



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.2015 Patentblatt 2015/26

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

(21) Anmeldenummer: **13199052.5**

(22) Anmeldetag: **20.12.2013**

(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

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

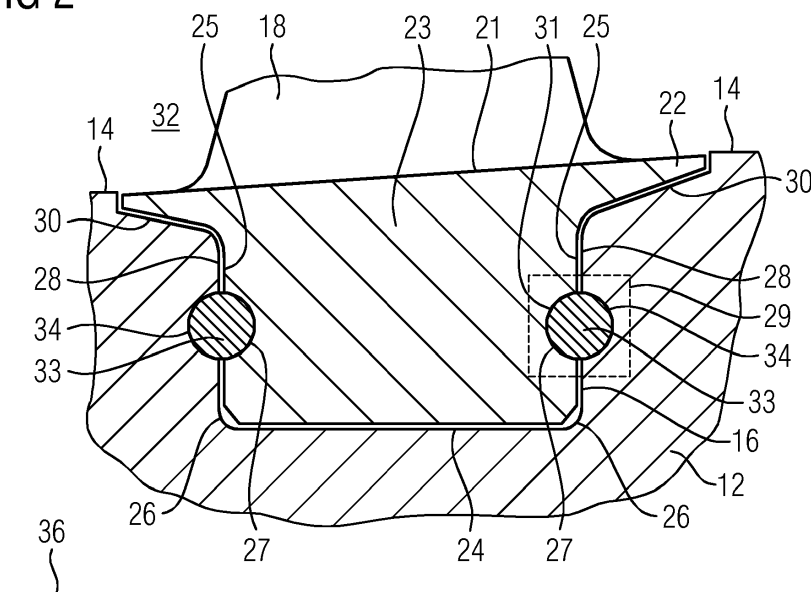
(72) Erfinder:
• **Dreymann, Marco**
46240 Bottrop (DE)
• **Zelmer, Dimitri**
45329 Essen (DE)

(54) **Schaufelkranz für eine Strömungsmaschine und Verfahren zum Montieren von Schaufeln eines Schaufelkranzes einer Strömungsmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft einen Schaufelkranz (10) für eine Strömungsmaschine umfassend einen Schaufelträger (12), entlang dessen Umfang sich eine endlose Umfangsnut (16) mit darin sitzenden Schaufeln (18) unter Bildung des Schaufelkranzes (10) erstreckt, wobei in zwei einander gegenseitig zugewandten Seitenflächen (28) der Umfangsnut (16) jeweils eine endlose Seitennut (34) vorgesehen ist, und die Füße (23) der Schaufeln (18) jeweils mittels eines Formschlusses in der Umfangsnut (16) befestigt sind. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Schaufelkranzes (10). Um einen Schaufelkranz (10) bereitzustellen, der eine zuverlässige Befestigung von Schaufeln (18) im

Schaufelträger (12) ermöglicht, gleichzeitig mit einer geringen Anzahl an Bestandteilen hergestellt werden kann, die zudem in besonders einfacher Art und Weise herstellbar sind, wird vorgeschlagen, dass jeder Schaufelfuß (23) zwei Fußnuten (27) aufweist, von denen jeweils eine einen Abschnitt einer der beiden Seitennuten (34) unter Bildung einer Nutpaarung (29) unmittelbar gegenüberliegt und dass je Seitennut (34) zumindest zwei sich jeweils zu einem Ring (35) ergänzenden Formschlusselemente (33) vorgesehen sind, welche sich zur Bildung der Formschlüsse durch die von den Nutpaaren begrenzten Räumen (31) erstrecken.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schaufelkranz für eine Strömungsmaschine, umfassend einen kreisförmigen Schaufelträger, entlang dessen Umfang sich eine endlose Umfangsnut mit darin sitzenden Schaufeln unter Bildung des Schaufelkranzes erstreckt, wobei in zwei einander gegenseitig zugewandten Seitenflächen der Umfangsnut jeweils eine endlose Seitennut vorgesehen ist und die Füße der Schaufeln jeweils mittels eines Formschlusses in der Umfangsnut mittelbar befestigt sind.

[0002] Derartige Schaufelkränze sind insbesondere aus Verdichtern von Gasturbinen bekannt. Diese Schaufelkränze sind zumeist als Laufschaufelkränze an Rotoren angeordnet, die ihrerseits als Schaufelträger Rotorscheiben aufweisen. Dabei erstreckt sich entlang der Umfangsfläche der Rotorscheibe die endlose Umfangsnut, die an ihren einander zugewandten Seitenflächen in der Regel sich axial erstreckende Vorsprünge aufweisen, die somit Hinterschneidungen bilden. In die Hinterschneidungen greifen dann Vorsprünge von Schaufelfüßen ein, wodurch die Laufschaufeln selbst unter Fliehkrafteinwirkung in radialer Richtung in Bezug auf die Maschinenachse des Verdichters sicher gehalten sind.

[0003] Zur Montage wird im Detail zwischen zwei unterschiedlichen Systemen unterschieden. Gemäß der ersten Systematik sind die die Hinterschneidungen bildenden Vorsprünge endlos in Umfangsrichtung. Die dann zur Anwendung kommenden Laufschaufeln weisen dann in der Regel - in Umfangsrichtung gesehen - vergleichsweise kurze Plattformen auf. Derartige Laufschaufeln werden durch eine erste, radiale Bewegung in die Umfangsnut eingesetzt. Anschließend muss die Schaufel um etwa 90° entlang ihrer Längsachse - welche senkrecht zur Maschinenachse steht - geschwenkt werden, wonach die Vorsprünge der Schaufelfüße die Vorsprünge der Umfangsnut hintergreifen. Anschließend werden sogenannte Zwischenstücke eingesetzt, so dass Laufschaufeln und Zwischenstücke abwechselnd aneinandergereiht sind. Die Zwischenstücke werden dabei in analoger Weise montiert. Jedoch ist zum Eindrehen der Schaufeln und der Zwischenstücke ein entsprechendes radiales Spiel zwischen dem betreffenden Bauteil und dem Grund der Umfangsnut erforderlich, welches im Betrieb unerwünscht ist. Um die radiale Bewegungsfreiheit der Bauteile in der Umfangsnut während des Betriebs zu vermeiden, werden die Schaufeln und Zwischenstücke nach deren Positionierung in der Umfangsnut sukzessive durch plattenförmigen Unterbauungen radial verspannt. Zur Vervollständigung des Schaufelkranzes muss allerdings wegen Platzmangels von dieser Methode abgewichen werden. Dazu werden zwischen den drei zuletzt montierten Laufschaufeln geteilte Zwischenstücke anstelle der einstückigen Zwischenstücke eingesetzt. Die mehrteiligen Zwischenstücke, welche auch als Schlosstücke oder auch als Schaufelschloss bezeichnet werden, sind dann gesondert und aufwändig gegen Verlust zu sichern.

[0004] Insgesamt ist diese erste Systematik vergleichsweise aufwändig, da etliche unterschiedliche Bestandteile zur Bildung des Schaufelkranzes erforderlich sind.

5 **[0005]** Gemäß einer zweiten Systematik ist bekannt, dass die an den Seitennuten sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprünge der Umfangsnut an einer Position zur Bildung einer Einführöffnung unterbrochen sind. Durch diese sind Schaufeln ohne die erforderliche Schwenkbewegung um ihre Längsachse einsetzbar. 10 Derartige Lösungen sind beispielsweise aus der US 3,088,708 und US 2,421,855 bekannt. Nachteilig bei dieser Systematik sind einerseits die Verwendung eines vergleichsweise komplizierten Schaufelschlusses und andererseits die Tatsache, dass die Einführöffnung nur durch Fräsen und nicht beim Drehen (spanabhebendes Bearbeitungsverfahren) des Schaufelträgers während der Herstellung der Umfangsnut mit hergestellt werden kann. Mithin sind unterschiedliche Bearbeitungsschritte 20 zum Herstellen der Bestandteile des Schaufelkranzes erforderlich, was zeitraubend ist.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung eines Schaufelkranzes für eine Strömungsmaschine, dessen Bestandteile vergleichsweise einfach, schnell und kostengünstig herzustellen sind und die in ihrer Anzahl gering sind, um die Montage zu vereinfachen und zu beschleunigen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zum Montieren von Schaufeln eines Schaufelkranzes in einer endlosen Umfangsnut eines kreisförmigen Schaufelträgers entsprechend der voran angegebenen Randbedingung.

25 **[0007]** Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird mit einem Schaufelkranz gemäß dem Merkmal des Anspruchs 1 und die auf das Verfahren gerichtete Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß den Schritten des Anspruchs 9 gelöst.

30 **[0008]** Bei dem gattungsgemäßen Schaufelkranz für eine Strömungsmaschine umfassend einen kreisförmigen Schaufelträger, entlang dessen Umfang sich eine endlose Umfangsnut mit darin sitzenden Schaufeln unter Bildung des Schaufelkranzes erstreckt, wobei in zwei einander zugewandten Seitenflächen der Umfangsnut jeweils eine endlose Seitennut vorgesehen ist und die Füße der Schaufeln jeweils mittels eines Formschlusses in Bezug auf die Maschinenachse in der Umfangsnut befestigt sind, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass jeder Schaufelfuß zwei Fußnuten aufweist, von denen jeweils 40 einer einem Abschnitt der beiden Seitennuten unter Bildung einer Nutpaarung gegenüberliegt und das je Seitennut zumindest zwei sich jeweils zu einem Ring ergänzende Formschlusselemente vorgesehen sind, die sich zur Bildung der Formschlüsse in die von Nutpaarungen begrenzten Räume eingreifen. Mithin greifen die Formschlusselemente gleichzeitig in beide Nuten - die Fußnut und den ihr umfangsmäßig gegenüberliegende Abschnitt der Seitennut - ein, so dass eine radiale Verhakung gewährleistet ist.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Montieren von Schaufeln eines Schaufelkranzes in einer endlosen Umfangsnut eines kreisförmigen Schaufelträgers ohne dezidierte Einführöffnung umfasst die Schritte:

- Bereitstellen des Schaufelträgers mit einer endlosen Umfangsnut mit zwei einander gegenseitig zugewandten Seitenflächen, in denen jeweils eine endlose Seitennut vorgesehen ist;
- das Bereitstellen von Schaufeln mit jeweils einem Schaufelfuß, welcher an zwei gegenüberliegenden Seitenwänden jeweils eine Fußnut aufweist, welche derart am Schaufelfuß angeordnet sind, dass sie im verbauten Zustand der Schaufel jeweils einen Abschnitt einer der Seitennuten gegenüberliegt;
- das Bereitstellen eines Schaufelschlusses und für jede Seitennut das Bereitstellen von zumindest zwei sich zu einem Ring ergänzende Formschlusselementen, wonach der Zusammenbau zu einem Schaufelkranz erfolgt durch die Schritte:

- a) Einsetzen von zwei Formschlusselementen in jeweils eine Seitennut,
- b) wiederholtes Einsetzen einer der Schaufeln in die Umfangsnut an einer Umfangsposition, in der keine Formschlusselemente vorhanden sind und Verschieben der betreffenden Schaufeln in eine Umfangsposition mit Formschlusselementen, bis die betreffenden Formschlusselemente beschaufelt sind,
- c) Wiederholen der Schritte a) und b), bis alle Schaufeln des Schaufelkranzes montiert sind, und
- d) Montieren des Schaufelschlusses und derjenigen Formschlusselemente, mit denen die Ringform der Formschlusselemente je Seitennut vervollständigt wird.

[0010] Unter einer Nutpaarung ist diejenige Paarbildung von einer Fußnut und einem Umfangsabschnitt einer der beiden Seitennuten zu verstehen, die in unmittelbar gegenüberliegenden Seitenflächen und Seitenwänden angeordnet sind, unabhängig von ihrem direkten Abstand zueinander. Mithin bilden im Sinne dieser Anmeldung auch diejenigen Seitennuten und Fußnuten eine Nutpaarung, die so zueinander versetzt sind, dass sie radial nicht überlappen.

[0011] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der zum radialen Formschluss der Schaufeln in der Umfangsnut erforderliche Vorsprung der Umfangsnut, die an den einander gegenseitig zugewandten Seitenflächen der Umfangsnut vorgesehen sind, nicht zwingend monolithisch mit dem die Umfangsnut begrenzenden Material des Schaufelträgers ausgebildet sein muss. Vielmehr haben die Erfinder erkannt, dass hier eine modulare Ausgestaltung möglich ist. Gleichzeitig haben die Erfinder erkannt, dass die Ersatzelemente für den bisher bekannten Vorsprung - erfindungsgemäß die Form-

schlusselemente - je Seitennut auch mehrteilig ausgestaltet sein können. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, dass eine Einführöffnung für Schaufeln - wie im Stand der Technik - bereitgestellt werden kann, was die Verwendung von Zwischenstücken entbehrlich macht. Insofern können die erfindungsgemäßen Schaufeln des Schaufelkranzes mit einer vergleichsweise breiten - sich in Umfangsrichtung erstreckenden - Plattform ausgestattet sein. Der Wegfall der Zwischenstücke spart Kosten, sowohl durch eine einfachere Herstellung der Bestandteile des Schaufelkranzes, durch eine simple Lagerhaltung als auch durch die Zeitersparnis wegen der vereinfachten Montage des Schaufelkranzes.

[0012] Gleichzeitig ist die Umfangsnut mit ihren beiden endlosen Seitennuten durch Drehen herstellbar. Das Fräsen einer Einführöffnung im Schaufelträger kann entfallen. Zudem werden insgesamt weniger Bestandteile benötigt, wodurch sich Einsparungen bei Fertigungs-, Lagerungs-, und Produktverwaltungskosten für diese Bauteile ergeben. Von besonderem Vorteil ist das besondere Montageverfahren, da durch einen engeren Sitz an den Formschlusselementen die Schaufeln nicht mehr durch eine Unterbauung am Nutgrund der Umfangsnut abgestützt werden müssen. Auch führt der Wegfall der Zwischenstücke zu einer Gewichtseinsparung. Dadurch ergibt sich die Einsparung von Energie beim Anfahren, Betreiben oder Abbremsen des Rotors.

[0013] Die Reduzierung der Rotormasse führt auch zu einer geringeren Belastung der Radscheiben und Lager, wenn der Schaufelkranz als Laufschaufelkranz ausgebildet ist.

[0014] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0015] Gemäß einer ersten vorteilhaften Weiterbildung sind die Formschlusselemente derartig gestaltet, dass die Räume zumindest größtenteils bis vollständig von ihnen ausgefüllt werden. Größtenteils bedeutet, dass sie gleichzeitig eine radiale Verhakung mit beiden Nuten herbeiführen, um so eine möglichst spielfreie Befestigung der Schaufeln in der Umfangsnut zu gewährleisten. Dies vermindert Verschleiß an Schaufeln, insbesondere dann, wenn der Schaufelkranz als Laufschaufelkranz ausgebildet ist und der Rotor der Strömungsmaschine, welcher diesen Schaufelkranz aufweist, mit einer vergleichsweise geringen Drehzahl betrieben wird.

[0016] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist jedes Formschlusselement entweder als Rundprofil, als Rechteckprofil oder als abgeflachtes Rundprofil ausgebildet und die Querschnittskonturen der Fußnuten und Seitennuten korrespondieren zu dem Profil der Formschlusselemente. Hierdurch kann ein sicherer Sitz der Schaufel in der Umfangsnut mittels eines besonders zuverlässigen Formschlusses gewährleistet werden.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung sind zumindest drei Formschlusselemente je Seitennut vorgesehen, die sich zu einem Ring ergänzen. Weiter bevorzugt ist eines dieser drei Formschlusselemente - nachfolgend als Schlussstift bezeichnet - vergleichswei-

se kurz und weist eine Länge in Umfangsrichtung der Umfangsnut auf, die nur geringfügig größer ist als die Umfangserstreckung des Schaufelfußes der zuletzt eingesetzten Schaufel. Die anderen beiden Formschlusselemente, die zusammen mit dem Schlussstift sich zu dem Ring ergänzen, können eine identische Länge aufweisen. Wenn bspw. der Schaufelkranz eine Anzahl von 60 Schaufeln aufweist und somit jede Schaufel sich über eine Bogenlänge von 6° erstreckt, könnte der Schlussstift eine Länge von etwa 8° aufweisen und die beiden anderen Formschlusselemente jeweils eine Bogenlänge von 176°. In dieser Ausgestaltung lässt sich quasi ein erster Halbring des Schaufelkranzes montieren, wonach der zweite Halbring an Schaufeln durch die Einführöffnung montiert werden kann, so dass nach der Montage aller Schaufeln lediglich die beiden Schlussstifte an der Umfangsposition der Einführöffnung anzuordnen sind. Die Schlussstifte werden dann durch ein Schaufelschloss in die jeweilige Seitennut eingepresst, so dass gleichzeitig das Schaufelschloss und die Schlussstifte sicher gehalten sind. Weiter sind so die Formschlusselemente gegen eine Verschiebung in Umfangsrichtung gesichert.

[0018] Die maximale Anzahl der Formschlusselemente je Seitennut sollte durch die Anzahl der Schaufel des Schaufelkranzes ermittelbar sein. Deren Anordnung in Umfangsrichtung in Bezug auf die Fußnut kann dabei mit oder ohne Versatz sein.

[0019] In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst das Schaufelschloss ein plattenförmiges Klemmstück mit einem Durchgangsgewinde, ein Plattformstück mit einer gestuften oder angefasten Durchgangsbohrung und eine diese beiden Stücke verspannende Schraube, wobei im verspannten Zustand des Schaufelschlusses in der Umfangsnut das Klemmstück die beiden Schlussstifte in die jeweilige Seitennut und das Plattformstück sich von außen an die Umgebung der Umfangsnut anpresst. Damit kann ein vergleichsweise einfaches Schaufelschloss angegeben werden, welches lediglich drei Bauteile umfasst. Dies ist eine geringe Anzahl im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Schaufelschlössern. Zweckmäßigerweise sollte die Schraube in gängiger Art und Weise gegen ein Lösen gesichert sein. Gängige Methoden dafür sind das Verstemmen der Schraube oder des die Schraube umgebenden Materials des Plattformstücks. Die Verwendung anderer Schaufelschlösser und anderer Schraubensicherungen sind denkbar.

[0020] Es sei bemerkt, dass in der Regel identische Schaufeln im Schaufelkranz verwendet werden. Jedoch sind die beiden zuletzt zu montierenden Schaufeln, die beidseits des Schlosses angeordnet sind, sogenannte Sonderschaufeln. Diese kennzeichnen sich dadurch, dass sie an der dem Schaufelschloss zugewandten Seite eine verkürzte Plattform aufweisen - verglichen mit den restlichen Schaufeln des Kranzes -, so dass nach ihrer Positionierung in der Umfangsnut die Einführöffnung weiterhin offen ist und dann erst durch das Schaufelschloss verschlossen werden kann.

[0021] Der Schaufelkranz kann sowohl als Leitschau-

felkranz oder als Laufschaufelkranz ausgebildet sein. Wenn der Schaufelkranz als Laufschaufelkranz ausgebildet ist, ist der Schaufelträger zumeist als Rotorscheibe oder als monolithischer Rotor ausgebildet, entlang dessen nach außenweisender Umfangsfläche sich die endlose Umfangsnut erstrecken kann. Wenn dagegen der erfindungsgemäße Schaufelkranz als Leitschaufelkranz ausgebildet ist, weist der Schaufelträger als ringförmiges Gebilde eine nach innen weisende Oberfläche auf, die im Querschnitt kreisförmig ist und entlang deren Umfangsrichtung sich die Umfangsnut endlos erstreckt. Derartige Anordnungen sind bspw. bei Dampfturbinen mit einem Topfgehäuse anzutreffen. Der erfindungsgemäße Leitschaufelkranz und/oder Laufschaufelkranz kann dabei bspw. in einer Gasturbine, in einer Dampfturbine oder in einem Verdichter verwendet werden.

[0022] Insgesamt betrifft die Erfindung somit einen Schaufelkranz für eine Strömungsmaschine umfassend einen Schaufelträger, entlang dessen Umfang sich eine endlose Umfangsnut mit darin sitzenden Schaufeln unter Bildung des Schaufelkranzes erstreckt, wobei in zwei einander gegenseitig zugewandten Seitenflächen der Umfangsnut jeweils eine endlose Seitennut vorgesehen ist, und die Füße der Schaufeln jeweils mittels eines Formschlusses in der Umfangsnut befestigt sind. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Schaufelkranzes. Um einen Schaufelkranz bereitzustellen, der eine zuverlässige Befestigung von Schaufeln im Schaufelträger ermöglicht, gleichzeitig mit einer geringen Anzahl an Bestandteilen hergestellt werden kann, die zudem in besonders einfacher Art und Weise herstellbar sind, wird vorgeschlagen, dass jeder Schaufelfuß zwei Fußnuten aufweist, von denen jeweils eine einen Abschnitt einer der beiden Seitennuten unter Bildung einer Nutpaarung unmittelbar gegenüberliegt und dass je Seitennut zumindest zwei sich jeweils zu einem Ring ergänzenden Formschlusselemente vorgesehen sind, welche sich zur Bildung der Formschlüsse durch die von den Nutpaaren begrenzten Räumen erstrecken.

[0023] Weiter sei bemerkt, dass das hier detailliert beschriebene Schaufelschloss prinzipiell auch bei konventionellen Schaufelträgern, die eine endlose Umfangsnut mit darin sitzenden Schaufeln unter Bildung des Schaufelkranzes aufweisen, wobei in zwei einander gegenseitig zugewandten Seitenflächen der Umfangsnut jeweils ein sich längs der Umfangsnut erstreckender Vorsprung zur Bildung einer Hinterschneidung vorgesehen ist, an derjenigen Umfangsposition, wo die mit den Seitenwänden der Umfangsnut monolithischen Vorsprünge zur Bildung einer Einführöffnung unterbrochen sind, angewendet werden kann, die Seitenflächen jeweils eine erfindungsgemäße Seitennut ausweisen und dort Schlussstifte unter Verwendung des voran beschriebenen Schaufelschlusses eingesetzt sind. Vorteil dieses Schlosses ist die einfache Konstruktion, welche abgesehen von den beiden Schlussstiften lediglich drei Bestandteile umfasst, um die Einführöffnung der Umfangsnut

dauerhaft und zuverlässig zu verschließen.

[0024] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei ergeben sich weitere Vorteile aus der Figurenbeschreibung.

[0025] Es zeigen:

- Figur 1 einen Ausschnitt eines Schaufelkranzes einer axialen Strömungsmaschine einschließlich dessen Schaufelträger,
- Figur 2 den Querschnitt durch die erfindungsgemäße Umfangsnut mit einer darin eingesetzten Schaufel,
- Figur 3 in schematischer Draufsicht drei sich zu einem Ring ergänzende Formschlusselemente,
- Figur 4 einen Ausschnitt auf einen teilweise mit Schaufeln montierten Schaufelkranz in perspektivischer Darstellung,
- Figur 5 einen Ausschnitt des Schaufelkranzes in teils flächiger, teils transparenter Darstellung an der Position einer Einführöffnung,
- Figur 6 ein Schaufelschloss in perspektivischer Darstellung,
- Figur 7 den Ausschnitt des Schaufelkranzes gemäß Figur 5 mit dem in Figur 6 dargestellten, in der Umfangsnut montierten Schaufelschloss,
- Figuren 8,9 den Querschnitt, der durch die Umfangsnut in Analogie zu Figur 2, jedoch mit unterschiedlichen Profilen des Formschlusselementes.

[0026] In allen Figuren sind identische Merkmale mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0027] Figur 1 zeigt einen Schaufelkranz 10 für eine Strömungsmaschine. In Figur 1 ist lediglich ein Abschnitt des Umfangs des Schaufelkranzes 10 perspektivisch dargestellt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich um einen Schaufelkranz eines Axialverdichters. Der Axialverdichter kann bspw. der einer Gasturbine sein.

[0028] An einem Schaufelträger 12, der an seiner nach außen weisenden kreisförmigen Umfangsfläche 14 eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Umfangsnut 16 aufweist, sind eine Vielzahl von Schaufeln 18 befestigt. Jede Schaufel 18 umfasst ein aerodynamisch gewölbtes Schaufelblatt 20 und eine den Strömungspfad des Verdichters lokal begrenzende Plattform 22. Gemäß dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel, ist der Schaufelträger 12 als Radscheibe 13 ausgestaltet. Radial innerhalb der Plattform 22 weist jede Schaufel 18 einen

Schaufelfuß zur Befestigung der Schaufel 18 in der Umfangsnut 16 auf.

[0029] Figur 2 zeigt den Querschnitt durch den Schaufelträger 12 entsprechend der Schnittlinie II-II aus Figur 1. Die Umfangsnut 16 weist einen Nutgrund 24 auf, der über Verrundungen 26 in zwei Seitenflächen 28 übergeht. Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die beiden Seitenflächen 28 parallel zueinander und einander gegenseitig zugewandt. Radial nach außen folgen der Seitenfläche 28 schräg angeordnete Flächen 30 zur Bereitstellung von Freiräumen für die Plattform 22 der Schaufel 18. Die radial nach außen weisende Fläche 14 des Schaufelträgers 12 sowie die nach oben gewandte Fläche 21 der Plattform 22 begrenzen im dargestellten Ausführungsbeispiel den Strömungskanal 32 des nicht weiter dargestellten Verdichters nabenseitig.

[0030] Gemäß dem angegebenen Ausführungsbeispiel ist in jeder Seitenfläche 28 jeweils eine Seitennut 34 mit einer Halbrund-Kontur vorgesehen. Dabei sind beide Seitennuten 34 auf einem identischen Radius angeordnet, bezogen auf eine Maschinenachse 36. Um die Maschinenachse 36 dreht sich der Rotor des Verdichters. Die Abstände der Seitennuten 34 zur Maschinenachse 36 können entgegen dem gezeigten Beispielm auch unterschiedlich groß sein.

[0031] Radial nach innen angrenzend ist an der Plattform 22 der Schaufelfuß 23 der Schaufel 18 angeordnet. Bei Verdichterschaufeln und Dampfturbinenschaufeln sind Schaufelfuß 23, Plattform 22 und Schaufelblatt 20 zumeist als monolithische Einheit durch Schmieden hergestellt. Derartige Schaufeln können aber auch aus dem Vollen gefräst sein. Die Verwendung einer aus Modulen zusammengesetzten Schaufel ist ebenfalls denkbar. Der Schaufelfuß 23 weist an zwei gegenüberliegenden Seitenwänden 25 jeweils eine Fußnut 27 mit Halbrund-Kontur auf. Jede Fußnut 27 ist so angeordnet am Schaufelfuß 23, dass sie im verbauten Zustand einer der beiden Seitennuten 34 unmittelbar gegenüberliegt. Da die Seitennuten 34 sich entlang des gesamten Umfangs der Umfangsnut 16 erstrecken, sind diese ebenso endlos wie die Umfangsnut 16, so dass bei genauer Betrachtung der Schaufelfuß 23, welcher nur eine begrenzte Erstreckung in Umfangsrichtung aufweist, somit auch nur einem Abschnitt der betreffenden Seitennut 34 gegenüberliegen kann. Der betreffende Abschnitt einer der beiden Seitennuten 34 und die diesem Abschnitt gegenüberliegende Fußnut 27 werden gedanklich zu einer Nutpaarung 29 zusammengefasst, welche besagte Nutpaarung 29 im Querschnitt einen in Figur 2 quasi kreisförmigen Raum 31 mantelseitig begrenzen. Da zwischen der Seitenwand 25 des Schaufelfußes 23 und der Seitenfläche 28 der Umfangsnut 16 jedoch ein geringfügiger Spalt vorhanden sein kann, ist dieser bei der Bestimmung des Raumes 31 zu vernachlässigen. Jeder Raum 31 erstreckt sich mithin über eine Länge in Umfangsrichtung, die der Länge der Fußnut 27 in Umfangsrichtung entspricht.

[0032] Der Raum 31 wird durch sogenannte Form-

schlusselemente 33 ausgefüllt. Je Seitenfläche 28 sind zumindest zwei, vorzugsweise drei Formschlusselemente 33 vorgesehen, die sich insgesamt zu einem Ring ergänzen. Wenn die Formschlusselemente 33 sich zu einem Ring ergänzen, sind diese in Umfangsrichtung quasi spielfrei angeordnet, was Verschleiß reduziert. Da die Formschlusselemente 33 jeden Raum 31 mindestens größtenteils, wenn nicht sogar vollständig ausfüllen, ergibt sich ein Formschluss zur Befestigung der Schaufeln 18 in radialer Richtung, bezogen auf die Maschinenachse 36, wodurch die Schaufeln 18 sicher in der Umfangsnut 16 gehalten sind.

[0033] Figur 3 zeigt drei sich zu dem Ring 35 ergänzende Formschlusselemente 33. Zwei dieser Formschlusselemente 33 weisen die identische Bogenlänge auf und erstrecken sich über eine Bogenlänge von 176° . Das kürzere der drei Formschlusselemente 33, welches im gezeigten Ausführungsbeispiel auf der 6-Uhr-Position angeordnet ist und als Schlusssstift 37 dient, weist eine vergleichsweise kurze Bogenlänge auf, die so dimensioniert ist, dass sie eine ausreichende Lücke zum Einführen der Schaufelfüße 23 in die Umfangsnut 16 bereitstellt. Zur Montage werden sukzessiv die Schaufeln 18 durch die Lücke in die Umfangsnut 16 (FIG 4) eingesetzt und längs der Umfangsrichtung verschoben, so dass zusehends die Umfangsnut 16 mit Schaufeln 18 bestückt wird.

[0034] Ein bis auf die beiden letzten Schaufeln bestückter Schaufelkranz 10 ist in Figur 4 ausschnittsweise perspektiv dargestellt. Figur 4 zeigt mithin den Schaufelträger 12, die Umfangsnut 16, vier Formschlusselemente 33 und eine Einführöffnung 38 zum radialen Einsetzen der Schaufeln 18 in die Umfangsnut 16. Zur Vervollständigung des Schaufelkranzes 10 sind in die nahezu vollständig beschauelte Umfangsnut 16 noch zwei Schaufeln zu montieren, was in Figur 5 dargestellt ist.

[0035] Figur 5 zeigt teils geschnittener Darstellung die Umfangsnut 16, die Formschlusselemente 33, die Schaufeln 18 und zwei Sonderschaukeln 40, welche zuletzt montiert werden. Beide Sonderschaukeln 40 unterscheiden sich von den bisher dargestellten bzw. montierten Schaufeln 18 lediglich darin, dass diese eine in Umfangsrichtung kürzere Plattform 22 aufweisen als die anderen Schaufeln 18, so dass nach deren Montage trotz vollständigem Schaufelkranz 10 ein Freiraum 42 verbleibt, der mit Hilfe der Schlusssstifte 37 und eines Schaufelschlusses 43 dauerhaft verschlossen werden kann.

[0036] Das zum Verschließen des Freiraums 42 zu verwendende Schaufelschloss 43 ist in Figur 6 dargestellt und umfasst ein Plattformstück 44, ein Klemmstück 46 und eine diese beiden Stücke miteinander verspannende Schraube 48. Zum Verschluss des Freiraums 42 wird zuerst das Klemmstück 46 in die Umfangsnut 16 eingelegt (Figur 7), so dass es vorerst am Nutgrund 24 der Umfangsnut 16 aufliegt. An den beiden Schmalkanten 50 des Klemmstücks 46 ist dieses angefast, damit die danach in die Umfangsnut 16 eingelegten Schlusssstifte 37 sich zumindest teilweise in die Seitennuten 34

einlegen. Anschließend wird der Freiraum 42 von oben durch das Plattformstück 44 verschlossen. Das Plattformstück 44 und das Klemmstück 46 sind mit einander fluchtenden Löchern ausgestattet, wobei das Loch des Klemmstücks 46 ein Innengewinde als Durchgangsgewinde aufweist. Anschließend kann durch die Durchgangsbohrung des Plattformstücks 44 eine Schraube 48 von außen eingesetzt werden, welche in das Durchgangsgewinde des Klemmstücks 46 eingreift. Mit weiterem Zudrehen der Schraube 48 wird das Klemmstück 46 zusehends vom Nutgrund 24 abgehoben und drückt währenddessen einerseits die Schlusssstifte 37 in die jeweils zugehörige Seitennut 34, wobei andererseits gleichzeitig das Plattformstück 44 an die Flächen 30 von außen angepresst wird. Bei ausreichender Vorspannung sind abschließend sowohl Schlusssstifte 37 als auch Klemmstück 46 und Plattformstück 44 sicher miteinander am Schaufelträger 12 verspannt. Danach ist lediglich die Schraube 48 in bekannter Manier gegen Lösen zu sichern, was den Verlust des Schaufelschlusses 43 sicher vermeidet.

[0037] Die Figuren 8 und 9 zeigen den Querschnitt der Umfangsnut 16 analog zur Figur 2, jedoch mit unterschiedlichen Konturen für die Seitennuten 34 und Fußnuten 27.

[0038] Gemäß Figur 8 sind die Konturen der Fußnuten 27 in einem plattformseitigen Abschnitt gekrümmt, an den sich ein gradliniger Abschnitt 51 anschließt. Hierdurch ergibt sich eine schwalbenschwanzförmige Kontur für den Schaufelfuß 23. Die Seitennuten 34 sind in Bezug auf das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 unverändert und somit halbrund. In Bezug auf die Radialrichtung zu Maschinenachse 36 überlappen sich die Fußnuten 27, so dass die Formschlusselemente 33 mit einer Halbrundkontur den Formschluss zur radialen Sicherung der Schaufel 18 herbeiführen können. Gemäß der Definition der Nutpaarung 29 ist der von der Nutpaarung 29 definierte Raum 31 nur teilweise ausgefüllt. Der Querschnitt des Raums 31 ist in Figur 8 durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Diese Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass aufgrund der schwalbenschwanzförmigen Kontur des Schaufelfußes 23 die unter Fliehkraft nach außen strebende Laufschaufel 18 die Formschlusselemente 33 mit großer Kraft in die Seitennuten 34 hineinpresst. Dies gewährleistet einen sicheren Sitz der Formschlusselemente 33 in beiden Nuten 34, 27.

[0039] Gemäß Figur 9 kann anstelle der Halbrundkonturen für die Seitennuten 34 und Fußnuten 27 auch einander komplett gegenüberliegende Nuten 34, 27 (in Figur 9 links dargestellt) mit einer rechteckigen Kontur vorgesehen sein. In diesem Fall weisen die Formschlusselemente 33 eine dazu größtenteils korrespondierende Kontur in Form auf. Im gezeigten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 9 sind dabei die Ecken des Formschlusselements 33 angefast. Da zur Vermeidung von Kerbspannung die Übergänge vom Grund der Seitennut 34 bzw. Fußnut 27 in Seitenflächen bogenförmig übergehen, ist der von den beiden Nuten 27, 34 im Querschnitt

geschlossene Raum auch nur größtenteils und nicht absolut vollständig von den Formschlusselementen 33 ausgefüllt.

[0040] In Fig. 9 rechts dargestellt ist eine besondere Form der Nutpaarung 29, bei der sich die Seitennut 34 und die Fußnut - bezogen auf die Maschinenachse 36 radial nicht überlappen. Dementsprechend ist das zugehörige Formschlusselement 33 im Querschnitt Z-förmig ausgebildet, um die beiden Nuten 27, 34 miteinander zu verhaken.

[0041] Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen. Insbesondere lassen sich die Merkmale unterschiedlicher Ausführungsbeispiele miteinander kombinieren.

Patentansprüche

1. Schaufelkranz (10) für eine Strömungsmaschine, umfassend einen kreisförmigen Schaufelträger (12), entlang dessen Umfang sich eine endlose Umfangsnut (16) mit darin sitzenden Schaufeln (18) unter Bildung des Schaufelkranzes (10) erstreckt, wobei in zwei einander gegenseitig zugewandten Seitenflächen (28) der Umfangsnut (16) jeweils eine endlose Seitennut (34) vorgesehen ist und die Füße (23) der Schaufeln (18) jeweils mittels eines Formschlusses in der Umfangsnut (16) befestigt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Schaufelfuß (23) zwei Fußnuten (27) aufweist, von denen jeweils eine einem Abschnitt einer der beiden Seitennuten (34) unter Bildung einer Nutpaarung (29) gegenüberliegt, und **dass** je Seitennut (34) zumindest zwei sich jeweils zu einem Ring (35) ergänzende Formschlusselemente (33) vorgesehen sind, welche sich zur Bildung der Formschlüsse in die von den Nutpaarungen (29) begrenzten Räume (31) eingreifen.
2. Schaufelkranz (10) nach Anspruch 1, bei dem die Formschlusselemente (33) die Räume (31) zumindest größtenteils bis vollständig ausfüllen.
3. Schaufelkranz (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem jedes Formschlusselement (33) als Rundprofil, als Rechteckprofil oder als abgeflachtes Rundprofil ausgebildet ist und die Querschnittskonturen der Fußnuten (27) und Seitennuten (34) zu dem Profil der Formschlusselemente (33) korrespondieren.
4. Schaufelkranz (10) nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem zumindest drei Formschlusselemente (33) je Seitennut (34) vorgesehen sind.

5. Schaufelkranz (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem je Seitennut (34) zumindest eines der Formschlusselemente (33) als Schlussstift (37) eine Länge in Umfangsrichtung der Umfangsnut (16) aufweist, die etwa der Umfangserstreckung des Schaufelfußes (23) der zuletzt eingesetzten Schaufel (18) entspricht und bei dem die Schlussstifte (37) an der gleichen Umfangsposition angeordnet sind.
6. Schaufelkranz (10) nach Anspruch 5, bei dem in der Umfangsnut (16) zwischen zwei Schaufeln (18) ein Schaufelschloss (43) an derjenigen Umfangsposition befestigt ist, an dem die beiden Schlussstifte (37) angeordnet sind.
7. Schaufelkranz (10) nach Anspruch 6, bei dem das Schaufelschloss (43) ein plattenförmiges Klemmstück (46) mit einem Durchgangsgewinde, ein Plattformstück (44) mit einer gestuften oder angefasten Durchgangsbohrung und eine diese beiden Stücke verspannende Schraube (48) umfasst, wobei im verspannten Zustand das Klemmstück (46) die beiden Schlussstifte (37) in die jeweilige Seitennut (34) und das Plattformstück (44) sich an die Umfangsnut (16) presst.
8. Gasturbine, Dampfturbine oder Verdichter mit einem Leitschaufelkranz und/oder Laufschaufelkranz ausgebildet als Schaufelkranz (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.
9. Verfahren zum Montieren von Schaufeln (18) eines Schaufelkranzes (10) in einer endlosen Umfangsnut (16) eines kreisförmigen Schaufelträgers (12), umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen des Schaufelträgers (12) mit einer endlosen Umfangsnut (16) mit zwei einander gegenseitig zugewandten Seitenflächen (28), in denen jeweils eine endlose Seitennut (34) vorgesehen ist,
 - Bereitstellen von Schaufeln (18) mit jeweils einem Schaufelfuß (23), welcher an zwei gegenüberliegenden Seitenwänden (25) jeweils eine Fußnut (27) aufweist, die derart am Schaufelfuß (23) angeordnet sind, dass sie im verbauten Zustand der Schaufeln (18) jeweils einem Abschnitt einer der Seitennuten (34) gegenüberliegen,
 - Bereitstellen eines Schaufelschlusses (43),
 - für jede Seitennut (34) das Bereitstellen von zumindest zwei insgesamt ringförmigen Formschlusselementen (33), wonach der Zusammenbau zu einem Schaufelkranz (10) erfolgt durch
 - a) Einsetzen von zwei Formschlusselemen-

ten (33) in beide Seitennuten (34) an gleicher Umfangsposition der Umfangsnut (16),

b) wiederholtes Einsetzen einer der Schaufeln (18) in die Umfangsnut (16) an einer Umfangsposition, in der keine Formschlusselemente (33) vorhanden sind, und Verschieben der betreffenden Schaufel (18) in eine Umfangsposition mit Formschlusselementen (33), bis die betreffenden Formschlusselemente (33) beschaufelt sind,

c) Wiederholen der Schritte a) und b), bis alle Schaufeln (18) des Schaufelkranzes (10) montiert sind,

d) Montieren des Schaufelschlosses (43) und derjenigen Formschlusselemente (33), mit denen die Ringform (35) der Formschlusselemente (33) vervollständigt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, durchgeführt unter Verwendung eines Schaufelkranzes (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

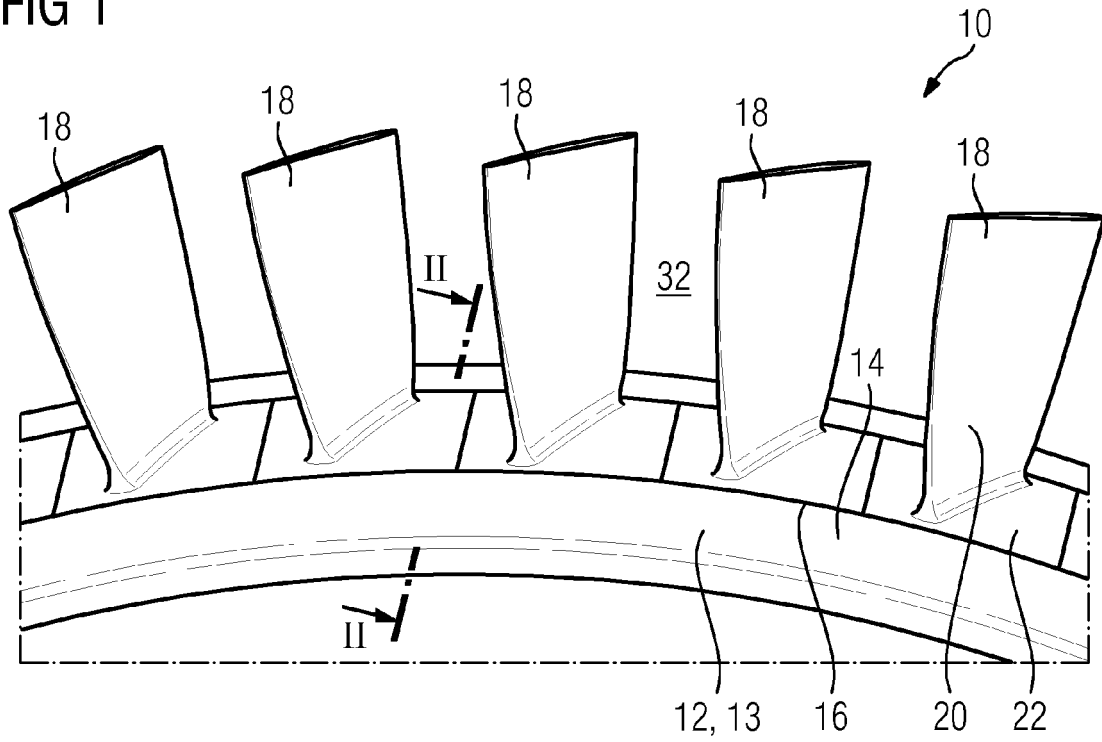


FIG 2

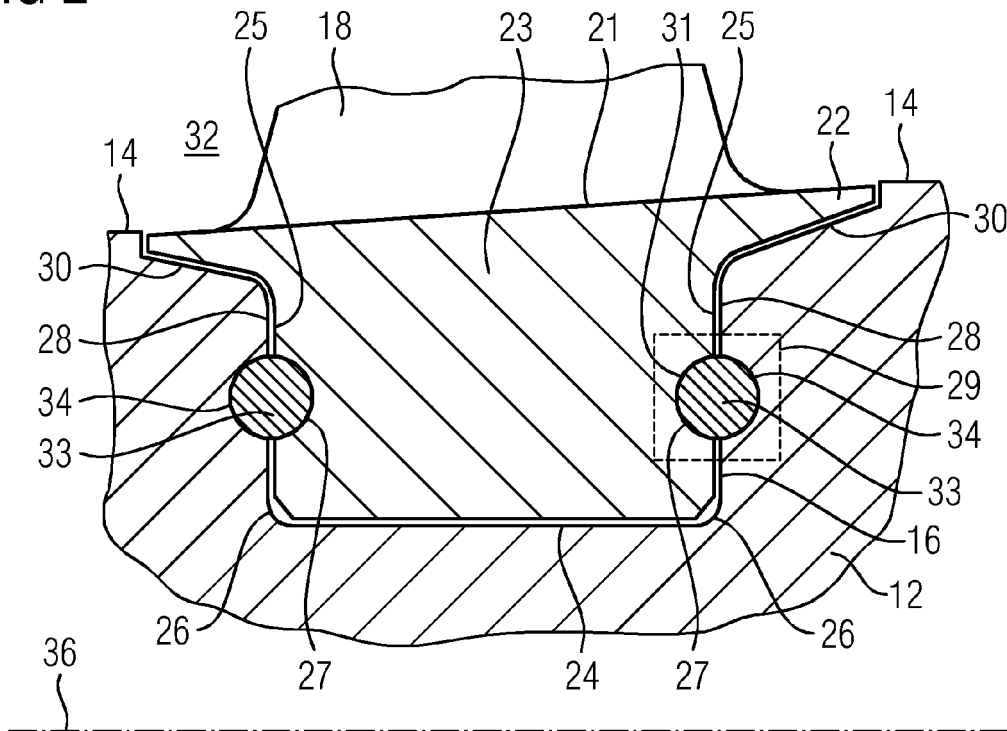


FIG 3

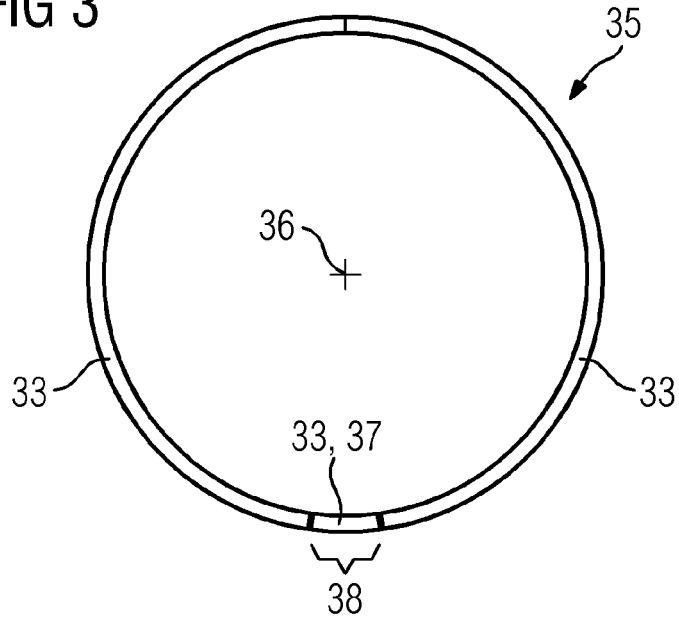


FIG 4

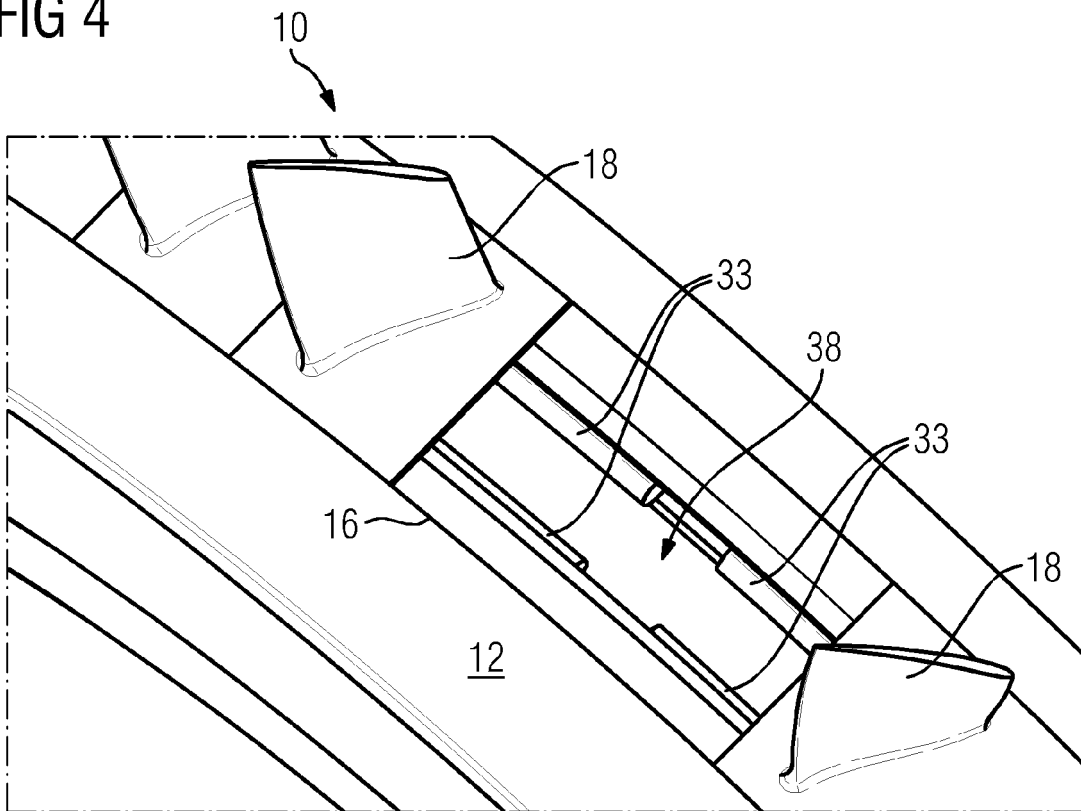


FIG 5

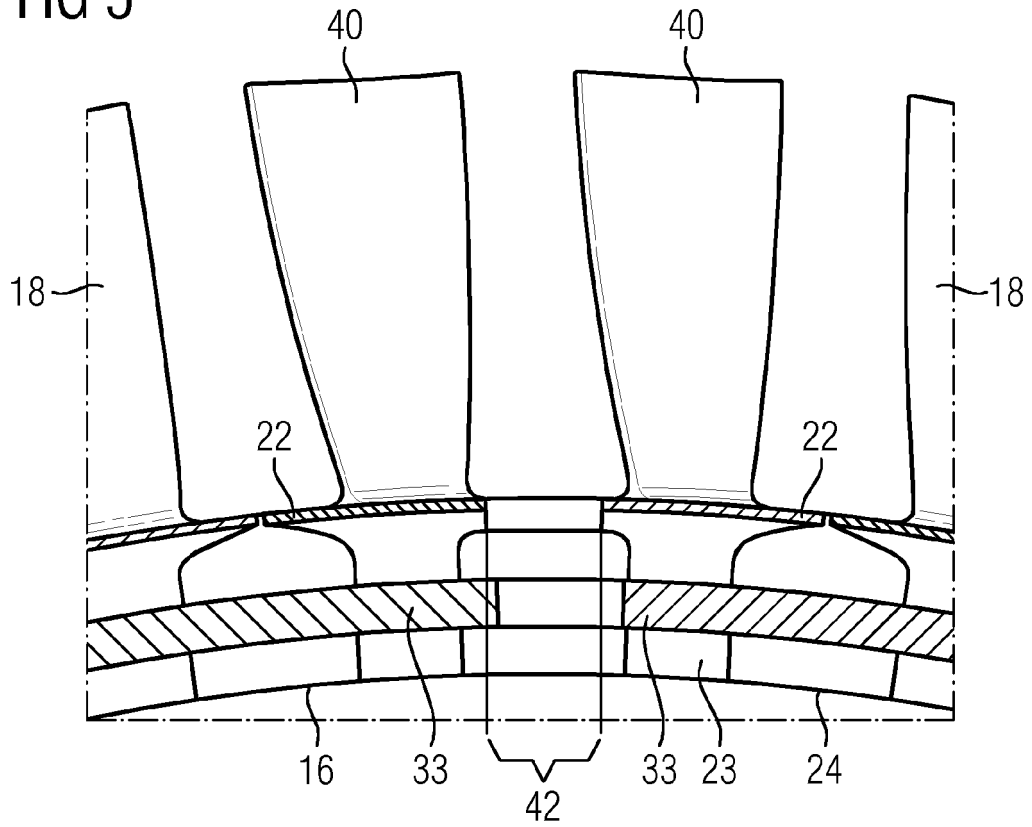


FIG 6

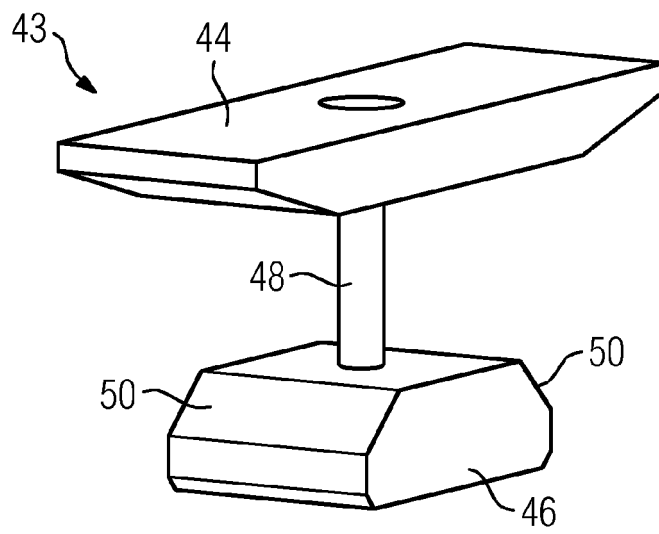


FIG 7

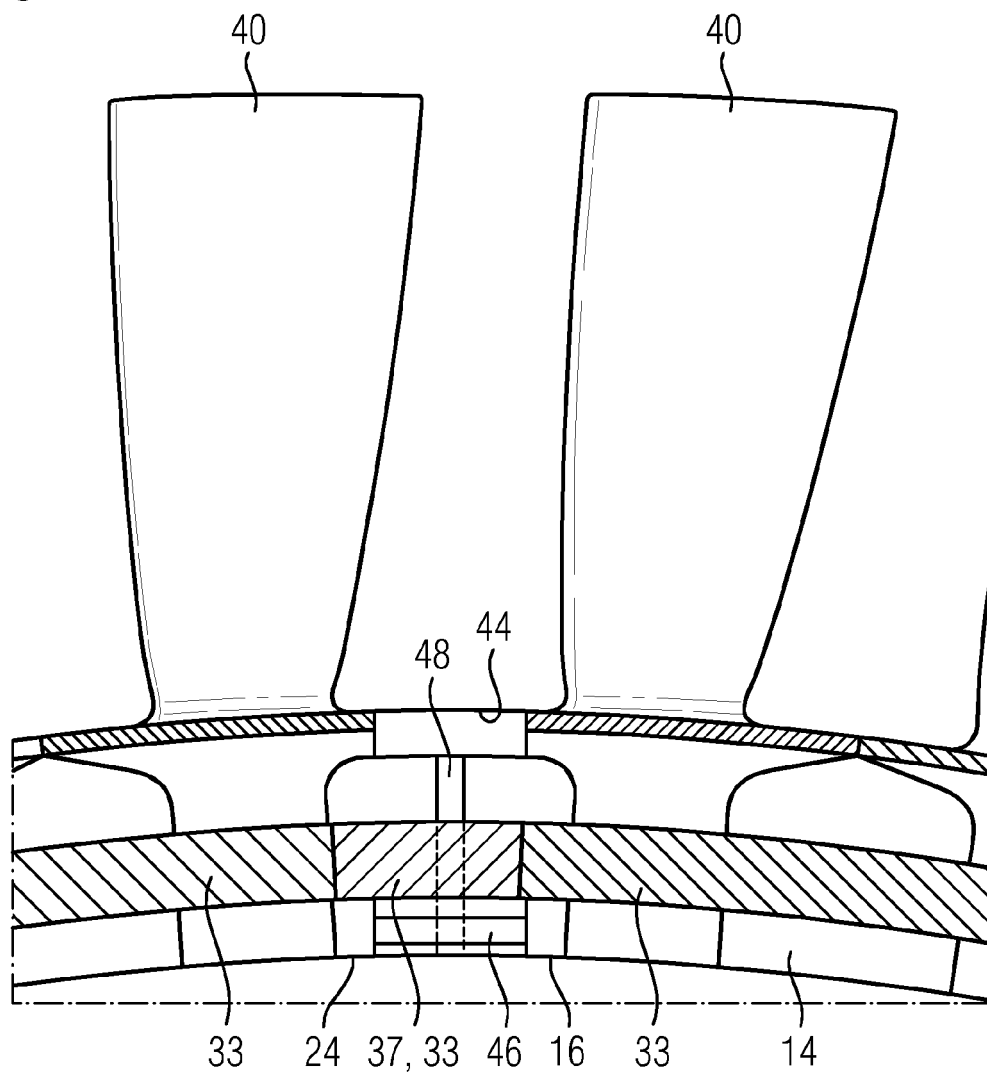


FIG 8

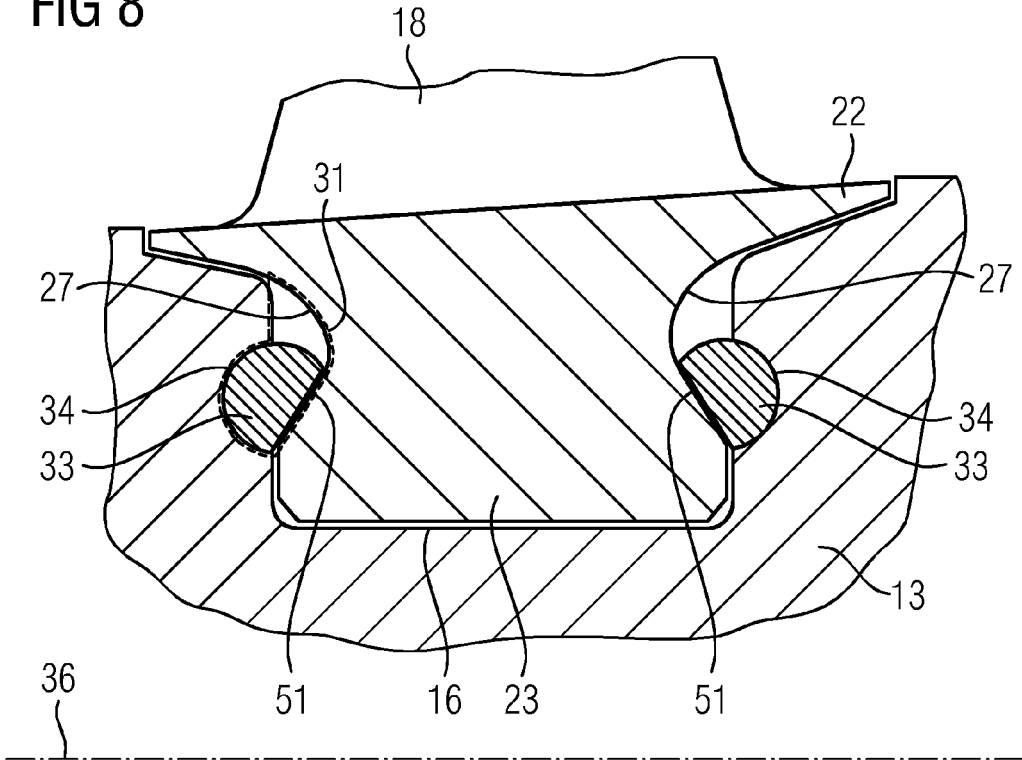
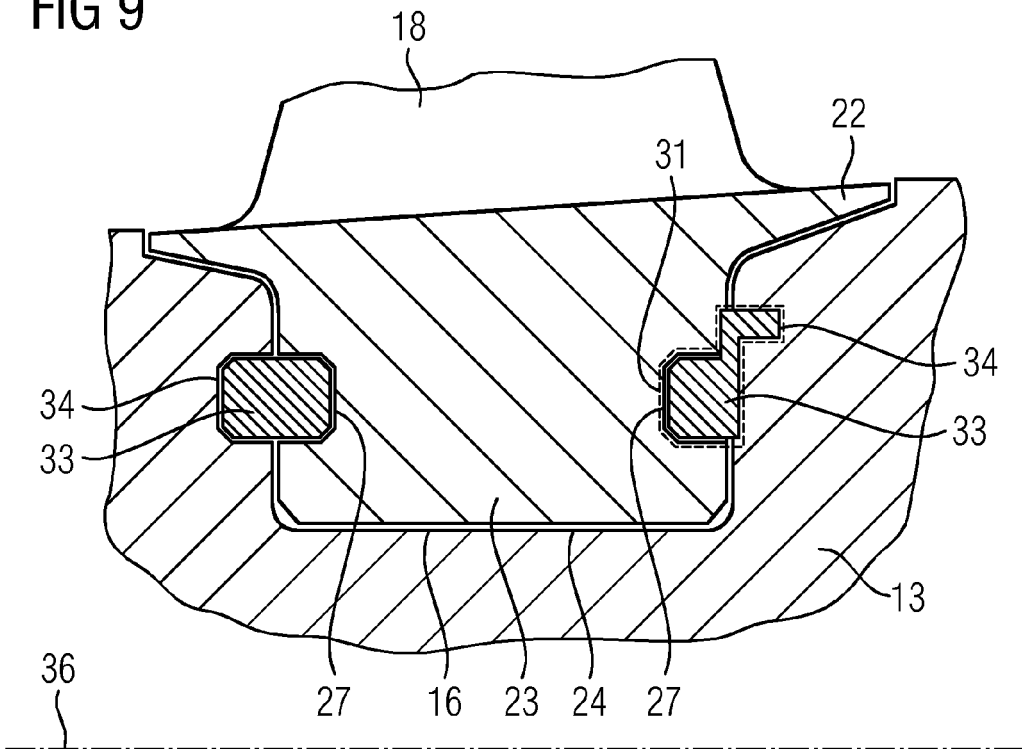


FIG 9





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 19 9052

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	EP 2 022 944 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11. Februar 2009 (2009-02-11)	1-6,8-10	INV. F01D5/30
Y	* Spalte 1, Absatz 3 - Spalte 6, Absatz 20; Abbildungen 1-5 *	7	F01D5/32

X	FR 1 484 321 A (ASS ELECT IND) 9. Juni 1967 (1967-06-09)	1-4	
	* Seite 3, Zeile 3 - Seite 4, Zeile 8; Abbildungen 1-4 *		

A	DE 103 46 263 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD BADEN [CH]) 28. April 2005 (2005-04-28)	3	
	* Abbildungen 3-5 *		

Y,D	US 3 088 708 A (FEINBERG SEYMOUR J) 7. Mai 1963 (1963-05-07)	7	
	* das ganze Dokument *		

A	US 2 317 338 A (RYDMARK JOSEF A) 20. April 1943 (1943-04-20)	1	
	* Seite 2, Zeile 12 - Seite 2, Zeile 35; Abbildungen 1-3 *		

A	US 2 430 140 A (PHELAN ARTHUR J ET AL) 4. November 1947 (1947-11-04)	1	
	* Spalte 2, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 9; Abbildungen 1-3 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Mai 2014	Prüfer Rau, Guido
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 (P04C03)

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

EP 13 19 9052

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.

20-05-2014

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2022944 A1	11-02-2009	KEINE	
FR 1484321 A	09-06-1967	KEINE	
DE 10346263 A1	28-04-2005	KEINE	
US 3088708 A	07-05-1963	KEINE	
US 2317338 A	20-04-1943	KEINE	
US 2430140 A	04-11-1947	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3088708 A [0005]
- US 2421855 A [0005]