



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.02.2013 Patentblatt 2013/09

(51) Int Cl.:
F01D 5/30 (2006.01) F04D 29/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11178635.6**

(22) Anmeldetag: **24.08.2011**

(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

- **Dungs, Sascha**
46485 Wesel (DE)
- **Griffin, Elliot**
Winter Springs, FL, 32708 (US)
- **Paus, Markus**
46119 Oberhausen (DE)
- **Reichling, Stefan**
44789 Bochum (DE)
- **Wigger, Hubertus Michael**
50823 Köln (DE)
- **Wistuba, Dirk**
45475 Mülheim an der Ruhr (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

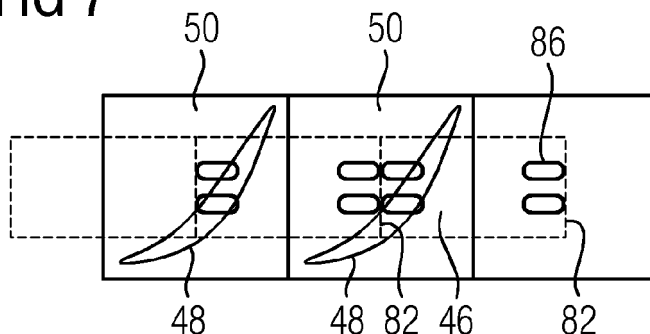
(72) Erfinder:
• **Sieber, Uwe**
45476 Mülheim an der Ruhr (DE)

(54) **Schaufelanordnung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaufelanordnung (40) mit einem Schaufelträger (56) und einer darin angeordneten Haltenut (58), welche an ihren Seitenwänden (60) sich längs erstreckende Vorsprünge (62) zur Bildung von Hinterschneidungen (64) aufweist, und in der eine Anzahl von Schaufeln (25, 27) zur Bildung eines Schaufelkranzes einer Turbomaschine eingesetzt ist, wobei jede Schaufel (25, 27) neben einem Schaufelblatt (48) zur Befestigung einen in die Hinterschneidungen (64) eingreifenden Schaufelfuß (50) aufweist und durch ein zwischen einer Schaufelfußunterseite (68) und einem

Nutgrund (70) der Haltenut (58) angeordnetes Element (46) an die Vorsprünge (62) gepresst ist. Um eine besonders sichere, zuverlässige, langlebige und verschleißarme Befestigung anzugeben, die eine besonders einfache Montage und Demontage ermöglicht ist vorgesehen, dass jedes Element (46) plattenförmig ausgebildet ist, in der Projektion von Schaufelblatt (48) in Richtung Nutgrund (70) zumindest eine unterhalb des Schaufelblatts (48) angeordnete Sicke (52) zum Anpressen aufweist und in Längsrichtung der Haltenut (58) lediglich teilweise des von ihm angepressten Schaufelfußes (50) überdeckt ist.

FIG 7



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaufelanordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Derartige Schaufelanordnungen sind aus dem umfangreich vorhandenen Stand der Technik bestens bekannt. Die bekannten Schaufelanordnungen werden sowohl für Leitschaufelreihen als auch für Laufschaufelreihen von Verdichtern eingesetzt, wobei in einem Schaufelträger eine Umfangsnut zur Aufnahme aller Schaufeln der Reihe vorgesehen ist. Die Befestigung der Schaufeln in der Umfangsnut erfolgt mit Hilfe eines hammerförmigen oder schwalbenschwanzähnlichen Formschlusses, indem entsprechend ausgebildete Schaufelfüße von den Seitenwänden der Haltenut hervorstehende Vorsprünge hintergreifen. Um eine spielfreie, verschleißarme und zuverlässige Verspannung der Schaufeln in der Haltenut herbeizuführen ist es bekannt, zwischen Schaufelfußunterseite und Nutgrund Unterbauungen in Gestalt von Passfedern, Federelementen in Form einer Spiralfeder oder einer längs wie quer geschlitzten Spannhülse einzusetzen. Damit lassen sich in radialer Richtung vorhandene Montage- und Fertigungsspiele zwischen Schaufel und Nut kompensieren, was eine einfache Herstellung und Montage ermöglicht. Problematisch ist, dass die Spiele in radialer Richtung zu Schwierigkeiten bei der Gewährleistung der Toleranzen in Nutumfangsrichtung führen können. Daher ist es bekannt, dass zur Einstellung der Radialspalte zwischen Schaufelblattspitze und einer dieser unmittelbar gegenüberliegenden Kanalbegrenzung die Profilenden überschliffen oder durch Drehen auf Maß gebracht werden, wobei währenddessen die in der Nut montierten Schaufeln nach außen gedrückt sind. Abgesehen davon besteht häufig das Problem, eine einfache Montierbarkeit und Demontierbarkeit von Schaufeln und den Unterbauungen bei geringen Herstellungskosten zu erreichen.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung einer Schaufelanordnung, bei der eine langlebige und zugleich zuverlässige sowie sichere Befestigung der Schaufeln in der Umfangsnut bei einfacher Montage und Demontage gewährleistet ist.

[0004] Die Aufgabe wird mit einer Schaufelanordnung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben, die in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden können.

[0005] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass jedes Element plattenförmig ausgebildet ist, in der Projektion von Schaufelblatt Richtung Nutgrund zumindest eine unterhalb des Schaufelblatts angeordnete Sicke zum Anpressen der Schaufel in der Nut aufweist und in Längsrichtung der Haltenut lediglich teilweise des vom ihm angepressten Schaufelfußes überdeckt ist.

[0006] Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Elements ist es möglich, das dieses eine besonders geeignete Form aufweist, die eine lokal federnde Unterbauung und an einer anderen lokalen Stelle eine steif wirkende Unter-

bauung ermöglicht. Das Element lässt sich zudem einerseits besonders einfach herstellen und andererseits zugleich besonders einfach montieren und demontieren. Die versteifende Wirkung wird durch eine Sicke oder mehrere Sicken erzeugt. Die einfache Montierbarkeit und Demontierbarkeit wird dadurch erreicht, dass in Längsrichtung der Haltenut das betreffende Element lediglich teilweise durch den von ihm angepressten Schaufelfuß überdeckt ist. Somit steht stets ein Abschnitt des Elements hervor, welches für ein Demontagewerkzeug besonders einfach erreichbar ist. Des Weiteren ermöglicht die plattenförmige Geometrie des Elements eine platzsparende Konstruktion und Schaufelanordnung.

[0007] Besonders bevorzugt ist die Ausgestaltung, bei der in der Haltenut zwischen je zwei Schaufeln ein einseitiges oder mehrteiliges Zwischenstück eingesetzt ist, das von dem durch den Schaufelfuß nicht überdeckten Teil des Elements an die Vorsprünge angepresst ist. In diesem Fall existieren in identischer Anzahl Schaufeln, Zwischenstücke und Elemente, wobei die Elemente eine Längserstreckung aufweisen, die gleich der Längserstreckung von Schaufelfuß und Zwischenstück ist. Die Montage der Elemente erfolgt in Bezug auf Zwischenstücke und Schaufeln versetzt, so dass das Element - in Längsrichtung der Haltenut gesehen - sich vollständig unter dem Schaufelfuß hindurch und jeweils teilweise bis unter die beiden, den Schaufelfuß benachbarten Zwischenstücken erstreckt. Damit wird jedes Zwischenstück von zwei Elementen an die Vorsprünge der Haltenut gepresst.

[0008] Vorzugsweise sind die Elemente derartig ausgebildet, dass die betreffenden Zwischenstücke mit geringerer Kraft an die Vorsprünge angepresst werden als der von dem betreffenden Element an die Vorsprünge angepresste Schaufelfuß. Insbesondere damit lassen sich verschiedene Steifigkeiten des Elements für verschiedene Anforderungen besonders vorteilhaft nutzen. Für die Montage der Zwischenstücke ist nämlich eine niedrigere Federkraft des Elements wünschenswert und auch nicht benötigt, da im Betrieb auch keine hohen Kräfte an dem Zwischenstück angreifen. Dahingegen sind die im Schaufelträger festgeklemmten Schaufeln im Betrieb Strömungskraften ausgesetzt. Dies erfordert eine zuverlässigere Befestigung der Schaufeln am Schaufelträger, was eine größere Anpresskraft erforderlich macht. Die höhere Anpresskraft wird durch die lokal höhere Steifigkeit des Elements erreicht. Diese wird durch die im Element angeordnete(n) Sicke(n) hervorgerufen.

[0009] Bei einer steiferen Unterbauung der Schaufel können vorteilhaft unterschiedlich wirkende Funktionsprinzipien für Montage und den anschließenden Betrieb verwendet werden. Zum einen ist die lokale Material-Plastifizierung der Sicke zum Ausgleich von Fertigungstoleranzen bei der Montage vorgesehen. Zum anderen ist eine Nutzung der Rest-Elastizität vorgesehen, um dann die Betriebskräfte aufzunehmen. Hierzu wird vorteilhaft ein Material für das Element benutzt, welches sich durch eine relativ hohe Verhältniszahl der Kennziffer für maxi-

male Zugfestigkeit (R_{max}) zur Streckgrenze ($RP_{0.2}$) auszeichnet (Kennziffer $R_{max}/R_{p0.2} > 1,5$), wobei bei Materialwahl die Streckgrenze gleichzeitig noch ausreichend groß genug für die Betriebskraft sein muss.

[0010] Der lokal steifere Bereich des Elements wird vorzugsweise als Sicke ausgeführt. Besonders vorteilhaft ist die Gestaltung der Sicke in einer Weise, bei der sich eine geknickte Kennlinie im Kraft-Weg-Zusammenhang ergibt. Dadurch wird über einen weiten Bereich eine Rest-Elastizität zur Aufnahme der Betriebskräfte sichergestellt. Dies kann mit einer ersten Sickengeometrie erreicht werden, bei der das Element eine Wandstärke S und die Sicke im Querschnitt eine Sickenbreite b sowie zwei konvexe Abschnitte mit einem Radius R_2 und einen dazwischen angeordneten konkaven Abschnitt mit einem Radius R_1 mit einer Sehnenlänge A aufweist, für die gilt:

$$\begin{aligned} R_1 &> 1,5S, \\ 3 \cdot R_2 &> R_1 < 0,7R_2 \text{ und} \\ 10b \text{ bis } 1,7b &> a. \end{aligned}$$

[0011] Eine zweite Sickengeometrie mit ähnlichen Eigenschaften wird erreicht, wenn $R_1 > 5S$ ist, $3 \cdot R_2 > R_1$ und $a < 0,9b$.

[0012] Eine dritte Sickengeometrie als Kombination der ersten beiden Sickengeometrien mit ähnlichen Eigenschaften führt zu einer Doppelsicke, welche einen weiter vergrößerten elastischen Bereich aufweist.

[0013] Vorzugsweise sind die Sicken im Element derart angesiedelt, dass sie in der Projektion von Schaufelblatt Richtung Nutgrund unterhalb des Schaufelblatts angeordnet sind. Mit anderen Worten: da die Elemente entlang der Umfangsnut stets zu den Schaufeln versetzt angesiedelt sind, sind die Sicken prinzipiell im Innenbereich des Elements oder an dessen Rand angeordnet. Dies erlaubt eine einfache Montage und Demontage der Elemente.

[0014] Weiter bevorzugt weist das Element in seinem nicht vom Schaufelfuß überdeckten Bereich zumindest eine Öffnung auf. In diese Öffnung kann ein Demontagehaken oder Werkzeug eingreifen, um es aus seiner Betriebsposition zu demontieren.

[0015] Eine einfache Montierbarkeit des Elements lässt sich erreichen, wenn im Nutgrund der Haltenut oder in der Schaufelfußunterseite eine sich längs der Haltenut erstreckende Nut als Demontagenut angesiedelt ist. Bei der Demontage kann dort vergleichsweise einfach ein Gleithammer angesetzt werden und bei der Montage ist das Hereinschlagen/-drücken des Elements zwischen Schaufel und Nut mittels eines Stößels vereinfacht.

[0016] Zweckmäßigerweise weist das Element in der Projektion von Schaufelblatt Richtung Nutgrund (radiale Sichtachse) eine äußere Kontur auf, die im Wesentlichen rechteckig ist. In dieser Projektion ist das betreffende Element nur halb durch die von ihm angepresste Schaufel überdeckt. Derartig konturierte Elemente sind besonders kostengünstig und einfach herstellbar.

[0017] Besonders vorteilhaft ist die Ausgestaltung, bei der zumindest eine Längskante des Elements abgewinkelt ist, die an den dazu korrespondierend ausgeformten Schaufelfüßen vorgespannt anliegt. Sofern Zwischenstücke in der Schaufelanordnung verwendet werden, können die abgewinkelten Längskanten auch an den dazu korrespondierend ausgeformten Zwischenstücken vorgespannt anliegen. Diese Ausgestaltung ermöglicht, dass die Schaufeln nicht allein aufgrund der Nutgeometrie und der Schaufelfußgeometrie ausgerichtet werden, sondern sich auch anhand des jeweiligen Nachbarbauteils - Schaufel oder Zwischenstück - ausrichten. Dieses Merkmal dient der vorteilhaften Verringerung von Kontaktverschleiß.

[0018] Weiter vorteilhaft weist das Element an mindestens einem Rand zumindest eine weitere Sicke zur lokalen Versteifung und zur Führung des Elements in einer Führungsnut auf. Diese weitere Sicke am Rand, vorzugsweise der Querkante, kann die Montage vereinfachen, da an der lokalen Versteifung ein Stößel zum Einschlagen/Einstoßen des Elements zwischen Schaufelfußunterseite und Nutgrund angesetzt werden kann, ohne dass beim anschließenden Eintreiben sich das Element örtlich verbiegt. Besonders bevorzugt ist die Ausführungsform, bei der die Sicke als innere Sicke ausgestaltet ist, die in einer diese zumindest teilweise umgebenden, äußeren Sicke angesiedelt ist. Diese auch als Doppelsicke bezeichnete Ausführungsform ermöglicht eine Vergrößerung des elastischen Bereichs des Elements.

[0019] Besonders bevorzugt ist die Ausgestaltung, bei der die Schaufelanordnung in einem axial durchströmbar Verdichter einer Gasturbine verwendet wird, entweder für einen Laufschaufelkranz und/oder für einen Leitschaufelkranz. Dies gewährleistet einen zuverlässigen, sicheren und besonders effizienten Betrieb der Gasturbine, da mit dieser Ausgestaltung die Radialspalte zwischen den Schaufelblattspitzen und der gegenüberliegenden Kanalwand des Strömungskanals des Verdichters besonders klein ausgebildet werden können.

[0020] Die Erfindung wird anhand mehrerer Ausführungsbeispiele, welche die Erfindung nicht einschränken, in der nachfolgenden Figurenbeschreibung näher erläutert. Dabei werden weitere Merkmale und weitere Vorteile angegeben. Es zeigen:

FIG 1 einen Längsteilschnitt durch eine Gasturbine,

FIG 2 die Draufsicht auf einen Ausschnitt einer Schaufelanordnung gemäß einer ersten Ausgestaltung,

FIG 3 einen Querschnitt durch die Schaufelanordnung gemäß FIG 2 gemäß Schnittlinie III-III,

FIG 4 den Längsschnitt durch den Ausschnitt der Schaufelanordnung ge-

- mäß FIG 2 gemäß Schnittlinie IV-IV,
- FIG 5, FIG 6 die Querschnitte durch eine Schaufelanordnung analog zur Schnittlinie IV-IV für eine zweite und dritte Ausgestaltung,
- FIG 7 eine Draufsicht auf einen Abschnitt einer Schaufelanordnung gemäß einer vierten Ausgestaltung (ohne Zwischenstücke),
- FIG 8, FIG 9 zwei Varianten der vierten Ausgestaltung gemäß FIG 7 im Querschnitt gemäß Schnittlinie III-III,
- FIG 10 eine Draufsicht auf einen Abschnitt einer Schaufelanordnung gemäß einer fünften Ausgestaltung (ohne Zwischenstücke),
- FIG 11, FIG 12 zwei Varianten der fünften Ausgestaltung gemäß FIG 7 im Querschnitt gemäß Schnittlinie III-III,
- FIG 13 ein Kraft-Elastizitäts-Diagramm,
- FIG 14, FIG 15 den Querschnitt durch ein Element mit unterschiedlichen Geometrien von Sicken und
- FIG 16 den Querschnitt durch eine Sickengeometrie in Form einer Doppelsicke.

[0021] In den Figuren sind identische Merkmale mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0022] Figur 1 zeigt eine stationäre Gasturbine 10 in einem Längsteilschnitt. Die Gasturbine 10 weist im Innern einen um eine Rotationsachse 12 drehgelagerten Rotor 14 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird. Entlang des Rotors 14 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 16, ein Axialturboverdichter 18, eine torusartige Ringbrennkammer 20 mit mehreren rotationssymmetrisch zueinander angeordneten Brennern 22, eine Turbineneinheit 24 und ein Abgasgehäuse 26.

[0023] Der Axialturboverdichter 18 umfasst einen ringförmig ausgebildeten Verdichterkanal mit darin kaskadisch aufeinanderfolgenden Verdichterstufen aus Laufschaufel- und Leitschaufelkränzen. Die am Rotor 14 angeordneten Laufschaufeln 27 liegen mit ihren frei endenden Schaufelblattspitzen 29 einer äußeren Kanalwand 42 des Verdichterkanals gegenüber. Darein ragen ebenso Leitschaufeln 25, die an der äußeren Kanalwand 42 oder an einem Verdichterleitschaufelträger gefestigt sind. Der Verdichterkanal mündet über einen Verdichterausgangsdiffusor 36 in einem Plenum 38. Darin ist die Ringbrennkammer 20 mit ihrem Verbrennungsraum 28 vorgesehen, der mit einem ringförmigen Heißgaskanal

30 der Turbineneinheit 24 kommuniziert. In der Turbineneinheit 24 sind vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 32 angeordnet. Am Rotor 14 ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (jeweils nicht dargestellt) angekoppelt.

[0024] Im Betrieb der Gasturbine 10 saugt der Axialturboverdichter 18 durch das Ansauggehäuse 16 als zu verdichtendes Medium Umgebungsluft 34 an und verdichtet diese. Die verdichtete Luft wird durch den Verdichterausgangsdiffusor 36 in das Plenum 38 geführt, von wo aus es in die Brenner 22 einströmt. Über die Brenner 22 gelangt auch Brennstoff in den Verbrennungsraum 28. Dort wird der Brennstoff unter Zugabe der verdichteten Luft zu einem Heißgas M verbrannt. Das Heißgas M strömt anschließend in den Heißgaskanal 30, wo es sich arbeitsleistend an den Turbinenschaufeln der Turbineneinheit 24 entspannt. Die währenddessen freigesetzte Energie wird vom Rotor 14 aufgenommen und einerseits zum Antrieb des Axialturboverdichters 18 und andererseits zum Antrieb einer Arbeitsmaschine oder elektrischen Generators genutzt.

[0025] Die FIG 2 zeigt eine Draufsicht auf einen Ausschnitt einer Schaufelanordnung 40, bei der lediglich zwei Schaufeln 25, 27 mit einem dazwischen angesiedelten Zwischenstück 44 und zwei darunter angeordneten Elementen 46 schematisch dargestellt sind. Die Schaufeln 25, 27 umfassen ein schematisch angedeutetes Schaufelblatt 48 sowie einen Schaufelfuß 50. Die Draufsicht erfolgt in Richtung der Radialrichtung der Gasturbine 10, d. h. vom Schaufelblatt in Richtung Schaufelfuß 50. In FIG 2 nicht dargestellt ist der Schaufelträger sowie eine im Träger angeordnete Haltenut. Die Elemente 46 weisen eine rechteckige äußere Kontur auf und sind plattenförmig ausgebildet. Umgangssprachlich werden sie auch als blechförmig bezeichnet. Im ersten Ausführungsbeispiel (FIG 2) sind die Schaufelfüße 50 und die Schaufeln 25, 27 der Schaufelanordnung gegenüber einer Längserstreckung der Haltenut bzw. einer Umfangsrichtung U schräg angeordnet. Diese Anstellung ist für Laufschaufeln typisch.

[0026] Jedes Element 46 weist zwei Sicken 52 und jeweils zwei Öffnungen 54 auf. Die Elemente 46 sind in Umfangsrichtung U ebenso lang wie Schaufelfuß 50 und Zwischenstück 44 zusammen. Jedoch sind die Elemente 46 mittig unterhalb der betreffenden Schaufel 25, 27 angeordnet, so dass zwei benachbarte Elemente 46 jeweils mit ihren gegenüberliegenden Enden unterhalb der Zwischenstücke 44 mittig enden.

[0027] FIG 3 zeigt den Querschnitt gemäß Schnittlinie III-III durch den Schaufelfuß 50 der Schaufel 25, 27 und einem Schaufelträger 56. Das Schaufelblatt ist in FIG 3 (und auch in den Figuren 5, 6, 8, 9, 11 und 12) nicht dargestellt. Im Schaufelträger 56 erstreckt sich eine Haltenut 58, in denen die Schaufeln 25, 27, im Detail die Schaufelfüße 50 der Schaufeln 25, 27, formschlüssig eingesetzt sind. Zur Bildung der Formschlüsse weisen die Seitenwände 60 der Haltenuten 58 sich längs erstreckende Vorsprünge 62 zur Bildung von Hinterschneidun-

gen 64 auf. In die Hinterschneidung 64 greifen korrespondierend ausgeführte, hammerförmige Fußbereiche 66 ein. Zwischen einer Schaufelfußunterseite 68 und einem Nutgrund 70 der Haltenut 58 ist das Element 46 verspannt. Zudem ist im Nutgrund 70 eine weitere, sich längs der Haltenut 58 erstreckende Demontagenut 72 vorgesehen. Die weitere Nut 72 dient für den Zugang eines Demontagewerkzeugs, beispielsweise eines Gleithammers.

[0028] Die Wandstärke S des Elements 46 (FIG 14) ist geringer als das Spaltmaß zwischen Schaufelfußunterseite 68 und Nutgrund 70. Die im Element 46 durch Tiefziehen oder durch Einpressen hergestellten Sicken 52 vergrößern die Höhe H des Elements 46 über das Spaltmaß hinaus, so dass der Schaufelfuß 50 an die Vorsprünge 62 angepresst wird. Dies führt zu einer eindeutigen definierten Lage der Schaufeln 25, 27 in der Haltenut 58.

[0029] FIG 4 zeigt den Längsschnitt durch die Ausgestaltung gemäß FIG 2 entlang der Schnittlinie IV-IV. Bei der in den Figuren 2, 3 und 4 dargestellten Ausführungsform der Schaufelanordnung 40 handelt es sich um einen Ausschnitt eines Laufschaufelkranzes eines Verdichters 12 der Gasturbine 10. Demnach ist der Schaufelträger 56 von einer Rotorscheibe gebildet und die Schaufeln 25, 27 als Laufschaufeln ausgebildet.

[0030] Die Elemente 46 sind im Wesentlichen eben und folgen somit nicht der Krümmung der Haltenut 58. Dadurch ergibt sich, dass die Elemente 46 mit ihren mittleren Bereich, in dem die Sicken 52 angeordnet sind, mit größerer Kraft Schaufelfußunterseite 68 und Nutgrund 70 auseinander pressen. Die an die Querkanten 82 angrenzenden Abschnitte des Elements 46 liegen aufgrund der ebenen Ausgestaltung der Elemente 46 und der gekrümmten Haltenut 58 dann mit geringerer Kraft federnd an den Unterseiten der Zwischenstücke 44 an. Folglich presst das Element 46 die Zwischenstücke 44 und die Schaufeln 25, 27 aufgrund lokal unterschiedlicher Steifigkeiten mit unterschiedlich großen Kräften an die Vorsprünge 62 der Haltenut 58 an.

[0031] Eine zweite Ausgestaltung einer Schaufelanordnung 40 ist in FIG 5 dargestellt. FIG 5 zeigt im Wesentlichen den Querschnitt gemäß FIG 3. Dabei sind in FIG 5 zu FIG 3 identische Merkmale mit den identischen Bezugszeichen versehen. Zur Beschreibung der FIG 5 wird weitestgehend auf die Beschreibung der FIG 3 verwiesen. Gemäß der zweiten Ausgestaltung sind jedoch die Längskanten 74 des Elements 46 zur Nutöffnung der Haltenut 58 hin umgebogen. Die umgebogenen Längskanten 74 (vgl. FIG 2) liegen an schaufelfußunterseitig angeordneten Fasen 76 vorgespannt an. Da die Zwischenstücke 44 in analoger Weise zu den Schaufelfüßen 50 der Schaufeln 25, 27 ausgebildet sind, liegen auch die unterhalb des Zwischenstücks 44 angesiedelte Bereiche der Längskanten 74 des Elements 46 vorgespannt an korrespondierenden Fasen an. Durch die umgebogenen Längskanten 74 des Elements 46 sowie der vorgespannten Anlage der Elemente 46 an den Schaufelfüßen 50 bzw. Zwischenstücken 44 wird eine kraftschlüssige

Kopplung der benachbarten Bauteile - Schaufelfuß 50 und Zwischenstück 44 - hervorgerufen, die deren Ausrichtung verbessert und Kontaktverschleiß zwischen den Bauteilen verringert.

[0032] Eine dritte Ausgestaltung einer Schaufelanordnung 40 ist in FIG 6 schematisch dargestellt. Auch FIG 6 zeigt weitestgehend den gleichen Querschnitt wie FIG 3, so dass in FIG 6 zu FIG 3 identische Merkmale mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Im Unterschied zu der Ausgestaltung gemäß FIG 3 weist die dritte Ausgestaltung gemäß FIG 6 an der Schaufelfußunterseite 68 eine vergleichsweise breite, jedoch nur mit einer geringen Tiefe versehene, sich in Längsrichtung der Haltenut 58 erstreckende Nut 78 auf. Die Nut 78 dient zur Aufnahme des Elements 46, so dass die Nuttiefe der Nut 78 im Wesentlichen der Wandstärke S des Elements 46 entspricht. Die Längskanten 74 des Elements 46 (vgl. FIG 2) liegen an den geneigten Seitenwänden der Nut 78 an. Im gleichen Maße wie beim Schaufelfuß 50 ist auch bei den Zwischenstücken 44 gemäß der dritten Ausgestaltung eine an deren Unterseite angeordnete Nut 78 vorgesehen, so dass die Längskanten 74 des Elements 46 auch an den Seitenwänden der am Zwischenstück 44 angeordneten Nut 78 anliegen. Durch die gleichzeitige Anlage der Elemente 46 an Schaufel 25, 27 und Zwischenstück 44 wird eine Kopplung der benachbarten Schaufelkranzbauteile herbeigeführt, was Verschleiß, insbesondere Kontaktverschleiß, reduziert. Sowohl bei der zweiten Ausgestaltung gemäß FIG 5 und der dritten Ausgestaltung gemäß FIG 6 der erfindungsgemäßen Schaufelanordnung 40 sind die Schaufeln als Laufschaufeln 27 ausgebildet.

[0033] Die Figuren 8 und 9 zeigen in analoger Weise zum Querschnitt gemäß FIG 3 einen Querschnitt durch eine Schaufelanordnung 40 gemäß einer vierten Ausgestaltung. Im Gegensatz zu den vorgenannten Ausgestaltungen sind die in FIG 7, 8 und FIG 9 gezeigten Anordnungen als Leitschaufelkränze ausgestaltet und nicht als Laufschaufelkränze. Dadurch unterscheiden sich die Querschnittskonturen der Haltenut 58 sowie des Schaufelfußes 50 lediglich geringfügig. Ein weiterer Unterschied zu den bisher beschriebenen Ausgestaltungen liegt darin, dass zwischen benachbarten Leitschaufeln 25 keine Zwischenstücke 44 vorgesehen sind. Demnach liegen die Schaufeln 25, wie in der Darstellung nach FIG 7 gezeigt, flächig und ohne Anstellung der Schaufelfüße 50 aneinander. In diesem Fall sind die Elemente 46 jeweils hälftig unter einem Paar benachbarter Schaufeln 25 angeordnet. Daraus ergibt sich, dass die versteifenden Sicken 52 auch nicht in Innenbereich im Element 46 angesiedelt sind, sondern an zwei gegenüberliegenden Querkanten 82 der Elemente 46. Ansonsten ist die erste Variante der vierten Ausgestaltung gemäß FIG 8 in analoger Weise konstruiert wie die zweite Ausgestaltung gemäß FIG 5 mit den abgewinkelten Längskanten 74 des Elements 46. Eine zweite Variante der vierten Ausgestaltung, gezeigt in FIG 9, entspricht strukturell im Wesentlichen der dritten Ausgestaltung nach FIG 6, bei der

das Element 46 in eine an der Schaufelfußunterseite 68 angeordnete Nut 78 größtenteils versenkt ist.

[0034] Eine fünfte Ausgestaltung der Schaufelanordnung 40 ist in einer Draufsicht gemäß FIG 10 dargestellt, zu der zwei Varianten, eine erste im Querschnitt in FIG 11 und eine zweite im Querschnitt in FIG 12, gezeigt sind. Die in FIG 5 dargestellte fünfte Ausgestaltung basiert im Wesentlichen auf der in FIG 2 dargestellten ersten Ausgestaltung. Jedoch sind zusätzlich zu den im Innenbereich des Elements 46 angeordneten Sicken 52 an den Querkanten 82 weitere Sicken 86 - in analoger Weise zu der in FIG 7 gezeigten vierten Ausgestaltung - vorgesehen. Durch die Verwendung der weiteren Sicken 86 am Rand lässt sich beim Eintreiben des Elements 46 zwischen Schaufelfußunterseite 68 und Nutgrund 70 ein Verbiegen oder Ausknicken des Elements 46 sicher vermeiden. Zugleich greifen die weiteren Sicken 86 entweder in die Demontagenut 72 (FIG 11) oder in eine schaufelfußunterseitig angeordnete Nut 78 (FIG 12) zum Ausrichten oder Führen der Elemente 46 ein.

[0035] Die Figuren 14 und 15 zeigen jeweils eine Ausgestaltung des Elements 46 im Querschnitt gemäß der Schnittlinie III-III aus

[0036] FIG 2. Im Gegensatz zu dem in FIG 2 dargestellten Element 46 sind in den Figuren 14, 15 lediglich eine Sicke 52 und nicht zwei Sicken 52 dargestellt. Jede Sicke 52 umfasst zwei konvex gebogene Abschnitte X und einen dazwischen angeordneten konkaven Abschnitt V. Die konvexen Abschnitte X weisen jeweils einen Radius R2 und die konkaven Abschnitte V einen Radius R1 auf. Der konkave Abschnitt V weist zudem eine Sehnenlänge a auf, wobei die Sicke 52 eine Sickenbreite b umfasst. Um die Sicke 52 selber mit einem Bereich einer plastischen Deformation für höhere Belastungskraft und höhere Federrate sowie für einen Bereich mit elastischer Deformation mit niedriger Federrate zu erhalten, werden zwei Ausführungsformen des Elements vorgeschlagen. Die erste Ausführungsform wird erreicht, wenn $R1 > 1, 5 \cdot S, 3 \cdot R2 > R1 > 0,7 \cdot R2$ und $10 \cdot b$ bis $1, 7 \cdot b > a$ ist. Beispielfhaft können die Parameter folgende Maße aufweisen:

$R1 = 2 \text{ mm}; R2 = 2 \text{ mm}; S = 1 \text{ mm}; a = 3,5 \text{ mm}$ und $b = 10 \text{ mm}$.

[0037] Die zweite Ausgestaltung eines Elements 46 sieht vor, dass

$R1 > 5 \cdot S,$
 $3 \cdot R2 < R1$ und
 $a < 0, 9 \cdot b$ ist.

[0038] Beispielfhaft können die Parameter folgende Maße aufweisen:

$R1 = 20 \text{ mm}; R2 = 2 \text{ mm}; S = 1 \text{ mm}; a = 6 \text{ mm}$ und $b = 10 \text{ mm}$.

[0039] Mit Hilfe der gezeigten Ausgestaltung ist es

möglich, dass der Abschnitt V der Bereich der plastischen Deformation mit der höheren Belastungskraft und höheren Federrate darstellt und die Abschnitte X die Bereiche für die elastische Deformation mit niedriger Federrate, was auch FIG 13 darstellt.

[0040] FIG 16 zeigt den Querschnitt durch eine Sickengeometrie in Form einer Doppelsicke. Doppelsicke bedeutet dabei, dass in einem prinzipiell konkaven Abschnitt Va der (dann äußeren) Sicke 52a eine weitere (dann innere) Sicke 52i angesiedelt ist. Diese Sickenkombination weist gegenüber den vorgenannten Geometrien eine weiter gesteigerte Elastizität auf, wodurch größere Fertigungstoleranzen für die Schaufelfüße 50, ggf. Zwischenstücke 44 und Haltenut 58 zugelassen werden können. Maße für die Sickengeometrie nach FIG 16 sind dann beispielsweise:

$R20 = 20 \text{ mm}; R1.2 = 2 \text{ mm}; R2 = 2 \text{ mm}; ba = 11 \text{ mm},$
 $aa = bi = 7,4 \text{ mm}, R3 = 2 \text{ mm}$ und $ai = 3,2 \text{ mm}$.

[0041] Insgesamt betrifft die Erfindung eine Schaufelanordnung 40 mit einem Schaufelträger 56 und einer darin angeordneten Haltenut 58, welche an ihren Seitenwänden 60 sich längs erstreckende Vorsprünge 62 zur Bildung von Hinterschneidungen 64 aufweist, und in der eine Anzahl von Schaufeln 25, 27 zur Bildung eines Schaufelkranzes einer Turbomaschine eingesetzt ist, wobei jede Schaufel 25, 27 neben einem Schaufelblatt 48 zur Befestigung einen hammerförmigen, in die Hinterschneidungen 64 eingreifenden Schaufelfuß 50 aufweist und durch zwischen einer Schaufelfußunterseite 68 und einem Nutgrund 70 der Haltenut 58 angeordnetes Element 46 an die Vorsprünge 62 gepresst ist. Um eine besonders sichere, zuverlässige, langlebige und verschleißarme Befestigung anzugeben, die eine besonders einfache Montage und Demontage ermöglicht ist vorgesehen, dass jedes Element 46 plattenförmig ausgebildet ist, in der Projektion von Schaufelblatt 48 in Richtung Nutgrund 70 zumindest eine unterhalb des Schaufelblatts 48 angeordnete Sicke 52 zum Anpressen aufweist und in Längsrichtung der Haltenut 58 lediglich teilweise des von ihm angepressten Schaufelfußes 50 überdeckt ist.

Patentansprüche

1. Schaufelanordnung (40), mit einem Schaufelträger (56) und einer darin angeordneten Haltenut (58), welche an ihren Seitenwänden (60) sich längs erstreckende Vorsprünge (62) zur Bildung von Hinterschneidungen (64) aufweist und in der eine Anzahl von Schaufeln (25, 27) zur Bildung eines Schaufelkranzes einer Turbomaschine eingesetzt ist, wobei jede Schaufel (25, 27) neben einem Schaufelblatt (48) zur Befestigung einen in die Hinterschneidungen (64) eingreifenden Schaufelfuß (50)

- aufweist und durch ein zwischen einer Schaufelfußunterseite (68) und einem Nutgrund (70) der Haltenut (58) angeordnetes Element (46) an die Vorsprünge (62) angepresst ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
jedes Element (46)
- plattenförmig ausgebildet ist,
 - zumindest eine Sicke (52) zum Anpressen aufweist und
 - in Längsrichtung der Haltenut (58) lediglich teilweise des vom ihm angepressten Schaufelfußes (50) überdeckt ist.
2. Schaufelanordnung (40) nach Anspruch 1, bei der in der Haltenut (58) zwischen zwei Schaufeln (25, 27) ein Zwischenstück (44) eingesetzt ist, das von dem durch den Schaufelfuß (50) nicht überdeckten Teil des Elements (46) an die Vorsprünge (62) angepresst ist.
3. Schaufelanordnung (40) nach Anspruch 2, bei der das Element (46) das betreffende Zwischenstück (44) mit geringerer Kraft an die Vorsprünge (62) presst als den betreffenden Schaufelfuß (50).
4. Schaufelanordnung (40) nach Anspruch 3, bei der der vom Schaufelfuß (50) überdeckte Bereich des Elements (46) teilweise steifer ausgebildet ist als der restliche Teil des betreffenden Elements (46)
5. Schaufelanordnung (40) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der das Element (46) in seinem nicht vom betreffenden Schaufelfuß (50) überdeckten Bereich zumindest eine Öffnung zur Demontage aufweist.
6. Schaufelanordnung (40) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der im Nutgrund (70) der Haltenut (58) oder in der Schaufelfußunterseite (68) eine sich längs erstreckende Nut (72, 78) angeordnet ist.
7. Schaufelanordnung (40) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der das Element (46) in einer Projektion eine äußere Kontur aufweist, die im Wesentlichen rechteckig ist.
8. Schaufelanordnung (40) nach Anspruch 7, bei der zumindest eine Längskante (74) des Elements (46) abgewinkelt ist, die an den dazu korrespondierend ausgeformten Schaufelfüßen (50) vorgespannt anliegt.
9. Schaufelanordnung (40) nach Anspruch 2 und 7, bei der zumindest eine Längskante (74) des Elements (46) abgewinkelt ist, die an dem dazu korrespondierend ausgeformten Schaufelfuß (50) und an dem dazu korrespondierend ausgeformten Zwischenstück (44) vorgespannt anliegt.
- 5 10. Schaufelanordnung (40) nach Anspruch 7 oder 8, bei der an mindestens einem Rand des Elements (46) zumindest eine weitere Sicke (86) vorgesehen ist.
- 10 11. Schaufelanordnung (40) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der das Element (46) eine Wandstärke (s) und die Sicke (52, 86) im Querschnitt eine Sickenbreite (b) sowie zwei konvexe Abschnitte (X) mit einem Radius (R2) und einen dazwischen angeordneten konkaven Abschnitt (V) mit einem Radius (R1) mit einer Sehnenlänge (a) aufweist, für die gilt:
- 15
- 20 $R1 > 1,5*s,$
 $3*R2 > R1 < 0,7*R2$ und
 $10*b$ bis $1,7*b > a$
oder
 $R1 > 5*s,$
 $3*R2 < R1$ und
 $a < 0,9*b.$
- 25
12. Schaufelanordnung (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Sicke (52) als innere Sicke (52i) ausgestaltet ist, die in einer diese zumindest teilweise umgebenden, äußeren Sicke (52a) angesiedelt ist.
- 30
13. Axialer Verdichter für eine Gasturbine (10) mit einem Laufschaufelkranz und/oder einem Leitschaufelkranz ausgebildet als eine Schaufelanordnung (40) nach einem der vorangehenden Ansprüche.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

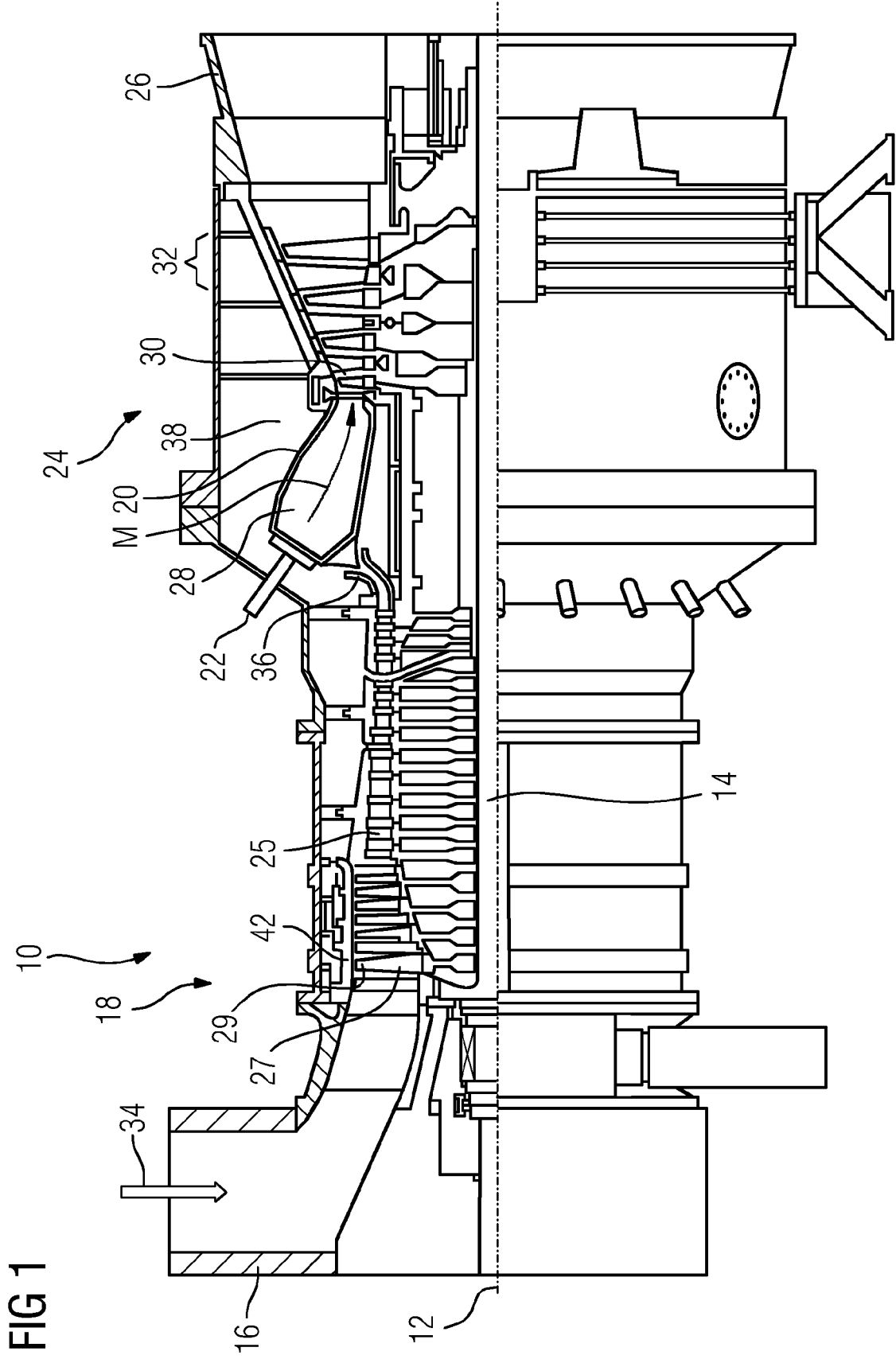


FIG 2

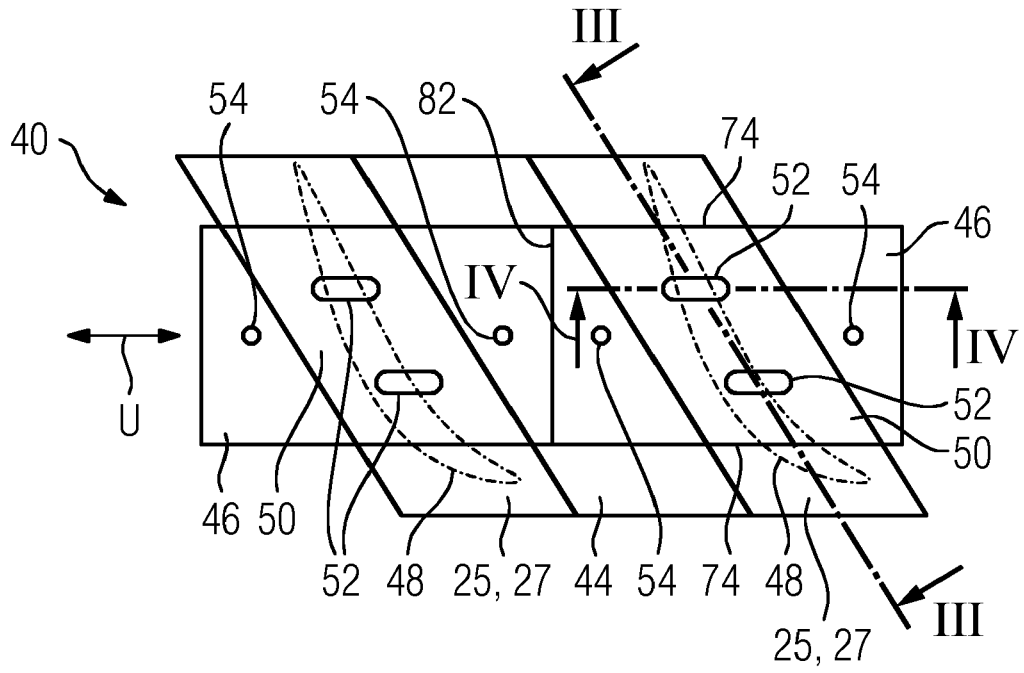


FIG 3

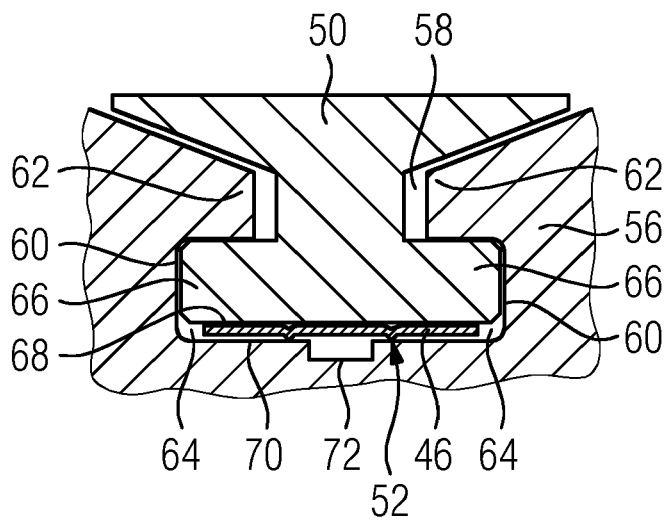


FIG 4

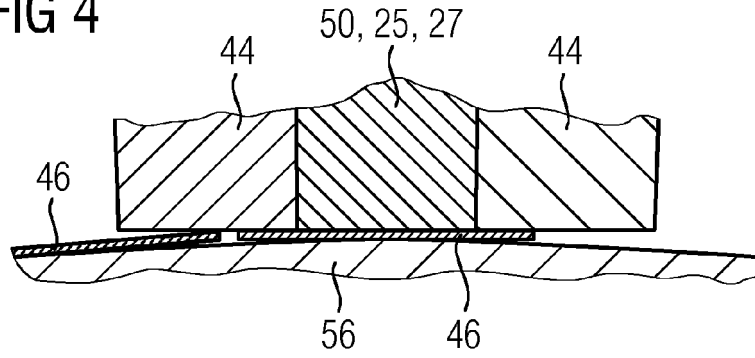


FIG 5

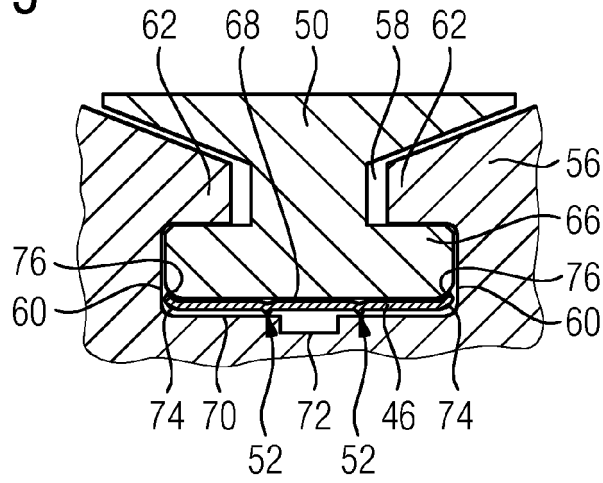


FIG 6

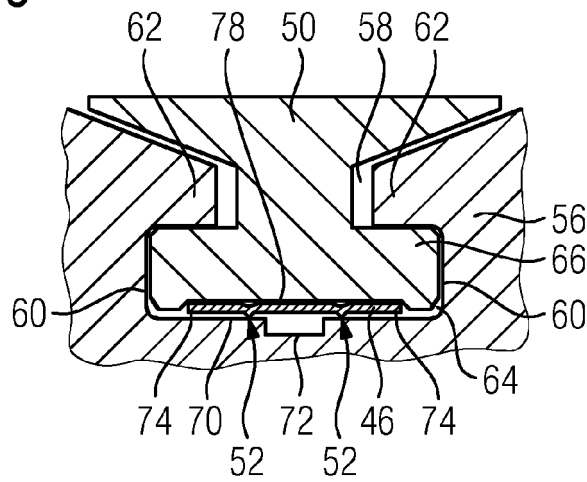


FIG 7

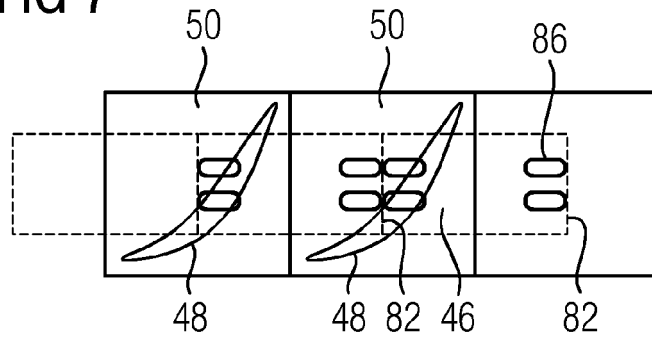


FIG 8

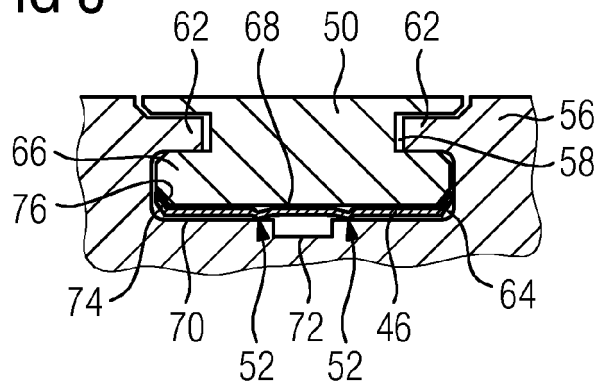


FIG 9

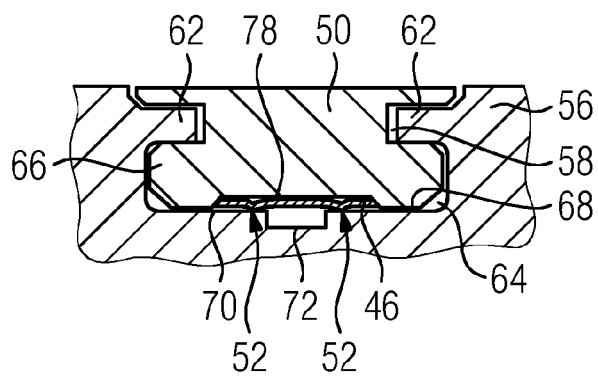


FIG 13

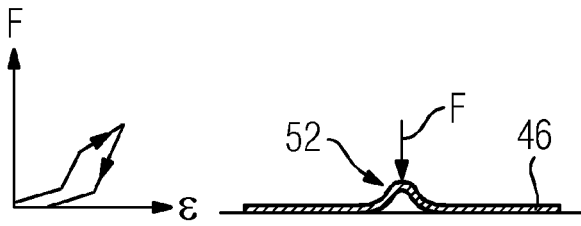


FIG 14

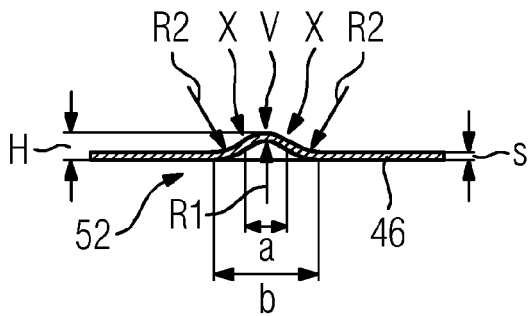


FIG 15

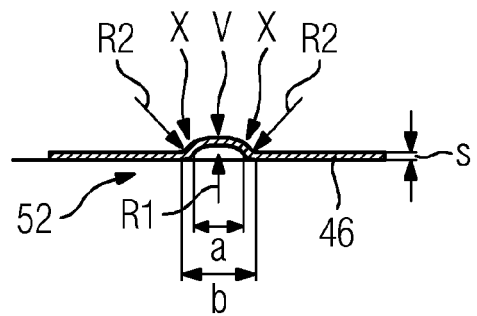
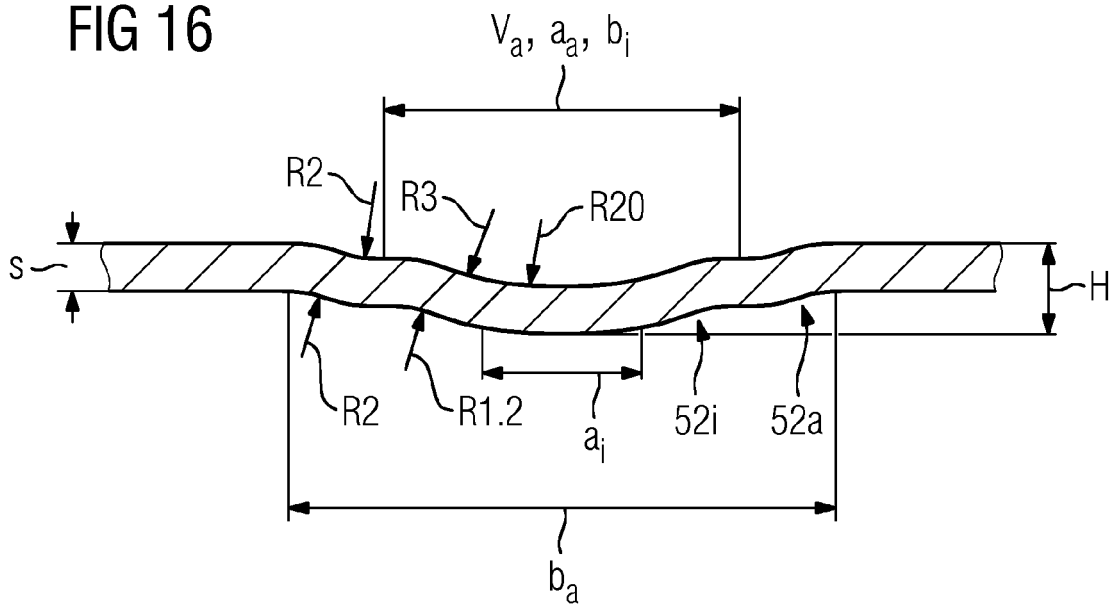


FIG 16





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 11 17 8635

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 652 188 C (WILHELM WENZEL DIPL ING) 27. Oktober 1937 (1937-10-27) * Seite 1, Zeilen 68-73 *	1-13	INV. F01D5/30 F04D29/32
A	WO 2005/010323 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]; BACHOFNER RENE [CH]; KAPPIS WOLFGANG [CH]) 3. Februar 2005 (2005-02-03) * Seite 6, Zeilen 4-10 * * Abbildungen 1-5 *	1-13	
A	EP 1 130 217 A1 (ABB ALSTOM POWER NV [NL] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 5. September 2001 (2001-09-05) * Absatz [0014] * * Abbildungen 1-4 *	1-13	
A	EP 0 378 474 A1 (SNECMA [FR]) 18. Juli 1990 (1990-07-18) * Spalte 3, Zeilen 35,36 * * Abbildung 1 *	1-13	
A	EP 2 009 245 A1 (SNECMA [FR]) 31. Dezember 2008 (2008-12-31) * Absatz [0006] *	1-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 21. Dezember 2011	Prüfer Gebker, Ulrich
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 : nichtschriftliche 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 03.82 (F04C03)

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

EP 11 17 8635

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.

21-12-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 652188	C	27-10-1937	KEINE	

WO 2005010323	A1	03-02-2005	KEINE	

EP 1130217	A1	05-09-2001	DE 50010348 D1	23-06-2005
			EP 1130217 A1	05-09-2001
			US 2001019697 A1	06-09-2001

EP 0378474	A1	18-07-1990	DE 69000031 D1	23-04-1992
			EP 0378474 A1	18-07-1990
			FR 2641573 A1	13-07-1990
			US 5018941 A	28-05-1991

EP 2009245	A1	31-12-2008	CA 2634942 A1	26-12-2008
			EP 2009245 A1	31-12-2008
			FR 2918129 A1	02-01-2009
			JP 2009008079 A	15-01-2009
			US 2009004017 A1	01-01-2009

EPO FORM P0461

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