



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 653 049 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**03.05.2006 Patentblatt 2006/18**

(51) Int Cl.:  
**F01D 9/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **05109944.8**

(22) Anmeldetag: **25.10.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

(30) Priorität: **26.10.2004 CH 17692004**

(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd  
5400 Baden (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Benedetti, Bruno  
5722 Graenichen (CH)**  
• **Boegli, Andreas  
5300, Vogelsang (CH)**  
• **Hulme, Christopher  
5303, Wuerenlingen (CH)**  
• **Ritchie, James  
5408, Ennetbaden (CH)**  
• **Schnedler, Patrick Wolfgang  
5415, Nussbaumen (CH)**

### (54) **Leitschaukelring einer Strömungsmaschine und zugehöriges Modifikationsverfahren**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft einen Leitschaukelring einer Strömungsmaschine, insbesondere einer axial durchströmten Turbine, umfassend eine Schaukelgruppe (6) aus mehreren Schaukeln (2). Die Schaukelgruppe (6) hat einen Schaukelfuß (11), der zwei Flansche (12, 13) aufweist. Mit den Flanschen (12, 13) ist die Schaukelgruppe (6) an einem Schaukelträger befestigt ist.

Um Spannungen in den Schaukeln (2), die bei Verformungen des Schaukelträgers auftreten, zu reduzieren, weist der eine Flansch (13) an einem vorderen Endabschnitt (14) und an einem hinteren Endabschnitt (15) radial innen und radial außen jeweils eine Kontaktzone (18) auf, die am Schaukelträger anliegt. Der andere Flansch (12) weist an dem einen Endabschnitt (15) radial innen eine Kontaktzone (18) auf, die am Schaukelträger anliegt, und ist radial außen vom Schaukelträger beabstandet. Außerdem weist dieser Flansch (12) am anderen Endabschnitt (14) radial außen eine Kontaktzone (18) auf, die am Schaukelträger anliegt, und ist radial innen vom Schaukelträger beabstandet. Des weiteren sind die Flansche (12, 13) zwischen ihren Endabschnitten (14, 15) radial innen und radial außen vom Schaukelträger beabstandet.

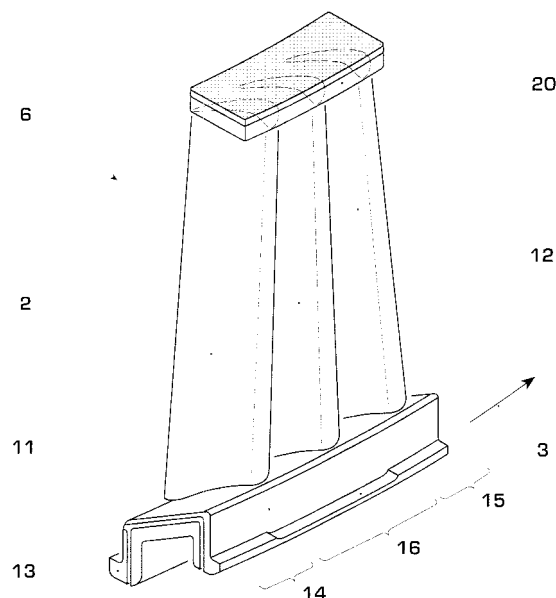


Fig. 2

EP 1 653 049 A1

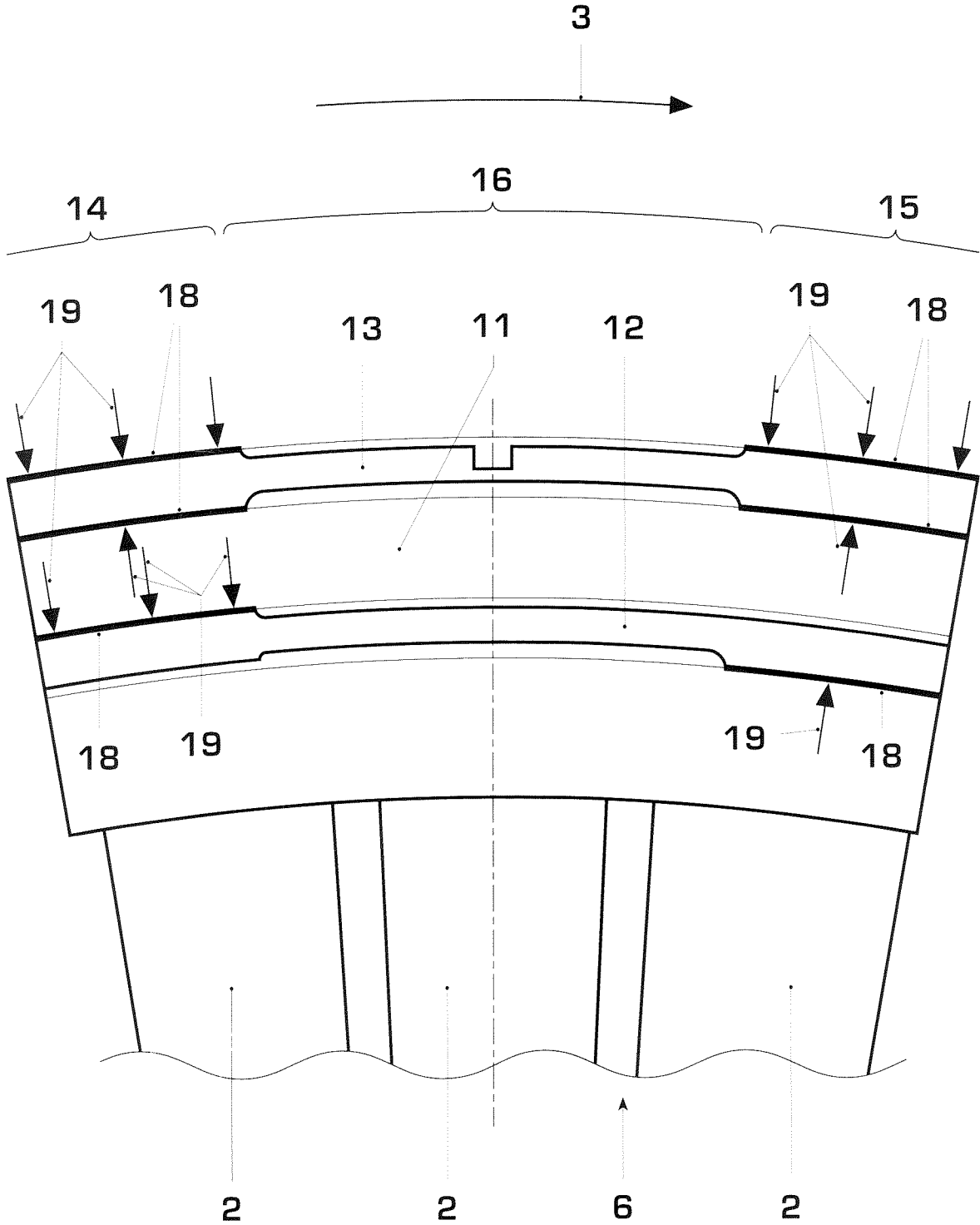


Fig. 7

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Leitschaufelring einer Strömungsmaschine, insbesondere einer axial durchströmten Turbine oder eines Verdichters, insbesondere einer Gasturbine. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Modifizieren eines derartigen Leitschaufelrings.

### Stand der Technik

**[0002]** Ein Leitschaufelring besteht üblicherweise aus mehreren Schaufeln, die in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet sind und dabei einzeln oder in Gruppen aus mehreren Schaufeln an einem ringförmigen Schaufelträger befestigt sind. Dieser Schaufelträger, der üblicherweise aus zwei halbringförmigen oder halbkreisförmigen Teilen besteht, ist seinerseits an einem Gehäuse der Strömungsmaschine befestigt. Üblicherweise besitzt der Schaufelträger für den Leitschaufelring eine anströmseitige Einlassnut sowie eine abströmseitige Auslassnut. Diese Nuten erstrecken sich dabei in Umfangsrichtung. Die Schaufeln bzw. die Schaufelgruppen weisen jeweils einen Schaufelfuß auf, der einen anströmseitigen Einlassflansch sowie einen abströmseitigen Auslassflansch aufweist. Auch die Flansche erstrecken sich in Umfangsrichtung und stehen dabei axial vom jeweiligen Schaufelfuß ab. Im montierten Zustand greifen die Einlassflansche in die Einlassnut und die Auslassflansche in die Auslassnut ein. Die Begriffe "anströmseitig" und "abströmseitig" beziehen sich auf die im Betrieb der Strömungsmaschine herrschende Strömungsrichtung im Bereich des Leitschaufelrings.

**[0003]** Bei großen Schaufeln und insbesondere bei großen Schaufelgruppen ist es üblich, dass sich die Flansche sowohl radial innen als auch radial außen im Bereich der jeweiligen Nut am Schaufelträger abstützen. Hierdurch kann eine besonders intensive Befestigung der Schaufeln am Schaufelträger erzielt werden, was auch zur Abstützung der großen Strömungskräfte bzw. Druckdifferenzen, die im Betrieb der Strömungsmaschine auftreten können, erforderlich ist. Gerade bei großen Schaufeln sind auch die Schaufelträger sehr große Bauteile, die im Betrieb der Strömungsmaschine unterschiedlichen thermischen Belastungen ausgesetzt sind. Zum einen bestehen im Betrieb der Strömungsmaschine, insbesondere bei einer Turbine, große Temperaturunterschiede zwischen einem Kühlgas und einem Heißgas. Zum anderen kommt es auch im Heißgas zu großen Temperaturunterschieden, wenn dieses sich beim Durchgang durch die jeweilige Turbinenstufe entspannt. Die thermischen Belastungen variieren während transients Betriebszustände, also beispielsweise beim Hochfahren und beim Abschalten der Strömungsmaschine. Variierende thermische Belastungen des Schaufelträgers können diesen verformen. Dabei ist regelmäßig

eine Art Ovalisierung zu beobachten, bei der die beiden Schaufelträgerhälften, die an ihren Umfangsenden in einer Trennebene aneinanderstoßen, sich entlang der Trennebene aufweiten, so dass sich die Radien der Schaufelträger Teile bei aneinander anliegenden Umfangsenden vergrößern oder im Bereich der Trennebene zusammenziehen, wodurch sich die Radien der Schaufelträger Teile bei aneinander anliegenden Umfangsenden verkleinern. Gleichzeitig kann es dadurch zu einer Verwindung innerhalb des Schaufelträgers kommen.

**[0004]** Außerdem kommt es beim unteren Schaufelträger Teil regelmäßig zu größeren Deformationen als beim oberen Schaufelträger Teil, das üblicherweise erheblich besser in das Gehäuse der Strömungsmaschine eingebunden ist. Die genannten Verformungen des Schaufelträgers werden über die Nuten auf die Flansche und somit über die Schaufelfüße in die Schaufeln bzw. in die Schaufelgruppen übertragen, wodurch auch diese hohen Spannungen ausgesetzt sind. Darüber hinaus können die Schaufeln radial innen über Deckbänder in Umfangsrichtung aneinander abgestützt sein, was in diesen zusätzliche Spannungen erzeugt, wenn die Schaufeln durch Deformation des Schaufelträgers ihre Position verändern.

**[0005]** Die genannten Verspannungen können Risse verursachen und die Lebenszeit der Schaufeln reduzieren. Im schlimmsten Fall kann es zu einem Ausfall der Strömungsmaschine kommen.

### Darstellung der Erfindung

**[0006]** Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, beschäftigt sich mit Problem, für einen Leitschaufelring der eingangs genannten Art eine Möglichkeit aufzuzeigen, welche die Gefahr einer Rissbildung an den Schaufeln reduziert.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0008]** Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die Befestigung der Schaufeln bzw. der Schaufelgruppen am Schaufelträger so auszugestalten, dass diese eine Formänderung des Schaufelträgers aufnehmen können, ohne dass es dabei zu besonders großen Spannungen in der Schaufel kommt. Erreicht wird dies dadurch, dass innerhalb der Anbindung zwischen Schaufelfuß und Schaufelträger gezielt Freiheitsgrade vorgesehen werden, welche Verformungen des Schaufelträgers, die typischerweise bei thermischen Belastungen des Schaufelträgers auftreten, zulassen, so dass eine solche Verformung des Schaufelträgers zu keiner oder nur zu einer reduzierten Verspannung im Schaufelfuß und somit in der jeweiligen Schaufel bzw. Schaufelgruppe führt.

**[0009]** Die Erfindung schlägt hierzu vor, bei dem einen Flansch, z.B. beim Einlassflansch, sowohl an einem in

Umfangsrichtung vorderen Endabschnitt als auch an einem in Umfangsrichtung hinteren Endabschnitt sowohl radial innen als auch radial außen jeweils eine Kontaktzone vorzusehen, die am Schaufelträger anliegt. Im Unterschied dazu wird am anderen Flansch, also beispielsweise am Auslassflansch, an dem einen Endabschnitt, z.B. am vorderen Endabschnitt, radial innen eine Kontaktzone vorgesehen, die am Schaufelträger anliegt, während dieser Endabschnitt radial außen vom Schaufelträger beabstandet ist. Am jeweils anderen Endabschnitt, also beispielsweise am hinteren Endabschnitt, ist dann radial außen wieder eine Kontaktzone vorgesehen, die am Schaufelträger anliegt, während dieser Endabschnitt dann radial innen vom Schaufelträger beabstandet ist. Auf diese Weise sind bei einem der Flansche, also hier exemplarisch am abströmseitigen Auslassflansch, die Kontaktzonen bezüglich der Endabschnitte diametral gegenüberliegenden angeordnet bzw. sind die Endabschnitte diametral gegenüberliegend beabstandet zum Schaufelträger positioniert. Hierdurch ergibt sich in jedem Endabschnitt des Schaufelfußes ein Freiheitsgrad, der eine Radiusänderung des Schaufelträgers sowie eine Verwindung des Schaufelträgers zulässt. Gleichzeitig wird vorgeschlagen, dass die Flansche zwischen ihren Endabschnitten sowohl radial innen als auch radial außen vom Schaufelträger beabstandet sind. Auf diese Weise besitzen die Kontaktzonen des vorderen Endabschnitts einen möglichst großen Abstand von den Kontaktzonen des hinteren Endabschnitts, wodurch im Schaufelfuß eine besonders große Elastizität bereitgestellt wird. Dementsprechend kann der Schaufelfuß im Bereich seiner Flansche auch relativ große Formänderungen des Schaufelträgers elastisch aufnehmen, so dass kritische Belastungen und Verspannungen des Schaufelfußes und somit der Schaufeln bzw. Schaufelgruppen vermieden bzw. reduziert werden können.

**[0010]** Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform können die bezüglich der Endabschnitte diametral angeordneten Beabstandungen zwischen dem Flansch und dem Schaufelträger so dimensioniert sein, dass in einem Normalbetrieb der Strömungsmaschine eine zwischen Anströmseite und Abströmseite herrschende Druckdifferenz durch elastische Biegeverformung der Schaufel bzw. der Schaufelgruppe und/oder des Schaufelträgers die Beabstandung reduziert und den entsprechenden Endabschnitt an den Schaufelträger zur Anlage bringt. Mit anderen Worten, im Normalbetrieb ist der jeweilige Schaufelfuß an beiden Endabschnitten und an beiden Flanschen sowohl radial innen als auch radial außen am Schaufelträger abgestützt, wodurch sich eine besonders intensive Fixierung der Schaufel bzw. der Schaufelgruppe am Schaufelträger ergibt. Bei transienten Betriebszuständen, bei denen also reduzierte Druckdifferenzen zwischen Anströmseite und Abströmseite herrschen und bei denen die Deformationen des Schaufelträgers hauptsächlich stattfinden, können sich dann die gewünschten Beabstandungen zwischen Schaufelfuß und Schaufelträger an dem einen

Flansch bezüglich der Endabschnitte diametral ausbilden. Dementsprechend kann der Schaufelfuß dann der sich ändernden Geometrie des Schaufelträgers besser folgen, was die Belastung der Schaufeln reduziert.

**[0011]** Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0012]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktionalgleiche Komponenten beziehen. Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 einen stark vereinfachten Querschnitt durch eine Strömungsmaschine im Bereich eines Leitschaukelrings,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht auf eine Schaufelgruppe,

Fig. 3a und 3b vereinfachte Darstellungen wie in Fig. 1, jedoch bei unterschiedlichen Verformungszuständen,

Fig. 4a - 4c vergrößerte Schnittdarstellungen im Bereich einer Nut eines Schaufelträgers mit darin eingreifendem Flansch eines Schaufelfußes bei unterschiedlichen Verformungszuständen des Schaufelträgers,

Fig. 5 einen Axialschnitt durch einen Schaufelträger bei unterschiedlichen Verformungszuständen,

Fig. 6 einen Axialschnitt durch einen Schaufelfuß bei unterschiedlichen Verformungszuständen,

Fig. 7 eine vereinfachte axiale Ansicht auf einen Schaufelfuß nach der Erfindung,

Fig. 8 eine Ansicht wie in Fig. 7, jedoch bei einem Schaufelfuß eines Leitschaukelrings vor dessen Modifikation,

Fig. 9 einen Ansicht wie in Fig. 8, jedoch bei einer anderen Ausführungsform des Schaufelfußes.

## Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0013]** Entsprechend Fig. 1 besitzt ein Leitschaukelring

1 einer im übrigen nicht dargestellten Strömungsmaschine, vorzugsweise einer Turbine oder eines Verdichters, vorzugsweise einer Gasturbine, mehrere Leitschaufeln oder kurz Schaufeln 2, die in Umfangsrichtung 3 zueinander benachbart angeordnet sind. Die Schaufeln 2 sind an einem Schaufelträger 4 befestigt, der seinerseits an einem Gehäuse 5 der Strömungsmaschine befestigt ist.

**[0014]** Dabei können die Schaufeln 2 einzeln am Schaufelträger 4 befestigt sein oder zu Schaufelgruppen 6 zusammengefasst sein, die aus zwei oder mehr Schaufeln 2 gebildet sind und gemeinsam am Schaufelträger 4 befestigt sind. Der Schaufelträger 4 ist dabei ringförmig ausgestaltet und zweckmäßig im Bereich einer Teilungsebene 7, in welcher vorzugsweise auch eine Rotationsachse 8 bzw. Längsmittelachse 8 der Strömungsmaschine liegt, geteilt, so dass entsprechend Fig. 1 ein oberer Schaufelträgerteil 4a sowie ein unterer Schaufelträgerteil 4b vorhanden sind. Es ist klar, dass ein derartiger Schaufelträger 4 grundsätzlich auch zur Befestigung der Schaufeln 2 von mehreren, in axialer Richtung benachbarter Leitschaufelringe 1 dienen kann.

**[0015]** Beispielsweise zeigt Fig. 5 einen Längsschnitt durch einen Schaufelträger 4, bei dem die Schaufeln 2 mehrerer Leitschaufelringe 1, also mehrerer Turbinenstufen bzw. Verdichterstufen befestigt werden können. Für jeden Leitschaufelring 1 besitzt der Schaufelträger 4 eine anströmseitige Einlassnut 9 sowie eine abströmseitige Auslassnut 10. Dabei sind in Fig. 5 die Nuten 9 und 10 unterschiedlicher Leitschaufelringe 1 in den Bezugszeichen durch Hochkommata gekennzeichnet. Die beiden Nuten 9, 10 - je Leitschaufelring 1 - erstrecken sich dabei jeweils in Umfangsrichtung 3 und laufen dabei ringförmig geschlossen um.

**[0016]** Bezugnehmen auf Fig. 2 umfasst eine Schaufelgruppe 6 beispielsweise drei Schaufeln 2, die einen gemeinsamen Schaufelfuß 11 aufweisen, der gleichzeitig der Schaufelfuß 11 der Schaufelgruppe 6 ist. Die nachfolgenden Erläuterungen für den Schaufelfuß 11 der Schaufelgruppe 6 gelten in entsprechender Weise auch für einen Schaufelfuß 11 einer einzelnen Schaufel 2.

**[0017]** Am Schaufelfuß 11 ist ein anströmseitiger Einlassflansch 12 ausgebildet, der sich in Umfangsrichtung 3 erstreckt und dabei axial vom Schaufelfuß 11 absteht. In entsprechender Weise besitzt der Schaufelfuß 11 auch einen abströmseitigen Auslassflansch 13, der sich ebenfalls in Umfangsrichtung 3 erstreckt und dabei axial vom Schaufelfuß 11 absteht. Dabei stehen die Flansche 12 und 13 in entgegengesetzten Richtungen vom Schaufelfuß 11 jeweils axial nach außen ab.

**[0018]** Im montierten Zustand greift der Einlassflansch 12 in die Einlassnut 9 ein, während der Auslassflansch 13 in die Auslassnut 10 eingreift. Der Eingriff erfolgt dabei jeweils axial, wodurch sich in radialer Richtung ein Formschluss zwischen Schaufelfuß 11 und Schaufelträger 4 ausbildet.

**[0019]** Der Schaufelfuß 11 und somit auch seine Flansche 12 und 13 besitzen einen in Umfangsrichtung 3 vorderen Endabschnitt 14 sowie beabstandet dazu einen in

Umfangsrichtung 3 hinteren Endabschnitt 15. Zwischen den Endabschnitten 14 und 15 ist ein Mittelabschnitt 16 ausgebildet, der vorzugsweise in der Umfangsrichtung 3 etwa dieselbe Länge aufweist, wie die beiden Endabschnitte 14 und 15 zusammen. Ebenso kann der Mittelabschnitt 16 in Umfangsrichtung 3 länger sein als die beiden Endabschnitte 14, 15 zusammen.

**[0020]** Gemäß den Fig. 3a und 3b kann es im Betrieb der Strömungsmaschine aufgrund thermischer Belastungen, insbesondere bei transienten Betriebszuständen zu Verformungen des Schaufelträgers 4 kommen. Dabei ist in den Fig. 3a und 3b die ursprüngliche Kreisform des Schaufelträgers 4 mit unterbrochener Linie wiedergegeben, während die jeweilige Deformationsform mit durchgezogener Linie wiedergegeben ist.

**[0021]** Die beiden Schaufelträgerteile 4a und 4b stoßen in Umfangsrichtung an Umfangsenden 14 und 15 aneinander. Durch die thermische Belastung des Schaufelträgers 4 kommt es zu einer Ovalisierung, die in den Fig. 3a und 3b übertrieben stark angedeutet ist. Zum einen kann sich bei einer derartigen Ovalisierung gemäß Fig. 3a im Bereich der Trennebene 7 eine Art Einschnürung ausbilden, die dadurch entsteht, dass sich die aneinander anliegenden Umfangsenden 14 und 15 entlang der Trennebene 7 aufeinander zu bewegen, was mit einer Verkleinerung des Biegeradius der Schaufelträgerteile 4a und 4b einhergeht. Zum anderen kann die Ovalisierung gemäß Fig. 3b auch dazu führen, dass sich die aneinander anstoßenden Umfangsenden 14 und 15 entlang der Trennebene 7 voneinander entfernen. Dies ist gleichbedeutend damit, dass sich der Biegeradius der Schaufelträgerteile 4a, 4b vergrößert. Diese Ovalisierung führt gleichzeitig zu einer Verwindung des Schaufelträgers 4. Des Weiteren fällt in der Regel die Deformierung des unteren Schaufelträgerteils 4b deutlich größer aus als die Deformierung des oberen Schaufelträgerteils 4a, da das obere Schaufelträgerteil 4a regelmäßig stärker mit dem Gehäuse 5 verbunden ist, was zu einer Aussteifung des oberen Schaufelträgerteils 4a führt.

**[0022]** Die Fig. 4a bis 4c zeigen vergrößerte Schnittansichten durch eine der Nuten 9 oder 10, in welche einer der Flansche 12 oder 13 eingreift. Dabei ist die Krümmung, die sich in Umfangsrichtung 3 ergibt, stark übertrieben dargestellt. Erkennbar ist, dass in einer unverformten Ausgangsstellung gemäß Fig. 4a die Nut 9, 10 dieselbe Krümmung besitzt wie der Flansch 12, 13, so dass entlang des Flansches 12, 13 eine gleichmäßige Kontaktierung mit dem Schaufelträger 4 stattfindet. Die gleichzeitige Kontaktierung ist hier zur besseren Veranschaulichung durch ein Spiel 21 repräsentiert, das radial außen und radial innen im Idealfall gleich groß ist.

**[0023]** Bei einer Ovalisierung entsprechend Fig. 3b entsteht im Bereich der Nut 9, 10 eine Deformierung entsprechend Fig. 4b, die dazu führt, dass der jeweilige Flansch 12, 13 radial innen im Bereich seiner Endabschnitte 14, 15 sowie radial außen im Bereich seines Mittelabschnitts 16 extrem stark auf Druck belastet wird,

was durch entsprechende Pfeile 17 angedeutet ist. Das zuvor genannte Spiel 21 verschwindet in diesen Bereichen.

**[0024]** Bei einer Ovalisierung entsprechend Fig. 3a kommt es zu dem in Fig. 4c wiedergegebenen Verformungszustand, bei dem der jeweilige Flansch 12, 13 radial innen im Bereich seines Mittelabschnitts 16 und radial außen im Bereich seiner Endabschnitte 14, 15 extremen Druckbelastungen ausgesetzt ist, die wieder durch Pfeile 17 angedeutet sind. Auch in diesem Fall verschwindet das oben genannte Spiel 21. Dabei ist klar, dass ein derartiges Spiel 21 im tatsächlichen Einbauzustand nicht vorhanden sein muss. Es dient hier lediglich zur Erläuterung der sich einstellenden Verformungen und Belastungen.

**[0025]** In Fig. 5 ist der Schaufelträger 4 einmal mit durchgezogener Linie in einem üblicherweise im Betrieb entstehenden verformten Zustand und mit unterbrochener Linie in einem unverformten Ausgangszustand wiedergegeben, der sich bei kalter Strömungsmaschine einstellt.

**[0026]** Fig. 6 zeigt einen Axialschnitt durch den Fuß 11 einer Schaufel 2 bzw. einer Schaufelgruppe 6, wobei auch hier zwei unterschiedliche Betriebszustände wiedergegeben sind. Schraffiert ist der Schnitt im normalen Betriebszustand, also bei heißer Strömungsmaschine. Im Unterschied dazu ist ein unverformter Ausgangszustand, der sich bei kalter Strömungsmaschine einstellt, unschraffiert wiedergegeben. Erkennbar ist, dass sich der anströmseitige Einlassflansch 12 um einen Winkel  $\alpha$  verkippen kann, während sich der abströmseitige Auslassflansch 13 um einen Winkel  $\beta$  verkippen kann. Erschwerend kommt hinzu, dass die beiden Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  unterschiedlich groß ausfallen können. In Fig. 6 sind die Deformationen wieder übertrieben deutlich wiedergegeben und sind insbesondere nicht maßstäblich zu nehmen.

**[0027]** Fig. 7 zeigt nun eine anströmseitige Axialsicht auf den Schaufelfuß 11 der Schaufelgruppe 6. Der dem Betrachter zugewandte Einlassflansch 12 ist dabei weiter unten, also radial weiter innen, angeordnet, als der vom Betrachter abgewandte und an sich verdeckte Auslassflansch 13, der weiter oben, also radial weiter außen, angeordnet ist. Aus der Anordnung der Flansche 12, 13 ergibt sich, dass es sich hierbei um eine Schaufelgruppe 6 einer Turbine handeln muss.

**[0028]** Erfindungswesentlich ist nun, dass die Flansche 12 und 13 an ihren radialen Seiten so bearbeitet sind, dass sie in den zugehörigen Nuten 9, 10 den Schaufelträger 4 in ausgewählten Kontaktzonen, die im folgenden noch näher erläutert werden, kontaktieren. Die Kontaktzonen sind in den Fig. 7 bis 9 mit größerer Strichstärke angedeutet und mit 18 bezeichnet. Des Weiteren deuten Pfeile 19 an, wo im Einbauzustand eine Kraftübertragung zwischen Schaufelfuß 11 und Schaufelträger 4 stattfindet.

Erfindungsgemäß sind die Kontaktzonen 18 wie folgt verteilt:

**[0029]** Einer der Flansche 12, 13, hier der abströmseitige Auslassflansch 13, ist sowohl an seinem vorderen Endabschnitt 14 als auch an seinem hinteren Endabschnitt 15, sowohl radial innen als auch radial außen jeweils mit einer derartigen Kontaktzone 18 ausgestattet, die im Einbauzustand am Schaufelträger 4, also innerhalb der Auslassnut 10 radial anliegen. Für den Auslassflansch 13 ergibt sich somit eine Art 4-Punkt-Lagerung. Im Unterschied dazu ist hier der Einlassflansch 12 nur an dem einen Endabschnitt, hier am vorderen Endabschnitt 14, radial außen mit einer solchen Kontaktzone 18 versehen, die im Einbauzustand am Schaufelträger 4 anliegt, während er radial innen so geformt ist, dass der Endabschnitt 14 im Einbauzustand vom Schaufelträger 4 beabstandet ist. Des Weiteren ist der Einlassflansch 12 an seinem anderen Endabschnitt, also hier am hinteren Endabschnitt 15 radial innen mit einer derartigen Kontaktzone 18 ausgestattet, die im Einbauzustand am Schaufelträger 4 anliegt, während er radial außen so geformt ist, dass der hintere Endabschnitt 15 im Einbauzustand vom Schaufelträger 4 beabstandet ist. Insoweit ergibt sich für den Einlassflansch 12 eine Art 2-Punkt-Lagerung. Dabei sind die beiden Kontaktzonen 18 und dementsprechend die beiden nicht näher bezeichneten Abstandszonen bezüglich der Endabschnitte 14 und 15 einander diametral gegenüberliegend am Einlassflansch 12 angeordnet.

**[0030]** Durch diese erfindungsgemäß vorgeschlagene Bauweise erhält die Anbindung des Schaufelfußes 11 an den Schaufelträger 4 definierte Freiheitsgrade, die bei den typischen Verformungen des Schaufelträgers 4, die dieser bei transienten Betriebszuständen thermisch bedingt durchführt, eine Reduzierung der Kraftübertragung zwischen Schaufelträger 4 und Schaufelfuß 11 bewirken. Auf diese Weise werden die Schaufelfüße 11 und somit die Schaufeln 2 bzw. die Schaufelgruppen 6 weniger stark durch die Verformungen des Schaufelträgers 4 belastet.

**[0031]** Wie bereits weiter oben erläutert, ist es dabei von Vorteil, wenn die Endabschnitte 14, 15 und somit die daran ausgebildeten Kontaktzonen 18 in Umfangsrichtung 3 relativ weit voneinander beabstandet sind. Dementsprechend ist der Mittelabschnitt 16 in Umfangsrichtung 3 vergleichsweise groß dimensioniert, insbesondere gleich groß wie oder größer als die beiden Endabschnitte 14, 15 zusammen.

**[0032]** Die Kontaktzonen 18 können außerdem gezielt so gefertigt sein, dass sich eine linienförmige Anlage oder Kontaktierung am Schaufelträger 4 ergibt, die beispielsweise radial oder in Umfangsrichtung orientiert sein kann. Ebenso können die Kontaktzonen 18 auch so ausgestaltet sein, dass sich punktförmige Kontaktierungen mit dem Schaufelträger 4 ergeben.

**[0033]** Besonders vorteilhaft ist eine Ausgestaltung, die für die Anbindung der Schaufelfüße 11 am Schaufel-

träger 4 die gewünschten Freiheitsgrade im wesentlichen nur dann bereitstellt, wenn sich der Schaufelträger 4, beispielsweise aufgrund transienter Betriebszustände der Strömungsmaschine, verformt, während die genannten zusätzlichen Freiheitsgrade zu Gunsten einer erhöhten Abstützung entfallen können, wenn sich die Strömungsmaschine in einem Nenn- oder Normalbetrieb befindet. Zweckmäßig können daher die Abstände beim Einlassflansch 12 im Bereich der Endabschnitte 14 und 15 gegenüber dem Schaufelträger 4 so dimensioniert sein, dass eine Druckdifferenz zwischen Anströmseite und Abströmseite des jeweiligen Leitschaufelrings 1, die sich im Normalbetrieb der Strömungsmaschine einstellt, eine elastische Biegeverformung der Schaufeln 2 bzw. der Schaufelgruppe 6 und/oder des Schaufelträgers 4 erzwingt, welche die genannten Abstände reduziert, und zwar vorzugsweise so weit, dass die entsprechenden Endabschnitte 14 und 15 dann ebenfalls am Schaufelträger 4 zur Anlage kommen. Im Belastungszustand sind dann die genannten zusätzlichen Freiheitsgrade aufgehoben. Bei transienten Zuständen sinkt die genannte Druckdifferenz, wodurch die Endabschnitte 14 und 15 wieder vom Schaufelträger 4 abheben, um die Freiheitsgrade wieder herzustellen, welche die Spannungen im Schaufelfuß 11 bei den Verformungen des Schaufelträgers 4 reduzieren.

**[0034]** Obwohl im vorliegenden Beispiel der Einlassflansch 12 mit zwei Kontaktzonen 18 und der Auslassflansch 13 mit vier Kontaktzonen 18 ausgestattet sind, kann die Verteilung der Kontaktzonen 18 auch umgekehrt sein. Ebenso kann die Verteilung der Kontaktzonen 18 bei dem mit nur zwei Kontaktzonen 18 ausgestatteten Flansch 12 an den beiden Endabschnitten 14, 15 bezüglich der Anordnung innen und außen umgekehrt sein.

**[0035]** Entsprechend Fig. 2 können die Schaufeln 2 radial innen über Deckbänder 20 miteinander verbunden sein und im montierten Zustand in Umfangsrichtung aneinander abgestützt sein.

**[0036]** Im folgenden wird ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Modifizieren eines herkömmlichen Laufschaufelrings näher erläutert:

**[0037]** Zunächst werden die Schaufeln 2 bzw. die Schaufelgruppen 6 aus dem Schaufelträger 4 ausgebaut. Die ausgebauten Schaufelgruppen 6 können im Bereich des Schaufelfußes 11 beispielsweise wie in Fig. 8 ausgestaltet sein. Das bedeutet, dass sowohl der Einlassflansch 12 als auch der Auslassflansch 13 sowohl am vorderen Endabschnitt 14 als auch am hinteren Endabschnitt 15 sowohl radial innen als auch radial außen jeweils mit einer Kontaktzone 18 bzw. 18' ausgestattet ist. Eine ausgebaute Schaufel 2 kann beispielsweise im Bereich ihres Schaufelfußes 11 wie in Fig. 9 ausgestaltet sein und dementsprechend eine besondere Verteilung von Kontaktzonen 18 bzw. 18' aufweisen.

**[0038]** In einem weiteren Verfahrensschritt werden nun bei den ausgebauten Schaufeln 2 bzw. bei den ausgebauten Schaufelgruppen 6 die Flansche 12 und 13 der

Schaufelfüße 11 bearbeitet.

**[0039]** Bei einer Schaufelgruppe 6 gemäß Fig. 8 wird beispielsweise mittels eines Fräasers oder dgl. am Einlassflansch 12 an dessen vorderen Endabschnitt 14 die radial innere Kontaktzone 18' entfernt. Ebenso wird beim Einlassflansch 12 an dessen hinteren Endabschnitt 15 die radial äußere Kontaktzone 18' entfernt. In der Folge besitzt dann der bearbeitete Schaufelfuß 11 im Bereich seiner Flansche 12, 13 die gleiche Gestalt wie der erfindungsgemäß ausgebildete Schaufelfuß 11 gemäß Fig. 7.

**[0040]** Beim Schaufelfuß 11 gemäß Fig. 9 sind die beiden radial außen liegenden Seiten der Flansche 12 und 13 jeweils als durchgehende Kontaktzonen 18' ausgebildet. Des Weiteren besitzt der Auslassflansch 13 radial innen nur eine einzige Kontaktzone 18', die außerdem im Mittelabschnitt 16 angeordnet ist. Die Bearbeitung dieses Schaufelfußes 11 erfolgt dabei so, dass beim Auslassflansch 13 an der radial außen liegenden Seite der Mittelabschnitt 16 so weit abgetragen wird, dass nur noch in den Endabschnitten 14 und 15 jeweils eine der gewünschten Kontaktzonen 18 übrig bleibt. Des Weiteren wird an der radial innen liegenden Seite die Kontaktzone 18' im Mittelabschnitt 16 durch entsprechenden Materialabtrag entfernt. Außerdem wird radial innen an den Endabschnitten 14 und 15 durch einen geeigneten Materialauftrag, z. B. durch Schweißen oder Löten, jeweils die gewünschte innen liegende Kontaktzone 18 geschaffen, um auch hier eine entsprechende Formgebung zu erhalten, wie sie in Fig. 7 wiedergegeben ist.

**[0041]** Der Einlassflansch 12 wird hier so bearbeitet, dass die im vorderen Endabschnitt 14 vorgesehene, radial innen liegende Kontaktzone 18' vollständig entfernt wird. Des Weiteren wird die radial außen vorhandene, durchgehende Kontaktzone 18' radial außen im Bereich des Mittelabschnitts 16 sowie im Bereich des hinteren Endabschnitts 15 so weit abgetragen, bis sich die in Fig. 7 wiedergegebene Gestalt ergibt. Somit kann auch bei dem in Fig. 9 wiedergegebenen Schaufelfußtyp die in Fig. 7 wiedergegebene erfindungsgemäße Kontur hergestellt werden.

**[0042]** Insgesamt eignet sich somit das hier gezeigte Verfahren in besonderer Weise zur Umrüstung eines herkömmlichen Leitschaufelrings in den erfindungsgemäßen Leitschaufelring 1, dessen Schaufeln 2 die Verformungen des Schaufelträgers 4 besser aufnehmen können.

## Bezugszeichenliste

**[0043]**

- |    |                            |
|----|----------------------------|
| 1  | Leitschaufelring           |
| 2  | Schaufel                   |
| 3  | Umfangsrichtung            |
| 4  | Schaufelträger             |
| 4a | oberer Schaufelträgerteil  |
| 4b | unterer Schaufelträgerteil |
| 5  | Gehäuse                    |

- 6 Schaufelgruppe
- 7 Trennebene
- 8 Längsmittelachse/Rotationsachse
- 9 Einlassnut
- 10 Auslassnut
- 11 Schaufelfuß
- 12 Einlassflansch
- 13 Auslassflansch
- 14 vorderer Endabschnitt
- 15 hinterer Endabschnitt
- 16 Mittelabschnitt
- 17 Druckbelastung
- 18 Kontaktzone
- 19 Druckbelastung
- 20 Deckband
- 21 Spiel

### Patentansprüche

1. Leitschaufelring einer Strömungsmaschine, umfassend

- eine Anzahl von Schaufeln (2), die einzeln oder in Gruppen (6) aus mehreren Schaufeln (2) an einem ringförmigen Schaufelträger (4) befestigt sind, der seinerseits an einem Gehäuse (5) der Strömungsmaschine befestigt ist,

- wobei der Schaufelträger (4) eine anströmseitige Einlassnut (9) und eine abströmseitige Auslassnut (10) aufweist,

- wobei sich die Nuten (9, 10) in Umfangsrichtung (3) erstrecken,

- wobei die Schaufel (2) oder die Schaufelgruppe (6) jeweils einen Schaufelfuß (11) aufweist, der einen anströmseitigen Einlassflansch (12) und einen abströmseitigen Auslassflansch (13) aufweist,

- wobei sich die Flansche (12, 13) in Umfangsrichtung (3) erstrecken und axial vom jeweiligen Schaufelfuß (11) abstehen,

- wobei im montierten Zustand beim Schaufelfuß (11) der Einlassflansch (12) in die Einlassnut (9) und der Auslassflansch (13) in die Auslassnut (10) eingreift,

- wobei der eine Flansch (13) sowohl an einem in Umfangsrichtung (3) vorderen Endabschnitt (14) als auch in einem in Umfangsrichtung (3) hinteren Endabschnitt (15) sowohl radial innen als auch radial außen jeweils eine Kontaktzone (18) aufweist, die am Schaufelträger (4) anliegt,

- wobei der andere Flansch (12) an dem einen Endabschnitt (15) radial innen eine Kontaktzone (18) aufweist, die am Schaufelträger (4) anliegt und radial außen vom Schaufelträger (4) beabstandet ist, und am anderen Endabschnitt (14) radial außen eine Kontaktzone (18) aufweist, die am Schaufelträger (4) anliegt, und radial innen

vom Schaufelträger (4) beabstandet ist,

- wobei die Flansche (12, 13) zwischen ihren Endabschnitten (14, 15) sowohl radial innen als auch radial außen vom Schaufelträger (4) beabstandet sind.

2. Leitschaufelring nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Endabschnitte (14, 15) des jeweiligen Flansches (12, 13) in Umfangsrichtung (3) etwa gleich groß sind wie oder kleiner sind als ein zwischen den Endabschnitten (14, 15) angeordneter Mittelabschnitt (16).

3. Leitschaufelring nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (2) im montierten Zustand radial innen über Deckbänder (20) miteinander verbunden und/oder aneinander abgestützt sind.

4. Leitschaufelring nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktzonen (18) so gestaltet sind, dass sich eine linienförmige oder eine punktförmige Anlage am Schaufelträger (4) ausbildet.

5. Leitschaufelring nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beabstandung des anderen Flansches (12) an dessen Endabschnitten (14, 15) vom Schaufelträger (4) so dimensioniert ist, dass im Normalbetrieb der Strömungsmaschine eine zwischen Anströmseite und Abströmseite herrschende Druckdifferenz durch elastische Biegeverformung der Schaufel (2) oder Schaufelgruppe (6) und/oder des Schaufelträgers (4) die Beabstandung reduziert und im entsprechenden Endabschnitt (14, 15) am Schaufelträger (4) zur Anlage bringt.

6. Leitschaufelring nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsmaschine eine axial durchströmte Turbine oder ein Verdichter ist.

7. Leitschaufelring nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsmaschine eine Gasturbine ist.

8. Verfahren zum Modifizieren einer Leitschaufelreihe (1) einer Strömungsmaschine, insbesondere einer axial durchströmten Turbine oder eines Verdichters, insbesondere einer Gasturbine,

- bei dem Schaufeln (2) und/oder Schaufelgruppen (6) aus mehreren Schaufeln (2) aus einem ringförmigen Schaufelträger (4) ausgebaut werden,

- bei dem Flansche (12, 13) von Schaufelfüßen (11) der ausgebauten Schaufeln (2) und/oder



der ausgebauten Schaufelgruppen (6) bearbeitet werden,

- bei dem die bearbeiteten Schaufeln (2) und/oder Schaufelgruppen (6) wieder in den Schaufelträger (4) eingebaut werden,

5

- wobei die Bearbeitung der ausgebauten Schaufeln (2) und/oder Schaufelgruppen (6) so erfolgt, dass nach dem Einbau der Schaufeln (2) und/oder der Schaufelgruppen (6) ein Leitschaufelring (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 vorliegt.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

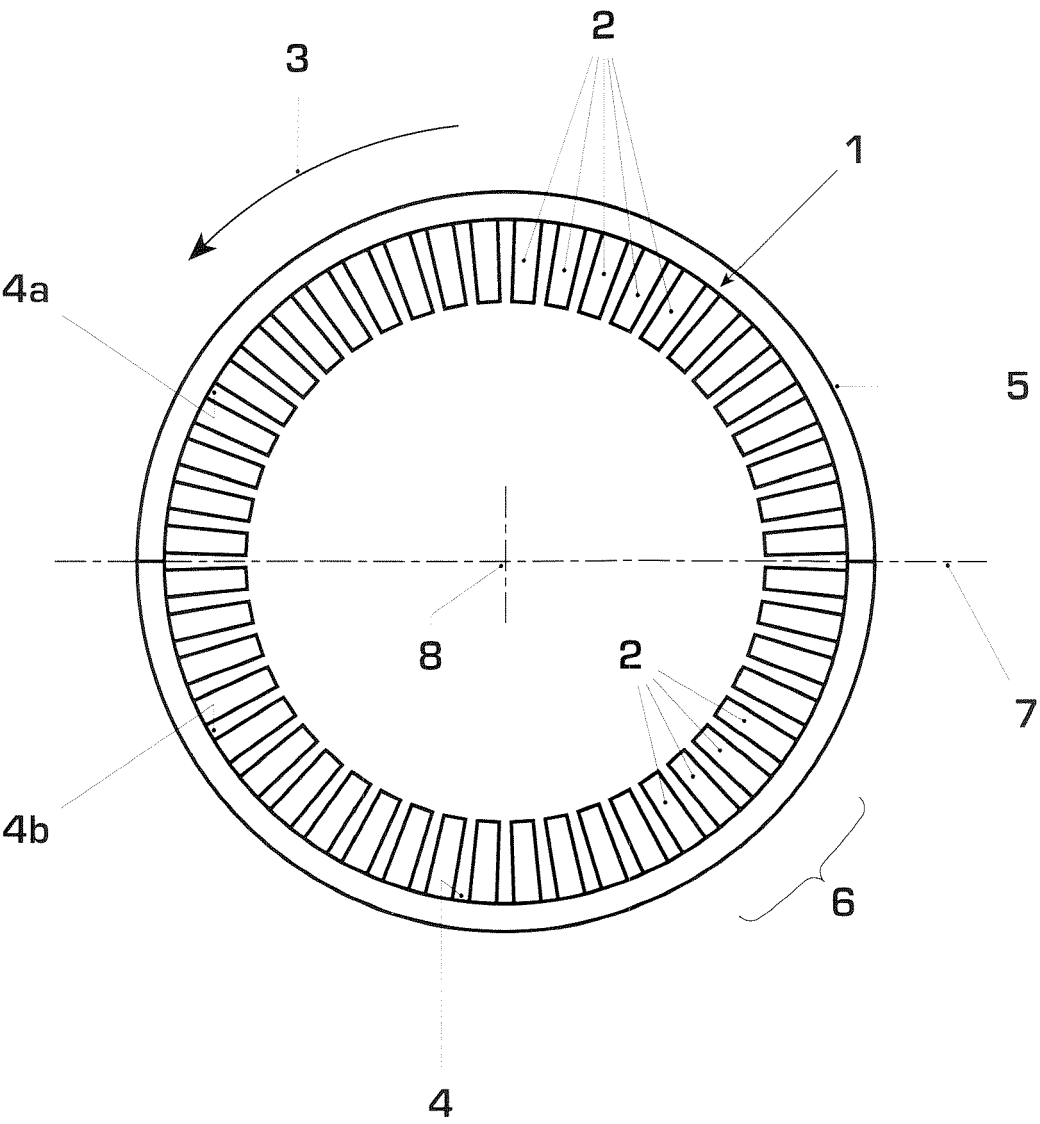


Fig. 1

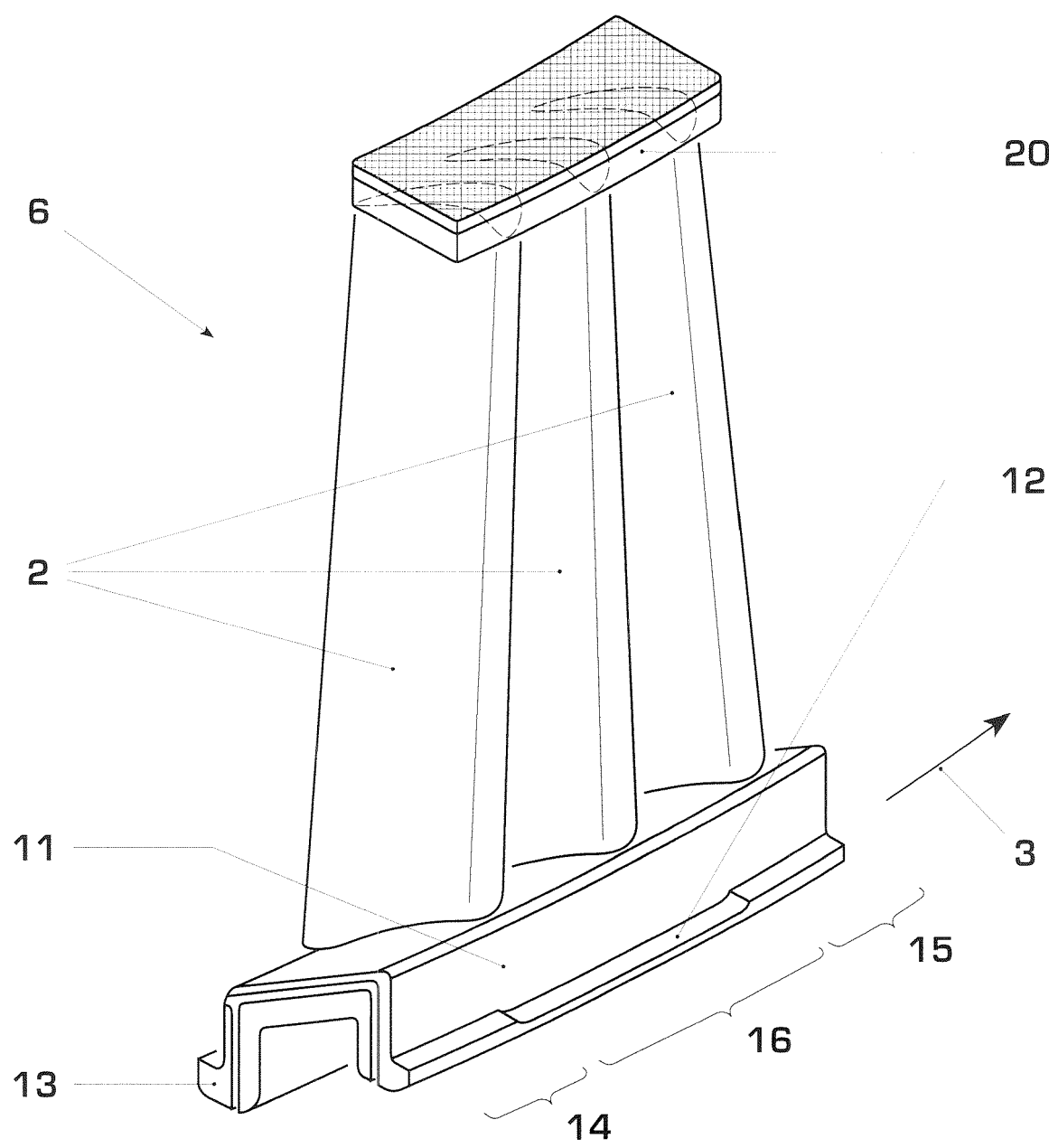


Fig. 2

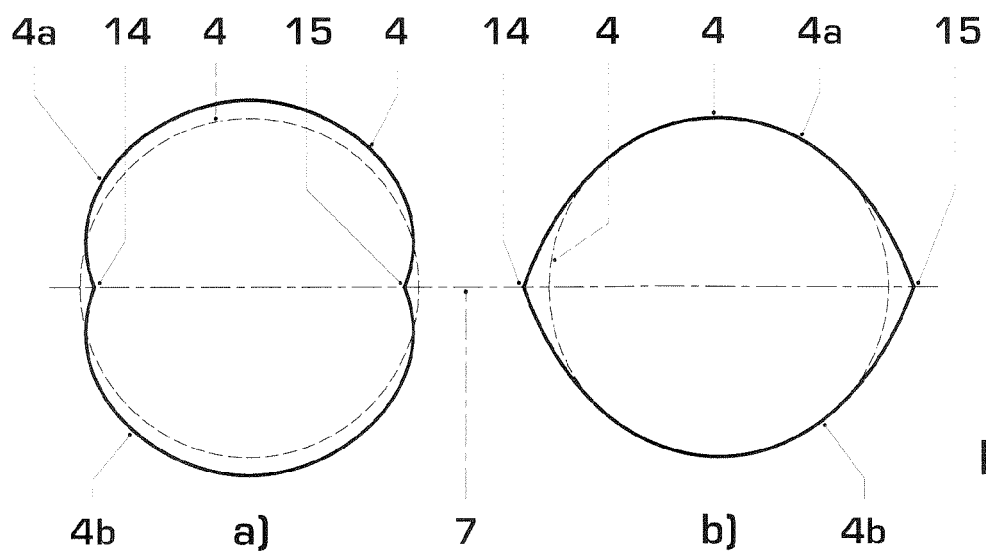


Fig. 3

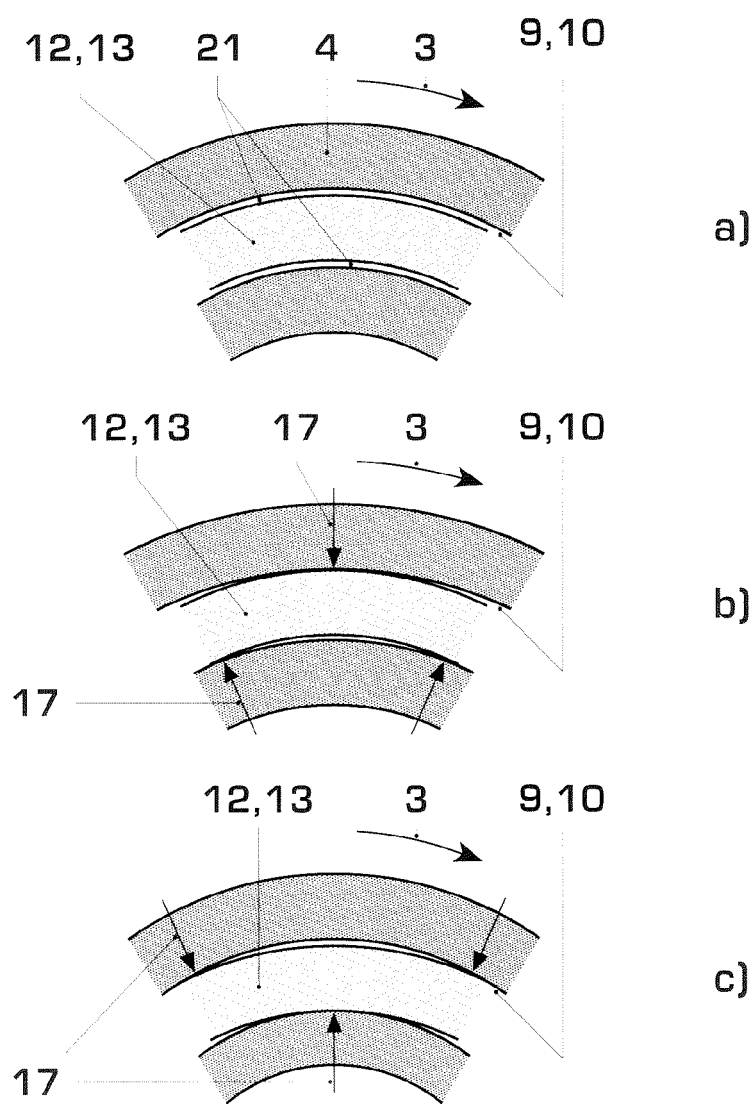


Fig. 4

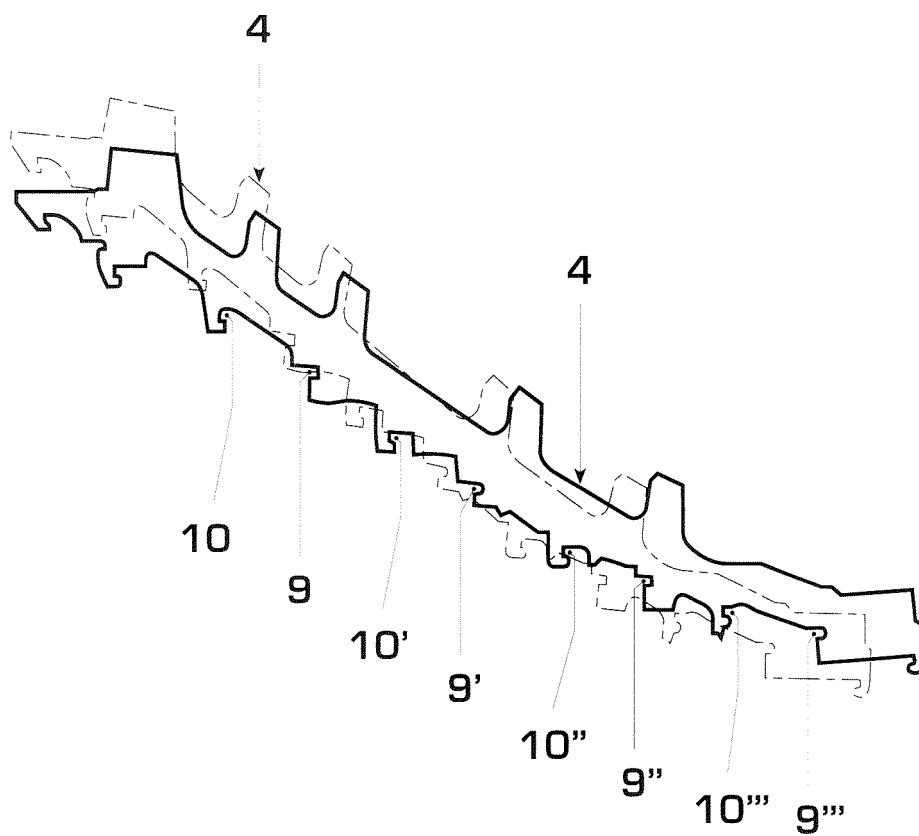


Fig. 5

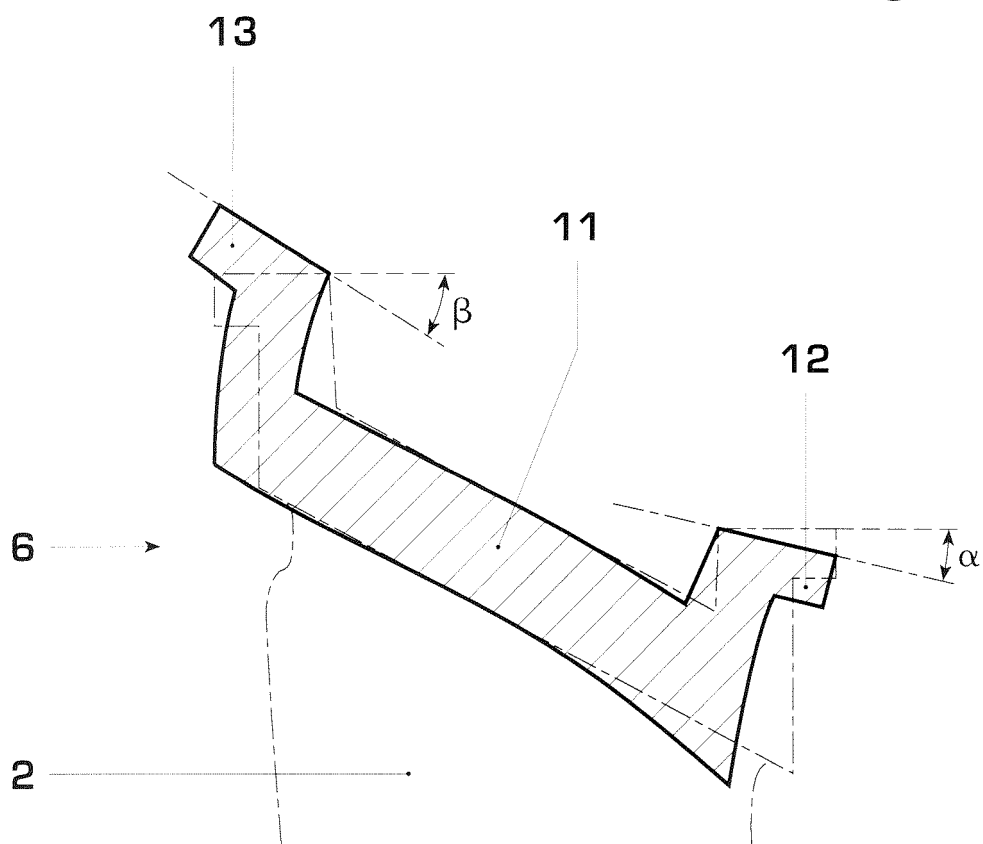


Fig. 6

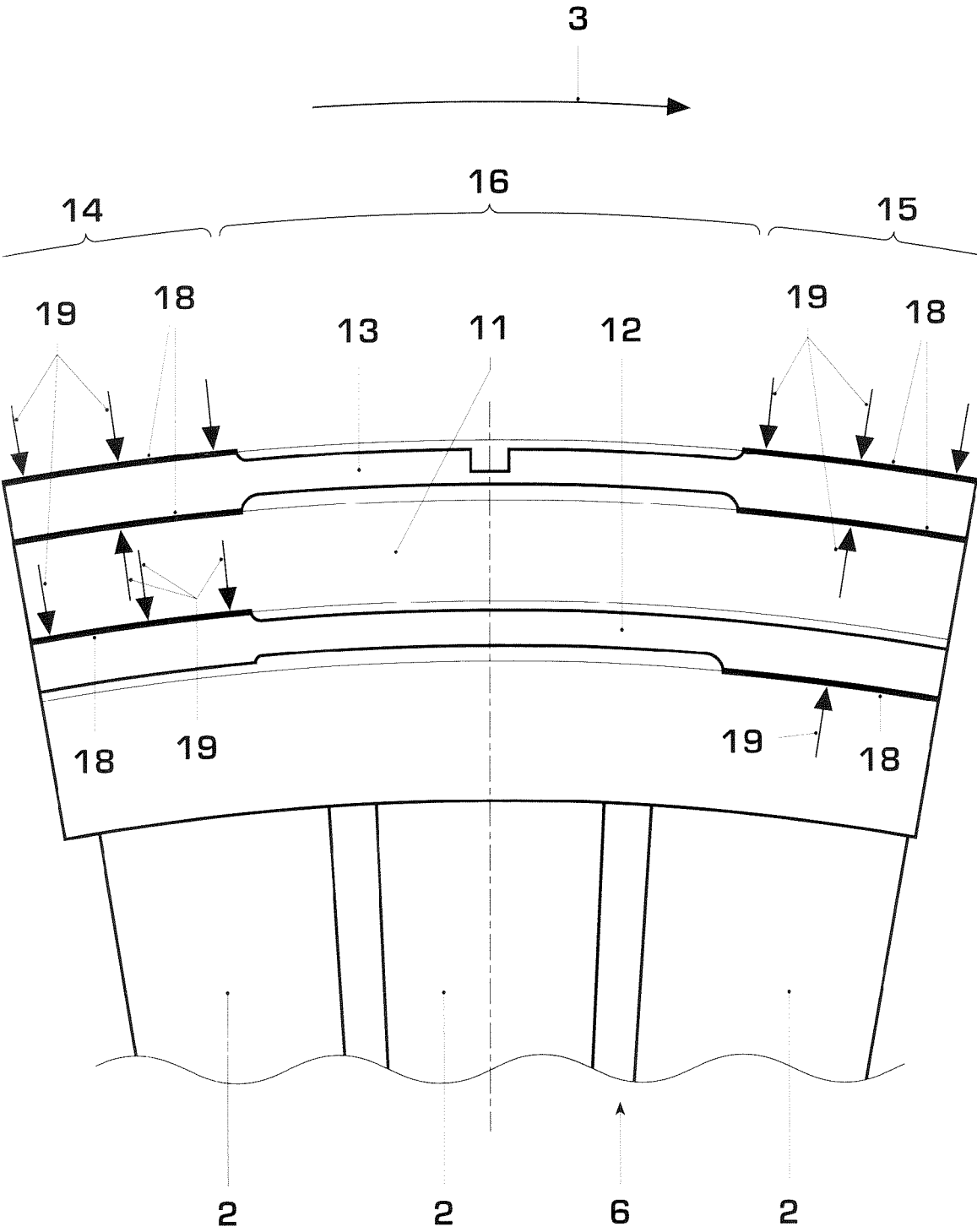
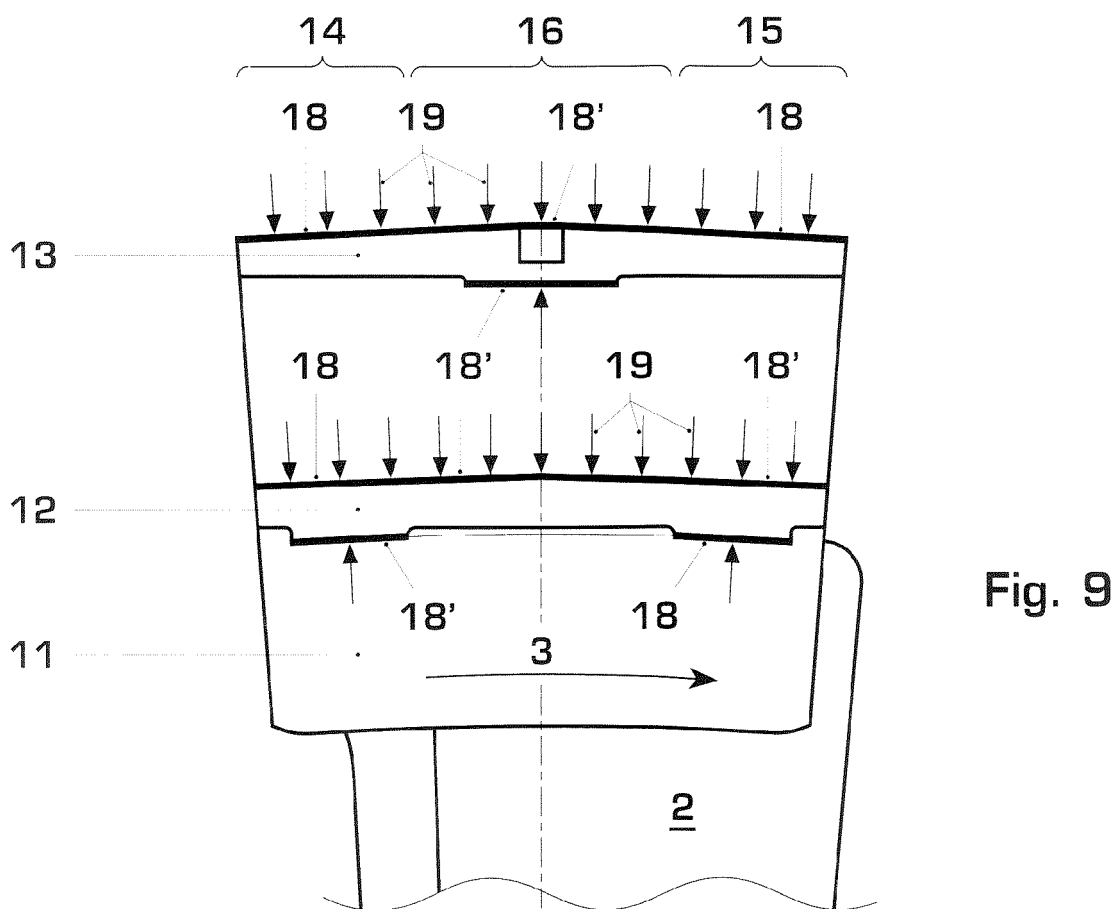
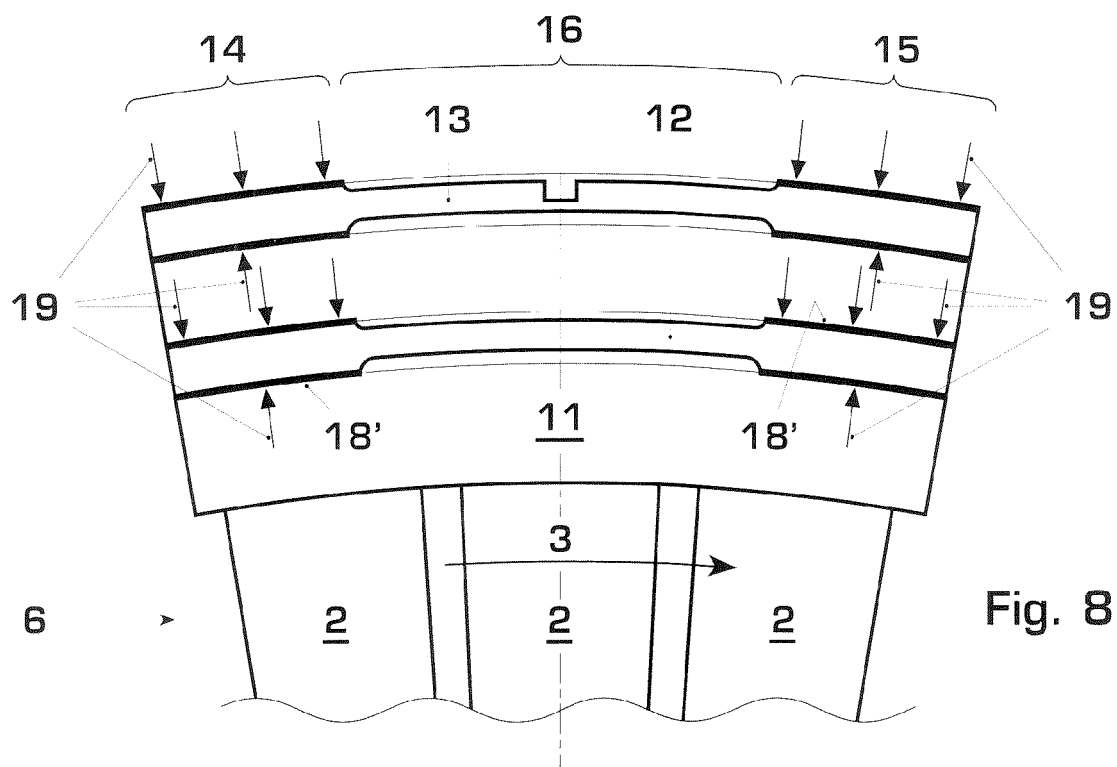


Fig. 7





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 05 10 9944

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile              | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EP 1 039 096 A2 (GENERAL ELECTRIC COMPANY)<br>27. September 2000 (2000-09-27)<br>* Abbildung 3 * | 1-3,5-8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | F01D9/04                           |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 14 76 928 A1 (VEB BERGMANN-BORSIG)<br>31. Juli 1969 (1969-07-31)<br>* Abbildungen *           | 1-3,6-8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 102 10 866 C1 (MTU AERO ENGINES GMBH)<br>21. August 2003 (2003-08-21)<br>* Abbildung 3 *      | 1-8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | F01D                               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |
| Recherchenort<br>Den Haag                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                  | Abschlußdatum der Recherche<br>8. Februar 2006                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Prüfer<br>Argentini, A             |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                  | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



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

EP 05 10 9944

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.

08-02-2006

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |            |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------|
| EP 1039096                                         | A2                            | 27-09-2000                        | JP 2000282806 A               | 10-10-2000 |
|                                                    |                               |                                   | US 6183192 B1                 | 06-02-2001 |
| -----                                              |                               |                                   |                               |            |
| DE 1476928                                         | A1                            | 31-07-1969                        | KEINE                         |            |
| -----                                              |                               |                                   |                               |            |
| DE 10210866                                        | C1                            | 21-08-2003                        | WO 03076768 A1                | 18-09-2003 |
|                                                    |                               |                                   | EP 1483482 A1                 | 08-12-2004 |
|                                                    |                               |                                   | US 2006008347 A1              | 12-01-2006 |
| -----                                              |                               |                                   |                               |            |

EPO FORM P0461

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