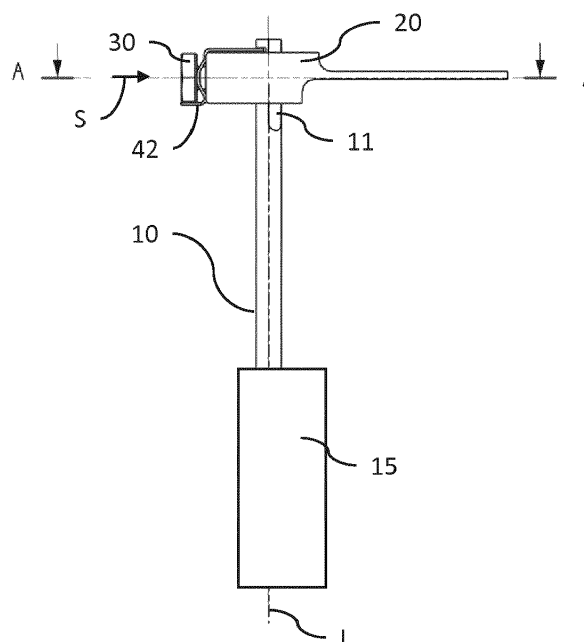
(30) Priorität: **07.12.2017 DE 102017222205**

(54) **VERSTELLBARE TURBOMASCHINENSCHAUFEL**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaufelanordnung mit einer verstellbaren Schaufel (10-15) für eine Turbomaschine, die wenigstens eine erste, insbesondere ebene oder gekrümmte, Anlagefläche (11; 11') zum, insbesondere spielfreien, Verspannen eines Stellmittels (20) der Schaufelanordnung zum Verstellen der Schaufel aufweist, wobei diese erste Anlagefläche gegen eine Längsachse (L) der Schaufel nicht oder um

höchstens 15° geneigt ist und/oder die Schaufelanordnung ein Spannmittel (30; 31) zum Verspannen des Stellmittels gegen die erste Anlagefläche durch wenigstens teilelastische Kompression des Spannmittels quer zur Längsachse der Schaufel und/oder durch Zustellen des Spannmittels in einer Spannmittelrichtung (S) aufweist, die mit der Längsachse der Schaufel einen Winkel von wenigstens 45° einschließt.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaufelanordnung mit einer verstellbaren Schaufel für eine Turbomaschine, eine Turbomaschinenbaugruppe mit der Schaufelanordnung sowie eine Schaufel und ein Stellmittel für die Schaufelanordnung und ein Verfahren zu deren Montage.

[0002] Aus betriebsinterner Praxis sind Gasturbinen mit verstellbaren Leitschaufeln bekannt, deren Schaufelschäfte Lageröffnungen im Turbomaschinengehäuse durchgreifen. Auf diese Schaufelschäfte werden bzw. sind in deren Längs- bzw. Axialrichtung Stellhebel aufgesetzt, die durch Muttern in der Längsrichtung gegen Absätze der Schaufelschäfte gespannt werden bzw. sind.

[0003] Insbesondere bei schlanken Schaufelschäften reduzieren sich die Durchmesser solcher Absätze aufgrund der mindestens notwendigen Gewindedurchmesser zum Verschrauben der Muttern nachteilig.

[0004] Eine Aufgabe einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist es, Turbomaschinen mit verstellbaren Schaufeln und/oder deren Montage zu verbessern.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Schaufelanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Ansprüche 12-14 stellen eine Turbomaschinenbaugruppe mit bzw. eine Schaufel und ein Stellmittel für eine hier beschriebene Schaufelanordnung unter Schutz. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0006] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist eine Schaufelanordnung für eine Turbomaschine, insbesondere wenigstens eine Schaufelanordnung einer Turbomaschinenbaugruppe, insbesondere (wenigstens) eine Schaufelanordnung für eine bzw. wenigstens einer Verdichter- oder Turbinenstufe für eine bzw. einer Gasturbine, insbesondere für ein bzw. eines Flugtriebwerk(s), eine Schaufel auf, die verstellbar, insbesondere drehbar, an, insbesondere in, der Turbomaschine(nbaugruppe) gelagert wird bzw. ist bzw. die hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird.

[0007] In einer Ausführung ist die Schaufel eine Leitschaufel und/oder weist ein Schaufelblatt bzw. -profil zur Strömungsumlenkung und/oder einen ein- oder mehrteiligen Schaufelschaft auf, der in einer Ausführung verstellbar, insbesondere drehbar, an, insbesondere in, der Turbomaschine(nbaugruppe) gelagert wird bzw. ist bzw. der hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird. Solche Schaufeln stellen besonders vorteilhafte Anwendungen der vorliegenden Erfindung dar.

[0008] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist die Schaufel, insbesondere ihr Schaufelschaft, wenigstens eine erste, insbesondere ebene oder gekrümmte, Anlagefläche auf, mit der bzw. gegen die ein Stellmittel der Schaufelanordnung, durch das die Schaufel verstellbar ist bzw. verstellt wird bzw. das hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird, insbesondere form-

schlüssig und/oder kontaktierend und/oder spielfrei, verspannt, insbesondere gepresst, wird bzw. ist bzw. die hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird.

[0009] Durch eine gekrümmte, insbesondere konvexe, Anlagefläche kann in einer Ausführung vorteilhaft eine Selbstzentrierung erfolgen, durch eine ebene Anlagefläche in einer Ausführung vorteilhaft eine Kraftübertragung verbessert werden.

[0010] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die erste Anlagefläche gegen eine Längs-, insbesondere Verstell- bzw. Drehachse der Schaufel, insbesondere des Schaufelschafts, nicht oder um höchstens 15°, insbesondere um höchstens 10°, in einer Ausführung um höchstens 5° geneigt.

[0011] Zusätzlich oder alternativ weist die Schaufelanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ein ein- oder mehrteiliges Spannmittel auf, wobei in einer Ausführung durch bzw. mittels dessen teil- oder vollelastischer Kompression quer zur Längsachse der Schaufel und in einer Ausführung zusätzlich oder alternativ durch bzw. mittels dessen Zustellen, insbesondere Ausdehnen und/oder Verschieben, insbesondere Verschrauben, bzw. Montieren, in einer Spannmittelrichtung das Stellmittel gegen die erste Anlagefläche verspannt, insbesondere gepresst, wird bzw. ist bzw. das in einem quer zur Längsachse wenigstens teilelastisch komprimierten und/oder in der Spannmittelrichtung zugestellten, insbesondere ausgedehnten und/oder verschobenen, insbesondere verschraubten, bzw. montierten Zustand das Stellmittel gegen die erste Anlagefläche verspannt, insbesondere presst, bzw. das hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird, wobei in einer Ausführung die Spannmittelrichtung mit der Längsachse der Schaufel einen Winkel von wenigstens 45°, in einer Ausführung wenigstens 60°, insbesondere wenigstens 75° und in einer Ausführung wenigstens 85°, einschließt.

[0012] In einer Ausführung wird somit das Stellmittel nicht mehr, wenigstens überwiegend, in Längsachsrichtung der Schaufel bzw. -bezogen auf die Schaufellängsachse - axial und/oder mit einem Absatz der Schaufel verspannt, sondern, wenigstens überwiegend, senkrecht bzw. quer zur Längsachsrichtung bzw. -bezogen auf die Schaufellängsachse - radial und/oder mit einer bzw. gegen eine seitlich angeordnete(n) Anlagefläche bzw. Längsseite der Schaufel, insbesondere des Schaufelschafts.

[0013] Hierdurch kann, insbesondere auch bei Schaufeln mit schlanke(re)n Schaufelschäften, eine (größere) Anlagefläche zur Verfügung gestellt und dadurch insbesondere deren Belastung reduziert und so die Montage und/oder Zuverlässigkeit verbessert werden. Zusätzlich oder alternativ kann hierdurch in einer Ausführung die Anlagefläche zum Verspannen zugleich als Abstützfläche zum Aktuieren bzw. Verstellen der Schaufel durch das Stellmittel fungieren. Zusätzlich oder alternativ kann hierdurch in einer Ausführung die Schaufelanordnung in Richtung der Längsachse der Schaufel kompakter bauen.

[0014] Unter einer (teil)elastischen Kompression quer zur Längsachse der Schaufel wird vorliegend insbesondere eine, in einer Ausführung formschlüssig bewirkte bzw. -dingte, (teil)elastische, insbesondere mikroskopische, Verkürzung bzw. Stauchung ϵ des Spannmittels verstanden, die aufgrund des Elastizitätsgesetzes $\sigma = \sigma(E, \epsilon)$ mit dem Elastizitätsmodul E entsprechende Verspannungskräfte bzw. -spannungen aufprägt bzw. bewirkt. In einer Ausführung wird die Kompression durch das Zustellen des Spannmittels in der Spannmittelrichtung bewirkt.

[0015] In einer Ausführung weist die Schaufel bzw. der Schaufelschaft wenigstens eine zweite, insbesondere ebene, Anlagefläche auf, mit der bzw. gegen die das Stellmittel, insbesondere formschlüssig und/oder kontaktierend, verspannt, insbesondere gepresst, wird bzw. ist, bzw. die hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird.

[0016] In einer Ausführung wird bzw. ist das Stellglied nur mit bzw. gegen die erste und gegebenenfalls zweite Anlagefläche verspannt, in einer anderen Ausführung auch noch gegen eine oder mehrere weitere Anlageflächen, die von der ersten und/oder gegebenenfalls zweiten Anlagefläche beabstandet oder, insbesondere stetig, in (wenigstens eine) diese(r) übergehen können.

[0017] In einer Ausführung ist die zweite Anlagefläche gegen die erste Anlagefläche geneigt, in einer Ausführung um wenigstens 30° , insbesondere um wenigstens 60° , und/oder um höchstens 120° , insbesondere um weniger als 90° . In einer Ausführung wird bzw. ist das Stellglied durch die erste und zweite Anlagefläche, insbesondere hierdurch, spielfrei verspannt bzw. sind diese hierzu eingerichtet.

[0018] In einer Ausführung ist auch die zweite Anlagefläche gegen die Längsachse der Schaufel bzw. des Schaufelschafts nicht oder um höchstens 15° , insbesondere um höchstens 10° , in einer Ausführung um höchstens 5° geneigt. Zusätzlich oder alternativ wird bzw. ist in einer Ausführung das Stellmittel durch das wenigstens teilelastische Komprimieren quer zur Längsachse der Schaufel und/oder das Zustellen des bzw. das quer zur Längsachse der Schaufel wenigstens teilelastisch komprimierte und/oder in der Spannmittelrichtung zugestellte Spannmittel(s) auch gegen die zweite Anlagefläche verspannt, insbesondere gepresst, bzw. Spannmittel und zweite Anlagefläche hierzu verwendet bzw. eingerichtet.

[0019] Hierdurch kann in einer Ausführung die Montage, Stabilität, Belastung und/oder Zuverlässigkeit (weiter) verbessert werden.

[0020] In einer Ausführung sind die erste und zweite Anlagefläche symmetrisch zueinander. Hierdurch kann in einer Ausführung die Belastung (weiter) verbessert werden.

[0021] In einer anderen Ausführung sind die erste und zweite Anlagefläche nicht symmetrisch zueinander. Hierdurch kann in einer Ausführung die Montage (weiter) verbessert, insbesondere eine eindeutige Montage(orientierung) sichergestellt werden. Allgemein ist in einer Ausführung das Stellmittel nur in einer, insbesondere durch

eine Kontaktgeometrie, vorgegebenen Orientierung an der Schaufel montierbar.

[0022] In einer Ausführung wird bzw. ist das Spannmittel an, insbesondere wenigstens teilweise in, dem Stellmittel, insbesondere zerstörungsfrei lösbar, insbesondere form- und/oder reibschlüssig, insbesondere selbsthemmend, befestigt, insbesondere in der Spannmittel- oder einer anderen Richtung montiert, insbesondere in das Stellmittel eingeführt, in einer Ausführung mit diesem verschraubt, verrastet, verkeilt und/oder in dieses eingepresst. In einer Ausführung wird bzw. ist das Spannmittel an, insbesondere wenigstens teilweise in, dem Stellmittel nicht zerstörungsfrei lösbar, insbesondere stoffschlüssig, insbesondere mittels Schweißen, Löten und/oder Kleben, befestigt,

[0023] In einer Weiterbildung kann das Spannmittel eine Schraube aufweisen, insbesondere sein, insbesondere eine in der Spannmittelrichtung eingeschraubte Schraube und/oder eine Schraube mit einem Mehrkant-, insbesondere Vier-, Sechs- oder Achtkantkopf bzw. eine Vier-, Sechs- oder Achtkantschraube, was insbesondere zur Sicherung durch ein oder mehrere nachfolgend erläuterte Sicherungsmittel vorteilhaft sein kann.

[0024] In einer Weiterbildung kann das Spannmittel ein(en) Keil aufweisen, insbesondere sein, und/oder sich auf einer Keiffläche des Stellmittels und/oder einer Keiffläche der Schraube abstützen, die gegen die Längsachse der Schaufel geneigt ist, so dass ein Verschieben dieses Spannmittels (auch) in Richtung der Längsachse der Schaufel das Stellmittel gegen die Schaufel, insbesondere deren erste Anlagefläche, verspannt.

[0025] Zusätzlich oder alternativ drückt das Spannmittel in einer Ausführung gegen eine, in einer Ausführung ebene, Kontaktfläche der Schaufel, insbesondere des Schaufelschaftes, und verspannt bzw. presst hierdurch das Stellmittel gegen die Schaufel bzw. den Schaufelschaft bzw. die erste und gegebenenfalls zweite Anlagefläche.

[0026] In einer Ausführung ist bzw. wird das Spannmittel quer zur Längsachse der Schaufel (gesehen) zwischen einer Längsseite, insbesondere Kontaktfläche, der Schaufel und einer, insbesondere in Richtung quer zur Längsachse der Schaufel (gesehen), gegenüberliegenden Stützfläche des Stellmittels angeordnet, insbesondere abgestützt, insbesondere zum Verspannen des Stellmittels gegen die Schaufel wenigstens teilelastisch komprimiert, in einer Ausführung durch Abstützen auf einer Keiffläche des Stellmittels und/oder einer Keiffläche der Schraube, die gegen die Längsachse der Schaufel geneigt ist.

[0027] Das Stellmittel kann in einer Ausführung ein(en) Stellhebel aufweisen, insbesondere sein. In einer Ausführung weist Stellmittel bzw. -hebel wenigstens einen Punkt auf, der bei an der Schaufel montiertem Stellmittel von der Längsachse der Schaufel bzw. des Schaufelschafts maximal entfernt liegt, wobei eine Normale bzw. Senkrechte auf der Längsachse von der Längsachse zu diesem Punkt eine Maximalerstreckung(srichtung) des

Stellmittels bzw. -hebels (von der Schaufel weg) im Sinne der vorliegenden Erfindung definiert.

[0028] In einer Ausführung liegen das Spannmittel und diese Maximalerstreckungsrichtung des Stellmittels in Umfangsrichtung um die Längsachse der Schaufel (gesehen) in demselben Halb-, insbesondere demselben Viertelkreissektor bzw. in demselben Kreissektor von 180°, insbesondere 90°. Somit wird bzw. ist das Spannmittel in einer Ausführung, wenigstens im Wesentlichen, in Richtung der maximalen Erstreckung des Stellmittels angeordnet, insbesondere in dieses eingeschraubt.

[0029] Hierdurch kann in einer Ausführung Bauraum in Richtung der Längsachse eingespart und/oder die Montage (weiter) verbessert werden.

[0030] In einer anderen Ausführung liegen das Spannmittel und diese Maximalerstreckungsrichtung des Stellmittels von der Schaufel weg in Umfangsrichtung um die Längsachse der Schaufel (gesehen) in einander gegenüberliegenden Halb-, insbesondere Viertelkreissektoren bzw. in einander gegenüberliegenden Kreissektoren von je 180°, insbesondere je 90°, die in Umfangsrichtung um 180° gegeneinander verdreht sind. Somit wird das Spannmittel in einer Ausführung, wenigstens im Wesentlichen, entgegen der Richtung der maximalen Erstreckung des Stellmittels angeordnet, insbesondere in dieses eingeschraubt.

[0031] Hierdurch kann in einer Ausführung Bauraum auf der der Maximalerstreckungsrichtung gegenüberliegenden Seite eingespart werden.

[0032] In einer anderen Ausführung liegen das Spannmittel und die Maximalerstreckungsrichtung des Stellmittels von der Schaufel weg in Umfangsrichtung um die Längsachse der Schaufel (gesehen) in Halb-, insbesondere Viertelkreissektoren bzw. Kreissektoren von je 180°, insbesondere je 90°, die in Umfangsrichtung um 90° gegeneinander verdreht sind.

[0033] Hierdurch kann in einer Ausführung Bauraum in Richtung der Längsachse und auf der der Maximalerstreckungsrichtung gegenüberliegenden Seite eingespart und/oder die Montage (weiter) verbessert werden.

[0034] In einer Ausführung weist die Schaufelanordnung eine Sicherungsmittelanordnung mit einem oder mehreren Sicherungsmitteln auf, durch die das Spannmittel, insbesondere gegen ein Lösen, gesichert wird bzw. ist bzw. die hierzu eingerichtet sind bzw. verwendet werden, insbesondere ein oder mehrere Sicherungsmittel zum formschlüssigen Sichern und/oder ein oder mehrere Sicherungsmittel zum reibschlüssigen Sichern.

[0035] In einer Ausführung wird bzw. ist wenigstens ein Sicherungsmittel der Sicherungsmittelanordnung mit dem Stellmittel und/oder Spannmittel verschraubt bzw. hierzu verwendet bzw. eingerichtet. In einer Weiterbildung kann ein solches Sicherungsmittel einen selbstsichernden Gewindeeinsatz aufweisen, der mit dem Stellmittel und dem Spannmittel verschraubt wird bzw. ist, insbesondere ein solcher sein.

[0036] Zusätzlich oder alternativ wird bzw. ist wenigstens ein Sicherungsmittel der Sicherungsmittelanord-

nung plastisch deformiert und/oder zwischen Spannmittel und Stellmittel, insbesondere in der Spannmittelrichtung, federnd gehalten, und/oder integral mit dem Spannmittel ausgebildet bzw. hierzu verwendet bzw. eingerichtet. In einer Weiterbildung kann ein solches Sicherungsmittel ein Sicherungsblech aufweisen, insbesondere ein solches sein.

[0037] Hierdurch kann in einer Ausführung die Montage, Stabilität, Belastung und/oder Zuverlässigkeit (weiter) verbessert werden.

[0038] In einer Ausführung weist die Schaufelanordnung wenigstens ein an der Schaufel und/oder dem Stellmittel, insbesondere lösbar, befestigtes Positionierungsmittel und/oder wenigstens einen, insbesondere integral ausgebildeten oder unlösbar befestigten, Vorsprung an der Schaufel und/oder dem Stellmittel auf, durch das bzw. den das Stellmittel an der Schaufel in Richtung ihrer Längsachse, insbesondere form- und/oder reibschlüssig, axial positioniert wird bzw. ist bzw. das bzw. der hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird.

[0039] In einer Ausführung sind das bzw. wenigstens ein Sicherungs- und Positionierungsmittel integral miteinander ausgebildet. In einer Weiterbildung fungiert das bzw. wenigstens ein Sicherungsblech zugleich als axiales Positionierungsmittel.

[0040] In einer Ausführung weist die Schaufel, insbesondere ihr Schaufelschaft, wenigstens eine Vertiefung auf, in die das Spannmittel eingreift, bzw. die hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird.

[0041] Zusätzlich oder alternativ weist die Schaufel, insbesondere ihr Schaufelschaft, in einer Ausführung wenigstens eine Vertiefung auf, in die das wenigstens ein Sicherungs- und/oder Positionierungsmittel eingreift, bzw. die hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird.

[0042] In einer Ausführung weist das Stellmittel eine Aussparung bzw. Innenfläche auf, die gegen die erste und/oder zweite Anlagefläche der Schaufel bzw. des Schaufelschaftes verspannt bzw. gepresst wird bzw. hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird.

[0043] Hierdurch kann in einer Ausführung jeweils, insbesondere in Kombination, die Montage, Stabilität, Belastung und/oder Zuverlässigkeit (weiter) verbessert werden.

[0044] In einer Weiterbildung ist die Aussparung des Stellmittels zum Verspannen gegen die erste und/oder zweite Anlagefläche der Schaufel beidseitig offen bzw. durchgängig ausgebildet, in einer Ausführung mittels eines elektrochemischen Abtrags und/oder Funkenerosion.

[0045] Hierdurch kann in einer Ausführung deren Herstellung und/oder die Montage (weiter) verbessert werden.

[0046] In einer anderen Weiterbildung ist die Aussparung des Stellmittels zum Verspannen gegen die erste und/oder zweite Anlagefläche der Schaufel einseitig geschlossen bzw. (nur) einseitig offen ausgebildet, in einer Ausführung mittels eines elektrochemischen Abtrags und/oder Funkenerosion.

[0047] Hierdurch kann in einer Ausführung an der Schaufel ein besonders zuverlässiger Anschlag zum axialen Positionieren des Stellmittels an der Schaufel in Richtung ihrer Längsachse ausgebildet werden.

[0048] In einer Ausführung ragen bzw. stehen die erste und/oder zweite Anlagefläche der Schaufel aus der Aussparung des Stellmittels ein- oder beidseitig hervor.

[0049] Hierdurch können in einer Ausführung die Montage verbessert, insbesondere Toleranzen ausgeglichen werden.

[0050] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

Fig. 1 eine Schaufelanordnung mit einer verstellbaren Schaufel und einem Stellmittel nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einer Seitansicht;

Fig. 2 eine perspektivische Teilansicht der Schaufel;

Fig. 3 einen Schnitt längs A-A in Fig. 1;

Fig. 4 eine Draufsicht auf die Schaufelanordnung der Fig. 1;

Fig. 5 einen Schnitt längs B-B in Fig. 4;

Fig. 6 eine Draufsicht auf eine Schaufelanordnung mit einer verstellbaren Schaufel und einem Stellmittel nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung in Fig. 4 entsprechender Darstellung;

Fig. 7 einen Schnitt längs C-C in Fig. 6;

Fig. 8 eine Draufsicht auf eine Schaufelanordnung mit einer verstellbaren Schaufel und einem Stellmittel nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung in Fig. 4, 6 entsprechender Darstellung;

Fig. 9 einen Schnitt längs D-D in Fig. 8;

Fig. 10 eine Draufsicht auf eine Schaufelanordnung mit einer verstellbaren Schaufel und einem Stellmittel nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung in Fig. 4, 6, 8 entsprechender Darstellung; und

Fig. 11 einen Schnitt längs E-E in Fig. 10.

[0051] Fig. 1-5 zeigen eine Schaufelanordnung mit einer verstellbaren Schaufel und einem Stellmittel 20 nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einer Seitansicht (Fig. 1), Draufsicht (Fig. 4) bzw. Schnittansichten (Fig. 3, 5) bzw. die Schaufel in einer perspektivi-

schen Teilansicht (Fig. 2).

[0052] Die Schaufel weist ein Schaufelblatt 15 und einen Schaufelschaft 10 auf, der in einem Gehäuse einer Verdichter- oder Turbinenstufe um eine Längsachse L der Schaufel bzw. des Schaufelschaftes drehbar gelagert wird bzw. ist bzw. hierzu vorgesehen ist. Dies ist an sich bekannt und daher hier nicht dargestellt.

[0053] Schaufel bzw. Schaufelschaft weisen eine erste Anlagefläche 11 und eine hierzu symmetrische zweite Anlagefläche 12 auf, die gegeneinander geneigt sind, im Ausführungsbeispiel um etwa 70°.

[0054] Beide sind im Ausführungsbeispiel parallel zur Längsachse L, d. h. gegen diese nicht geneigt. In einer nicht dargestellten Abwandlung sind die beiden Anlageflächen 11, 12 nicht symmetrisch zueinander und/oder leicht gegen die Längsachse L geneigt.

[0055] Auf der den beiden Anlageflächen 11, 12 gegenüberliegenden Seite weist die Schaufel bzw. der Schaufelschaft eine Vertiefung mit einer ebenen Grundfläche 13 und eine Schlitznut 14 auf (vgl. Fig. 5).

[0056] Das Stellmittel 20 weist eine Aussparung in Form einer Durchgangsöffnung 21 auf, mit der es auf den Schaufelschaft 10 aufgesteckt wird bzw. ist, so dass dieser bzw. seine Anlageflächen 11, 12 die Durchgangsöffnung 21 durchgreifen.

[0057] Ein Spannmittel in Form einer Sechskantschraube 30 ist bzw. wird in einer Spannmittelrichtung S, die auf der Längsachse L wenigstens im Wesentlichen senkrecht steht, d. h. mit dieser einen Winkel von etwa 90° einschließt, in das Stellmittel 20 eingeschraubt (horizontal von links nach rechts in Fig. 1, 3-5), so dass die Schraube 30 in die Vertiefung mit der ebenen Grundfläche 13 eingreift und in der Spannmittelrichtung S gegen die Grundfläche drückt und dadurch das Stellmittel 20 gegen die Anlageflächen 11, 12 zieht und spielfrei gegen diese verspannt bzw. presst, wobei die Schraube 30 quer zur Längsachse L der Schaufel wenigstens teilelastisch komprimiert wird.

[0058] Die Schraube 30 wird bzw. ist durch ein erstes Sicherungsmittel in Form eines mit bzw. zwischen Stellmittel 20 und Schraube 30 verschraubten selbstsichernden Gewindeeinsatzes 41 und ein zweites Sicherungsmittel in Form eines Sicherungsbleches 42 gesichert, das hierzu teilweise plastisch umgebogen wird bzw. ist.

[0059] Wie insbesondere in Fig. 5 erkennbar, wird bzw. ist das Sicherungsblech 42 zwischen dem Kopf der Schraube 30 und dem Stellmittel 20 federnd gehalten, so dass die Schraube 30 das Stellmittel 20 gegen die Anlageflächen 11, 12 ziehen und so gegen diese verspannen kann. Mit anderen Worten ist das Sicherungsblech hier zum Ausgleich von Toleranzen flexibel.

[0060] Zudem greift das Sicherungsblech 42 in die Schlitznut 14 ein und positioniert das Stellmittel 20 so an der Schaufel axial in Richtung ihrer Längsachse L. Entsprechend bildet das Sicherungsblech 42 ein integral ausgebildetes Sicherungs- und Positionierungsmittel.

[0061] Fig. 6, 7 zeigen in Fig. 4, 5 entsprechender Weise eine Schaufelanordnung nach einer weiteren Ausführ-

rung der vorliegenden Erfindung. Einander entsprechende Merkmale sind durch identische Bezugszeichen identifiziert, so dass auf die vorhergehende Beschreibung Bezug genommen und nachfolgend nur auf Unterschiede eingegangen wird.

[0062] Das Stellmittel 20 weist eine Maximalerstreckungsrichtung M von der Schaufel weg auf (horizontal von links nach rechts in Fig. 4-7).

[0063] In der Ausführung der Fig. 4, 5 liegen das Spannmittel 30 und diese Maximalerstreckungsrichtung Min Umfangsrichtung um die Längsachse L gesehen in einander gegenüberliegenden Halbkreissectoren, da die Schraube 30 sozusagen von der dem Stellmittel 20 bzw. seiner Maximalerstreckung gegenüberliegenden Seite in dieses eingeschraubt wird bzw. ist.

[0064] In der Ausführung der Fig. 6, 7 liegen das Spannmittelrichtung 30 und die Maximalerstreckungsrichtung M hingegen in Umfangsrichtung um die Längsachse L gesehen in demselben Halbkreissector, da die Schraube 30 sozusagen von der Seite der Maximalerstreckung des Stellmittels 20 in dieses eingeschraubt wird bzw. ist.

[0065] Wie der Vergleich der Fig. 5, 7 veranschaulicht, kann durch das Einschrauben entgegen der Maximalerstreckungsrichtung M links in Fig. 7 Bauraum gespart werden, durch das Einschrauben in der Maximalerstreckungsrichtung M Bauraum oben in Fig. 5.

[0066] Fig. 8, 9 zeigen in Fig. 4, 5 entsprechender Weise eine Schaufelanordnung nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung. Einander entsprechende Merkmale sind wieder durch identische Bezugszeichen identifiziert, so dass auf die vorhergehende Beschreibung Bezug genommen und nachfolgend nur auf Unterschiede eingegangen wird.

[0067] In der Ausführung der Fig. 8, 9 weist das Stellmittel einen integral ausgebildeten Vorsprung 22 in der beidseitig offenen Aussparung 21 auf, der in die keilförmige Nut 14 im Schaufelschaft 10 eingreift, wodurch das Stellmittel 20 an der Schaufel bzw. ihrem Schaufelschaft 10 in Richtung ihrer Längsachse L axial positioniert wird. In nicht dargestellten Abwandlungen kann die Aussparung 21 auch einseitig (oben in Fig. 9) geschlossen sein oder umgekehrt die Schaufel bzw. ihr Schaufelschaft 10 einen Vorsprung zum axialen Positionieren aufweisen.

[0068] Fig. 10, 11 zeigen in Fig. 4, 5 entsprechender Weise eine Schaufelanordnung nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung. Einander entsprechende Merkmale sind wieder durch identische Bezugszeichen identifiziert, so dass auf die vorhergehende Beschreibung Bezug genommen und nachfolgend nur auf Unterschiede eingegangen wird.

[0069] In der Ausführung der Fig. 10, 11 ist das Spannmittel nicht als Schraube 30, sondern als Keil 31 ausgebildet, der sich auf einer Keiffläche 23 des Stellhebels 20 selbsthemmend abstützt, dadurch zwischen dieser Stützfläche 23 und der dieser quer zur Längsachse L gegenüberliegenden Längsseite bzw. Kontaktfläche 13 der Schaufel bzw. des Schaufelschafts 10 wenigstens

teilelastisch komprimiert ist und so den Stellhebel gegen die erste Anlagefläche 11' verspannt, die in der Ausführung der Fig. 10, 11 gekrümmt ist.

[0070] Integral mit dem Keil 31 ist ein Sicherungsmittel in Form einer Lasche 43 ausgebildet, die zum Sichern des Keils unter dem Stellhebel plastisch umgebogen ist.

[0071] Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist.

[0072] So können insbesondere die Ausführungen der Fig. 6-9 kombiniert sein oder die Spannmittelrichtung S auch beispielsweise senkrecht auf der Zeichenebene der Fig. 5, 7 bzw. 9 stehen bzw. in Fig. 4, 6 bzw. 8 vertikal sein.

[0073] Gleichermaßen kann in der Ausführung der Fig. 10, 11 der Keil 31 auch im Halbkreisector der Maximalerstreckungsrichtung (vgl. 6) oder einem gegen dessen Halbkreisector um 90° verdrehten Halbkreisector angeordnet und/oder zusätzlich oder alternativ zur integralen Lasche 43 durch ein separates Sicherungsmittel gesichert sein bzw. werden.

[0074] Auch kann zusätzlich oder alternativ zur Keiffläche 23 auch der Schaufelschaft eine Keiffläche aufweisen, so dass der Stellhebel durch Einschieben des Keils 31 oder eines anders geformten Spannmittels gegen die erste Anlagefläche 11' verspannt wird, die in einer Abwandlung zusätzlich oder alternativ auch eben sein kann.

[0075] In der Ausführung der Fig. 10, 11 schließt aufgrund des spitzen Winkels der Keiffläche 23 die Spannmittelrichtung, in der der Keil 31 zum Verspannen des Stellhebels 20 gegen die erste Anlagefläche 11' zugestellt wird, einen Winkel von weniger als 45° mit der Längsachse L der Schaufel ein.

[0076] In einer nicht dargestellten Abwandlung der Ausführung der Fig. 5 oder 7 kann anstelle eines Einschraubens der Schraube 30 in der Spannmittelrichtung mit entsprechender wenigstens teilelastischer Kompression beispielsweise ein Spannmittel verwendet werden, dass sich in Spannmittelrichtung ausgedehnt hat und hierdurch den Stellhebel 20 gegen die erste Anlagefläche 11' verspannt.

[0077] Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

Bezugszeichenliste

[0078]

10	Schaufelschaft
11; 11'	erste Anlagefläche
12	zweite Anlagefläche
13	Vertiefung/Kontaktfläche
14	Nut
15	Schaufelblatt
20	Stellmittel
21	Aussparung
22	Vorsprung
23	Keil-/Stützfläche
30	Schraube (Spannmittel)
31	Keil (Spannmittel)
41	selbstsichernder Gewindeeinsatz
42	Sicherungsblech
43	Sicherungslasche
L	Längsachse
M	Maximalerstreckungsrichtung
S	Spannmittelrichtung

Patentansprüche

1. Schaufelanordnung mit einer verstellbaren Schaufel (10-15) für eine Turbomaschine, die wenigstens eine erste, insbesondere ebene oder gekrümmte, Anlagefläche (11; 11') zum, insbesondere spielfreien, Verspannen eines Stellmittels (20) der Schaufelanordnung zum Verstellen der Schaufel aufweist, wobei diese erste Anlagefläche gegen eine Längsachse (L) der Schaufel nicht oder um höchstens 15° geneigt ist und/oder die Schaufelanordnung ein Spannmittel (30; 31) zum Verspannen des Stellmittels gegen die erste Anlagefläche durch wenigstens teilelastische Kompression des Spannmittels quer zur Längsachse der Schaufel und/oder durch Zustellen des Spannmittels in einer Spannmittelrichtung (S) aufweist, die mit der Längsachse der Schaufel einen Winkel von wenigstens 45° einschließt.
2. Schaufelanordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel wenigstens eine zweite, insbesondere ebene, Anlagefläche (12) zum, insbesondere spielfreien, Verspannen des Stellmittels aufweist, die gegen die erste Anlagefläche geneigt ist, wobei die zweite Anlagefläche gegen die Längsachse der Schaufel nicht oder um höchstens 15° geneigt ist und/oder das Stellmittel durch wenigstens teilelastische Kompression des Spannmittels quer zur Längsachse der Schaufel und/oder durch Zustellen des Spannmittels in der Spannmittelrichtung gegen die zweite Anlagefläche verspannbar ist.
3. Schaufelanordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und zweite Anlagefläche symmetrisch oder nicht symmetrisch zueinander sind.

4. Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spannmittel zerstörungsfrei lösbar, insbesondere selbsthemmend, oder nicht zerstörungsfrei lösbar an dem Stellmittel befestigt ist und/oder dass das Spannmittel zum Verspannen des Stellmittels gegen eine, insbesondere ebene, Kontaktfläche (13) der Schaufel drückt und/oder quer zur Längsachse der Schaufel zwischen einer Längsseite der Schaufel und einer gegenüberliegenden Stützfläche (23) des Stellmittels wenigstens teilelastisch komprimiert ist.
5. Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spannmittel und eine Maximalerstreckungsrichtung (M) des Stellmittels von der Schaufel weg in Umfangsrichtung um die Längsachse der Schaufel in demselben Halb-, insbesondere Viertelkreissektor, in einander gegenüberliegenden Halb-, insbesondere Viertelkreissektoren, oder in gegeneinander um 90° verdrehten Halb-, insbesondere Viertelkreissektoren liegen.
6. Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Sicherungsmittelanordnung mit wenigstens einem Sicherungsmittel (41, 42; 43) zum, insbesondere form- und/oder reibschlüssigen, Sichern des Spannmittels.
7. Schaufelanordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Sicherungsmittel der Sicherungsmittelanordnung mit dem Stellmittel und/oder Spannmittel verschraubt (41) und/oder plastisch deformiert (42; 43) und/oder zwischen Spannmittel und Stellmittel federnd gehalten (42) und/oder integral mit dem Spannmittel ausgebildet (43) ist.
8. Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens ein an der Schaufel und/oder dem Stellmittel befestigtes Positioniermittel (42) und/oder wenigstens einen Vorsprung (22) an der Schaufel und/oder dem Stellmittel zum, insbesondere form- und/oder reibschlüssigen, axialen Positionieren des Stellmittels an der Schaufel in Richtung ihrer Längsachse.
9. Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein integral ausgebildetes Sicherungs- und Positioniermittel (42) zum, insbesondere form- und/oder reibschlüssigen, Sichern des Spannmittels und axialen Positionieren des Stellmittels an der Schaufel in Richtung ihrer Längsachse.
10. Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Schaufel wenigstens eine Vertiefung (13) zur wenigstens teilweisen Aufnahme des Spannmittels und/oder wenigstens eine Vertiefung (14) zur wenigstens teilweisen Aufnahme des Sicherungs- und/oder Positioniermittels aufweist.

5

11. Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellmittel eine beidseitig offene oder einseitig geschlossene Aussparung (21) zum Verspannen gegen die erste und/oder zweite Anlagefläche der Schaufel aufweist. 10
12. Turbomaschinenbaugruppe, insbesondere Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, oder Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, mit wenigstens einer Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 15
13. Verstellbare Schaufel (10-15) für eine Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die die erste Anlagefläche (11) zum Verspannen des Stellmittels (20) aufweist. 20
14. Stellmittel (20) für eine Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Verstellen der Schaufel (10-15) nach dem vorhergehenden Anspruch. 25
15. Verfahren zum Montieren einer Schaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Schaufel (10-15) und Stellmittel (20), insbesondere durch wenigstens teilelastische Kompression des Spannmittels quer zur Längsachse der Schaufel und/oder durch Zustellen des Spannmittels (30) in der Spannmittelrichtung (S), verspannt werden. 30

40

45

50

55

Fig. 1

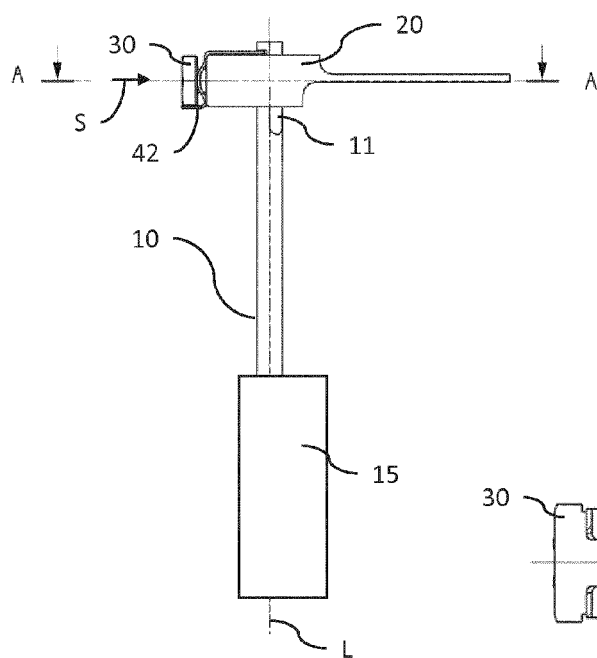


Fig. 2

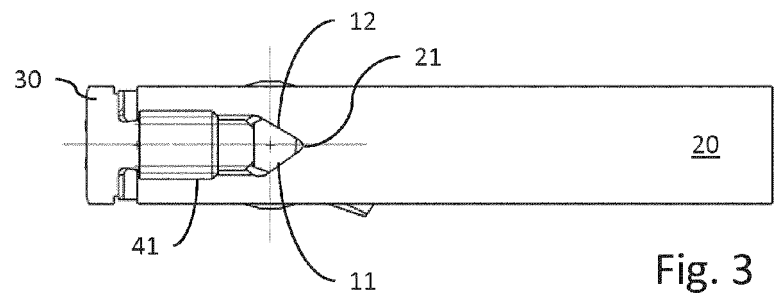
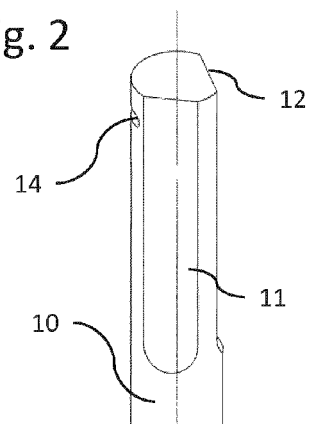


Fig. 3

Fig. 5

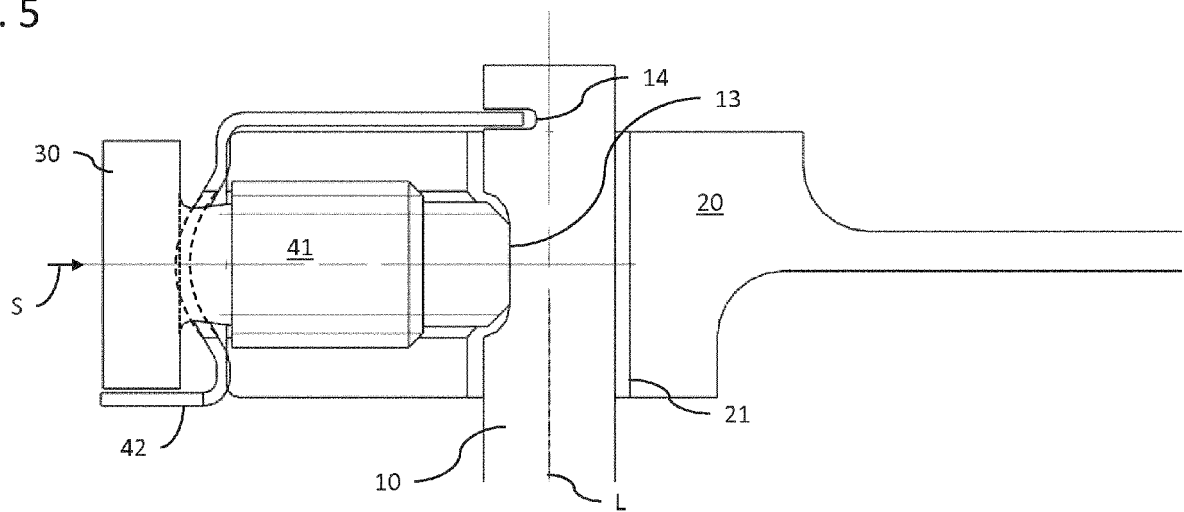


Fig. 4

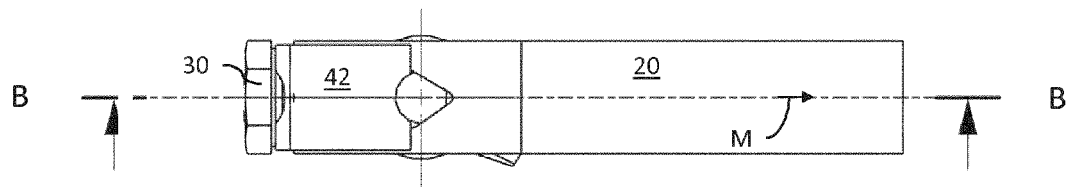


Fig. 7

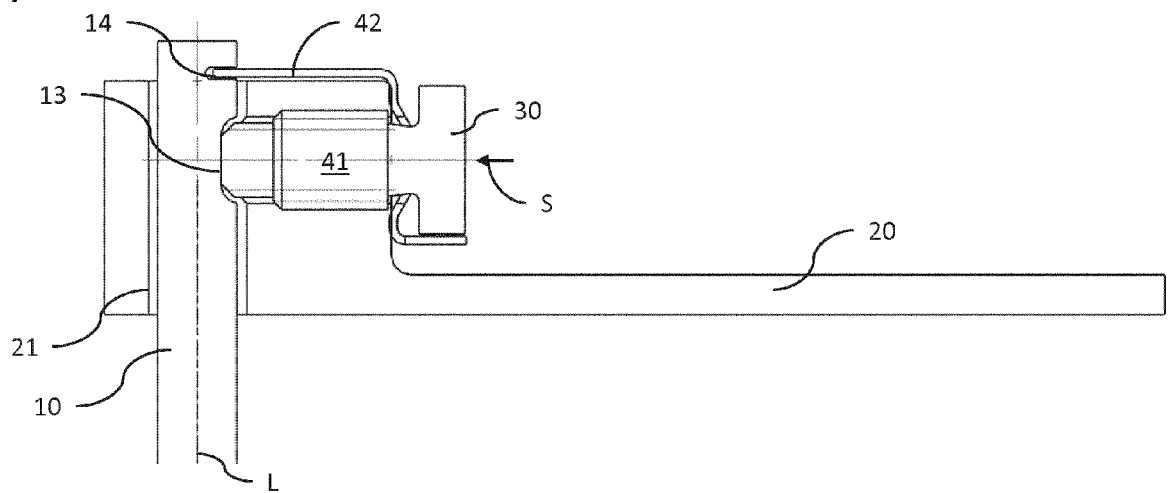


Fig. 6

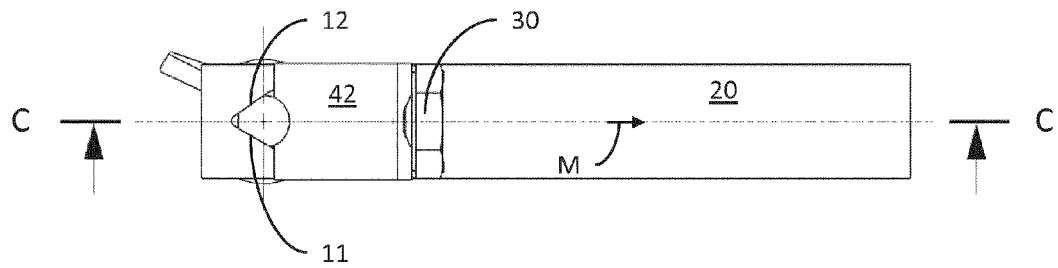


Fig. 9

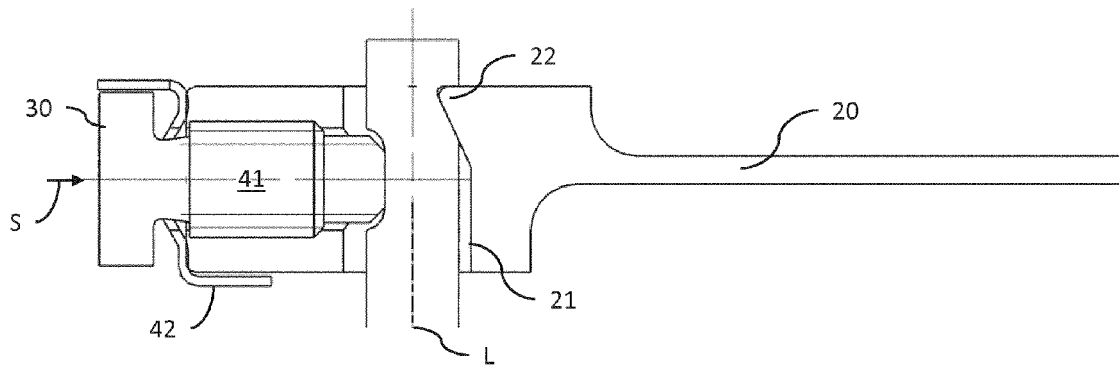


Fig. 8

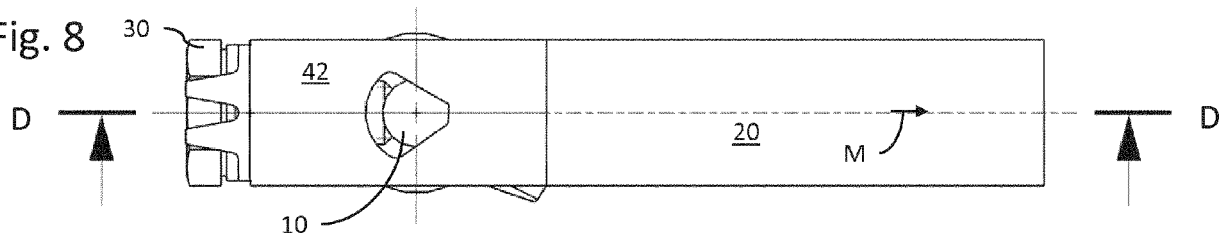


Fig. 11

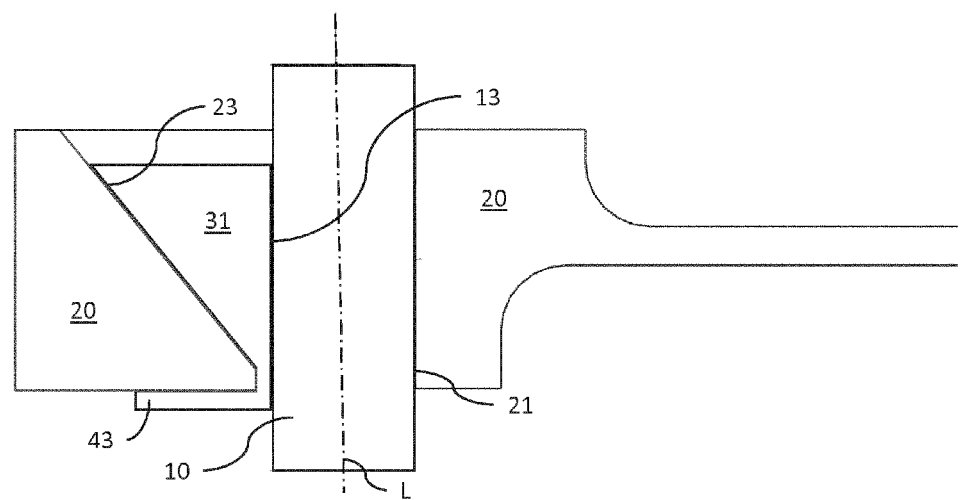
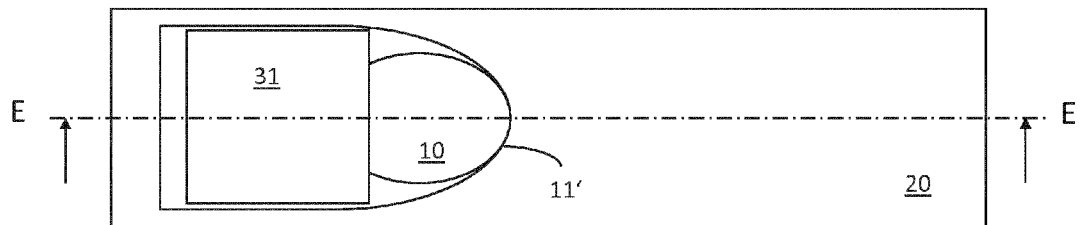


Fig. 10





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 20 9947

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 8 087 883 B2 (BOURU MICHEL ANDRE [FR]; VERBRUGGE ANDRE REMI CLAUDE [FR]; SNECMA [FR]) 3. Januar 2012 (2012-01-03) * Abbildungen 1-3, 5 *	1,4-10, 12-15	INV. F01D17/16 F04D29/56
X	FR 2 904 669 A1 (SNECMA SA [FR]) 8. Februar 2008 (2008-02-08) * Abbildungen 1, 2, 4, 5 *	1,4,5, 8-15	
X	WO 2009/076508 A1 (HONEY WELL INTERNAT INC [US]; MARTIN STEVEN P [US] ET AL.) 18. Juni 2009 (2009-06-18) * Abbildungen 1A-1D *	1,4,5, 10,12-15	
A	GB 2 060 782 A (GEN ELECTRIC) 7. Mai 1981 (1981-05-07) * Abbildung 5 *	1-15	
A	FR 2 879 685 A1 (SNECMA MOTEURS SA [FR]) 23. Juni 2006 (2006-06-23) * Abbildung 2 *	1-15	
A	US 5 492 446 A (HAWKINS JAMES T [US] ET AL) 20. Februar 1996 (1996-02-20) * Abbildungen 1, 2 *	1-15	
A,P	EP 3 333 374 A1 (MTU AERO ENGINES AG [DE]) 13. Juni 2018 (2018-06-13) * Abbildungen 4-7 *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. April 2019	Prüfer Georgi, Jan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 20 9947

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-04-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 8087883 B2	03-01-2012	EP 1887188 A1	13-02-2008
		FR 2904668 A1	08-02-2008
		US 2008031729 A1	07-02-2008
FR 2904669 A1	08-02-2008	KEINE	
WO 2009076508 A1	18-06-2009	EP 2229509 A1	22-09-2010
		US 2010254815 A1	07-10-2010
		WO 2009076508 A1	18-06-2009
GB 2060782 A	07-05-1981	CA 1123343 A	11-05-1982
		GB 2060782 A	07-05-1981
		US 4307994 A	29-12-1981
FR 2879685 A1	23-06-2006	KEINE	
US 5492446 A	20-02-1996	DE 19537784 A1	20-06-1996
		GB 2296049 A	19-06-1996
		US 5492446 A	20-02-1996
EP 3333374 A1	13-06-2018	DE 102016224523 A1	14-06-2018
		EP 3333374 A1	13-06-2018
		US 2018163560 A1	14-06-2018

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82