

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 521 565 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.08.2019 Patentblatt 2019/32

(51) Int Cl.:
F01D 5/22 (2006.01)

F01D 5/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 18154351.3

(22) Anmeldetag: 31.01.2018

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD TN

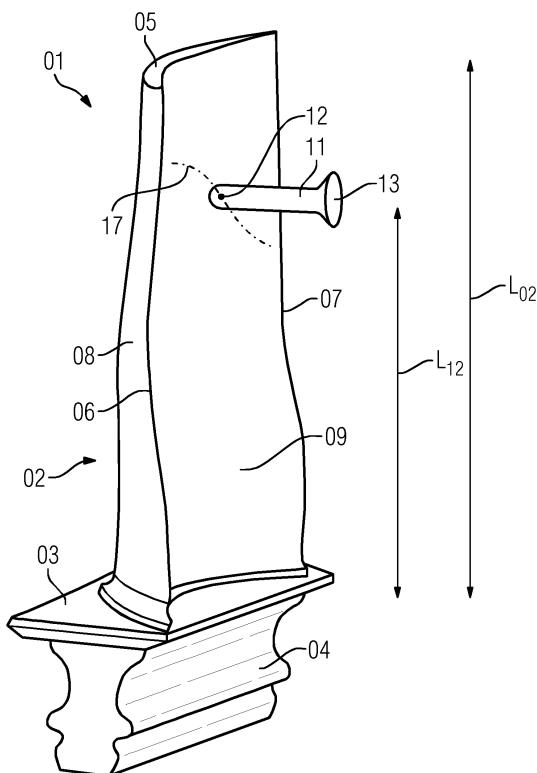
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Hüls, Matthias
49479 Ibbenbüren (DE)**

(54) **TURBINENSCHAUFEL MIT STABILISIERUNGSELEMENT UND ZUGEHÖRIGER ROTOR**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (01) zur Verwendung bei einer Gasturbine mit einem Schaufelfuß (04) und mit einer sich an den Schaufelfuß (04) anschließenden Schaufelplattform (03) und mit einem sich von der Schaufelplattform (03) radial auswärts erstreckenden Schaufelblatt (02). Das Schaufelblatt (02) weist eine konvexe gewölbte Außenseite (08) und eine konkav gewölbte Innenseite (09) auf erstreckt sich über eine Schaufellänge (L_{02}) von der Schaufelplattform (03) bis zu einem freien Blattende (05). Weiterhin weist das Schaufelblatt (02) eine ungekoppelte Eigenform zweiter Biegeschwingungen mit einer Biegeknotenlinie (17) auf. An der Außenseite (08) und/oder der Innenseite (09) ist im mittleren Bereich ein sich seitlich erstreckendes Stabilisierungselement (11) angeordnet. Das Stabilisierungselement (11) ist in einem unteren Abstand (L_{12}) von minimal der 0,65-fachen und maximal der 0,85-fachen Schaufellänge (L_{02}) und/oder mit einem Abstand von maximal der 0,05-fachen Schaufellänge (L_{02}) von der Biegeknotenlinie (17) auf der zur Schaufelplattform (03) weisenden Seite und maximal der 0,25-fachen Schaufellänge (L_{02}) von der Biegeknotenlinie (17) auf der zum Blattende (05) weisenden Seite positioniert.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel mit einem Schaufelfuß, einer Schaufelplattform sowie einem sich daran anschließendes Schaufelblatt, wobei am Schaufelblatt im radial äußeren Drittel ein Stabilisierungselement zur Begrenzung von Schwingungsbewegungen angeordnet ist. Weiterhin betrifft die Erfindung einen Rotor mit einer entsprechenden Turbinenschaufel.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Anordnungen von Turbinenschaufeln mit Stabilisierungselementen bekannt. So offenbarte beispielsweise die EP 2 513 426 B1 einen Rotor zur Verwendung bei einer Gasturbine mit Turbinenschaufeln, welche Stabilisierungselemente zur Schwingungsdämpfung bzw. zur Begrenzung von Verformungen der Turbinenschaufeln aufweisen. Hierzu erstrecken sich vom Schaufelblatt ausgehend seitlich ab stehend jeweils Stabilisierungselemente, wobei die Stabilisierungselemente von zwei benachbarten Turbinenschaufeln am freien Ende einander gegenüberliegende Endflächen aufweisen, welche beim Betrieb der Gasturbine aneinander zur Anlage kommen und eine Torsionsverformung der Turbinenschaufeln begrenzen sowie Schwingungen in den Turbinenschaufeln dämpfen.

[0003] Weitere Ausführungsformen von Rotoren Mitte zwischen den Turbinenschaufeln angeordneten Stabilisierungselementen sind beispielsweise aus der WO 2017/184138 A1 sowie aus der US 2017/0058681 A1 bekannt. Hierbei wird unter anderem vorgeschlagen, zwischen denen Turbinenschaufeln ein Stabilisierungselement zu montieren, wobei an der Turbinenschaufel hierzu jeweils entsprechende Aufnahmen vorhanden sind.

[0004] Wenngleich mit der bekannten Stabilisierungselementen an Turbinenschaufeln eine entsprechende Verbesserung hinsichtlich der Verformung bzw. des Schwingungsverhaltens erzielt wird, besteht unvermindert die Forderung nach einer Verbesserung des Stabilisierungseffektes.

[0005] Die gestellte Aufgabe wird durch erfindungsgemäße Ausführungsformen nach der Lehre des Anspruchs 1 und Anspruch 3 gelöst. Ein erfindungsgemäßer Rotor ist im Anspruch 16 angegeben. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0006] Die gattungsgemäße Turbinenschaufel dient zur Verwendung bei einer Strömungsmaschine. Um welche Art von Maschine es sich hierbei handelt ist zunächst unerheblich. Besonders vorteilhaft ist der Einsatz einer entsprechenden Turbinenschaufel als Bestandteil eines Rotors bei einer Gasturbine. Die Turbinenschaufel weist hierbei einen Schaufelfuß zur Befestigung der Turbinenschaufel in einem Rotor auf. An den Schaufelfuß schließt sich eine sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung und axial erstreckende Schaufelplattform an. Ausgehend von der Schaufelplattform erstreckt sich in radialer Richtung das Schaufelblatt über eine Schaufellänge bis zu einem

freien Blattende des Schaufelblattes. Die genaue Formgebung des Schaufelblattes ist zunächst unerheblich, wobei das Schaufelblatt zumindest von einer Anströmkante an einem axialen Ende des Schaufelblattes zu einer Abströmkante am axial gegenüberliegenden Ende des Schaufelblattes eine gewölbte Formgebung aufweist. Hierbei weist das Schaufelblatt zwischen Anströmkante und Abströmkante eine konkav gewölbte Innenseite und eine konvexe gewölbte Außenseite auf.

[0007] Bei einer Schwingungsanregung der am Schaufelfuß befestigten Turbinenschaufel weist dieses verschiedene Eigenformen auf. Die Eigenformen werden hierbei betrachtet ohne eine weitere Stabilisierung oder Abstützung der Turbinenschaufel. Bei den Eigenformen handelt es sich einerseits um eine Biegung in Umfangsrichtung, d.h. um Biegeschwingungen, und andererseits beispielsweise um Verformungen um eine radiale Achse, d.h. um Torsionsschwingungen. Betrachtet werden im Weiteren die Biegeschwingungen bei einer Festlegung der Turbinenschaufel am Schaufelfuß. Bezeichnet werden diese Schwingungen als ungekoppelte Eigenform der Biegeschwingungen. Die ungekoppelte Eigenform erster Biegeschwingungen zeigt eine zunehmende Amplitude der Biegeschwingungen ausgehend vom Schaufelfuß zum Blattende. In einer weiteren Resonanz tritt die ungekoppelte Eigenform zweiter Biegeschwingungen auf, bei der die Amplitude der Biegeschwingungen, d.h. die Verformung in Umfangsrichtung, ausgehend vom Schaufelfuß zunächst größer wird um im folgenden Verlauf, in der Regel oberhalb der halben Schaufellänge, wieder abzunehmen und ein Minimum aufzuweisen, wobei im weiteren Verlauf zum Blattende hin die Amplitude wiederum zunimmt. Dieses Minimum zwischen der Anströmkante und der Abströmkante wird als Biegeknotenlinie der ungekoppelten Eigenform zweiter Biegeschwingungen bezeichnet. Die Biegeknotenlinie kann hierbei sowohl rechnerisch anhand eines CAD-Modells, d.h. bei Erstellung eines Finite-Elemente-Modells aus dem CAD-Modell, berechnet werden als auch in Schwingungsversuchen ermittelt werden.

[0008] Die gattungsgemäße Turbinenschaufel weist zur Stabilisierung zumindest ein Stabilisierungselement auf, welche sich hierbei vom Schaufelblatt ab stehend, d.h. seitlich erstreckt. Entsprechend ist das Stabilisierungselement auf der Innenseite oder der Außenseite des Schaufelblattes angeordnet. In üblicher Ausführungsform befindet sich ein Stabilisierungselement sowohl auf der Innenseite als auch gegenüberliegend auf der Außenseite des Schaufelblattes. Zumindest ist das Stabilisierungselement an einer Elementposition im mittleren Bereich zwischen der Anströmkante und der Abströmkante angeordnet. Die Elementposition ist hierbei die Mitte des Stabilisierungselementes in der Innenseite bzw. der Außenseite des Schaufelblattes. Die Elementposition ist hierbei mit einem unteren Abstand von der Schaufelplattform entfernt angeordnet.

[0009] Erfindungsgemäß wird eine Verbesserung des Stabilisierungseffektes in einer ersten Ausführungsform

erreicht, wenn das Stabilisierungselement mit einem unteren Abstand von zumindest dem 0,65-fachen der Schaufellänge und maximal mit einem unteren Abstand des 0,85-fachen der Schaufellänge angeordnet ist. In diesem Bereich verbessert sich deutlich der stabilisierende Effekt gegenüber einer Anordnung am Blattende oder in der Mitte des Schaufelblattes.

[0010] Besonders vorteilhaft ist es hierbei, wenn der untere Abstand minimal der 0,7-fachen Schaufellänge entspricht. Weiterhin esse besonders vorteilhaft, wenn der untere Abstand maximal der 0,8 fachen Schaufellänge entspricht.

[0011] Eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform wird geschaffen, wenn die Elementposition in Abhängigkeit von der Biegeknotenlinie festgelegt wird. Hierzu wird das Stabilisierungselement in einem Bereich angeordnet, welcher festgelegt wird durch eine Elementposition einerseits auf der zu Schaufelplattform weisenden Seite der Biegeknotenlinie und andererseits auf einer zum Blattende weisenden Seite. Der Abstand der Elementposition von der Biegeknotenlinie auf der zu Schaufelplattform weisenden Seite darf hierbei maximal der 0,05-fachen Schaufellänge entsprechen. Auf gegenüberliegende Seite der Biegeknotenlinie darf der Abstand hierbei maximal der 0,25-fachen Schaufellänge betragen. D.h., dass das Stabilisierungselement ungefähr auf der Biegeknotenlinie oder geringfügig oberhalb der Biegeknotenlinie anzuordnen ist.

[0012] Durch diese vor der Anordnung des Stabilisierungselement in Abhängigkeit von der Biegeknotenlinie wird eine besonders vorteilhafte Stabilisierung des Schaufelblattes erreicht.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn das Stabilisierungselement mit einer Elementposition knapp oberhalb der Biegeknotenlinie positioniert wird. Hierzu beträgt der Abstand der Elementposition von der Biegeknotenlinie auf der zum Blattende weisenden Seite minimal die 0,05-fache Schaufellänge. Weiterhin ist es besonders vorteilhaft, wenn die Elementposition in maximal der 0,15-fachen Schaufellänge von der Biegeknotenlinie entfernt auf der zum Blattende weisenden Seite angeordnet ist. In diesem vorteilhaften Bereich zur Anordnung der Elementposition und somit des Stabilisierungselement wird die bestmögliche Stabilisierung erzielt.

[0014] Die Anordnung des Stabilisierungselement zwischen der Anströmkante und der Abströmkante im mittleren Bereich erfolgt in einer ersten Variante vorteilhaft mit einer Elementposition in der Mitte zwischen der Anströmkante und der Abströmkante mit einer maximalen Abweichung von 10% der Schaufelbreite, gemessen an der Elementposition.

[0015] In einer zweiten Variante wird die Elementposition an der Position der größten Schaufeldicke zwischen der Innenseite und der Außenseite einer maximalen Abweichung von 10% der Schaufelbreite, gemessen an der Elementposition, angeordnet. Bei vorteilhafter Anordnung eines Stabilisierungselement auf der Innenseite und eines Stabilisierungselement auf der Außenseite bei

gegenüberliegender Anordnung der Stabilisierungselemente befindet sich in diesem Sinne die vorteilhafte Elementposition in axialer Richtung betrachtet im Mittelpunkt der Verbindungsleitung zwischen Innenseite und Außenseite am Ort der größten Dicke des Schaufelblattes.

[0016] In einer dritten Variante wird zur Festlegung der Elementposition die Wölbung der Innenseite bzw. der Außenseite betrachtet, wobei in vorteilhafter Weise die Elementposition in dem Punkt festgelegt wird, bei der sich eine Normale, d.h. eine Senkrechte, auf die Innenseite bzw. die Außenseite - betrachtet in einem tangential-axialen Schnitt durch das Schaufelblatt - an der Elementposition in tangentialer Richtung erstreckt. Hierbei wird eine Abweichung der Elementposition bis zu 10% der Schaufelbreite als innerhalb der vorteilhaften Ausführung angesehen.

[0017] Die seitliche Ausrichtung des Stabilisierungselement erfolgt in vorteilhafter Weise ungefähr Normal, d.h. Senkrecht, zur Innenseite bzw. Außenseite sowie ungefähr tangential. Hierzu wird das Stabilisierungselement in einer ersten vorteilhaften Ausführungsform im Wesentlichen Normal zu Innenseite bzw. Außenseite betrachtet in der Elementposition ausgerichtet, wobei eine Abweichung von 10° als innerhalb der vorteilhaften Ausführungsform angesehen wird. Besonders vorteilhaft ist es hierbei, wenn die Abweichung maximal 5° beträgt. Weiterhin ist es besonders vorteilhaft, wenn das Stabilisierungselement ausgehend von einer Normalen auf die Innenseite bzw. Außenseite zur Rotorachse weisend geneigt ist.

[0018] In einer zweiten vorteilhaften Ausführungsform wird der Stabilisierungselement im Wesentlichen tangential ausgerichtet, wobei ebenso eine Abweichung von 10° als innerhalb der vorteilhaften Ausführungsform angesehen wird. Besonders vorteilhaft ist es ebenso, wenn die Abweichung maximal 5° beträgt. Analog ist es besonders vorteilhaft, wenn das Stabilisierungselement ausgehend von einer Normalen auf die Innenseite bzw. Außenseite zur Rotorachse weisend geneigt ist.

[0019] Eine wesentliche Optimierung des Stabilisierungseffektes wird erzielt, wenn das Stabilisierungselement an seinem freien Ende besonders vorteilhaft gestaltet wird. Dieses ist gegeben, wenn eine Endfläche am freien Ende des Stabilisierungselemente eine größere Erstreckung in radialer Richtung als in axialer Richtung aufweist. Hierzu weist die Endfläche eine radiale Erstreckung auf, welche zumindest der 1,2-fachen Erstreckung in axialer Richtung (unabhängig von einer Schrägstellung der Endfläche gegenüber einer Mittelebene durch die Rotorachse um eine radiale Richtung gekippt) entspricht. Besonders vorteilhaft ist es hierbei, wenn die Abmessung in radialer Richtung zumindest in der 1,7-fachen Abmessung in axialer Richtung entspricht. In vorteilhafter Weise wird die Endfläche in Form einer Ellipse ausgeführt.

[0020] Sofern die Endfläche um eine radiale Richtung um einen Kontaktwinkel gedreht gegenüber einer Mittelebene, gebildet von der radialen Richtung und der Ro-

torachse, angeordnet ist, so weist die Endfläche in einer Richtung senkrecht zur radialen Richtung in der Endfläche liegend eine größere zweite Abmessung als die Abmessung in axialer Richtung auf. Hierbei gilt in vorteilhafter Weise, dass die Abmessung der Endfläche in radialer Richtung zumindest der 1,2-fachen Abmessung der Endfläche in einer zur radialen Richtung senkrechten zweiten Richtung entspricht. Besonders vorteilhaft ist es wenn die Abmessung in radialer Richtung zumindest der 1,7-fachen Abmessung einer hierzu senkrechten zweiten Richtung entspricht.

[0021] Durch diese besondere Formgebung der Endfläche wird auf einfache Weise eine weitere Reduzierung von insbesondere Biegeschwingungen erreicht.

[0022] Zur Vermeidung eines unnötigen Strömungswiderstandes wird das Stabilisierungselement in besonders vorteilhafter Weise stromlinienförmig ausgeführt. Zumindest ist es vorteilhaft, wenn das Stabilisierungselement in einem Strömungsquerschnitt kreisförmig ausgeführt wird. Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die radiale Abmessung des Strömungsquerschnitts kleiner oder gleich groß wie die axiale Abmessung des Strömungsquerschnitts ist. Dabei sollte sich in vorteilhafter Weise der Strömungsquerschnitt über zumindest 50 % der Länge des Stabilisierungselement erstrecken. Besonders vorteilhaft ist es, wenn sich der Strömungsquerschnitt über zumindest 80 % der Länge des Stabilisierungselement erstreckt.

[0023] Wengleich das Stabilisierungselement im Strömungsquerschnitt stromlinienförmig ausgeführt ist und hierbei die axiale Erstreckung um beispielsweise das 1,5-fache oder 2-fache größer als die radiale Abmessung ausgeführt ist, so ist es dennoch von Vorteil, wenn das Stabilisierungselement in der Befestigung an der Außenseite respektive an der Innenseite der Schaufelblatts mit einem Befestigungsquerschnitt sowohl eine radiale Abmessung als auch eine axiale Abmessung von maximal dem 1,3-fachen der radialen Abmessung des Strömungsquerschnitts aufweist. In besonders vorteilhafter Weise beträgt sowohl die radiale Abmessung als auch die axiale Abmessung des Befestigungsquerschnitts maximal das 1,1-fache der radialen Abmessung des Strömungsquerschnitts.

[0024] Weiterhin ist besonders vorteilhaft, wenn eine Endfläche am freien Ende des Stabilisierungselementen um eine radiale Richtung geschwenkt in einem Kontaktwinkel zur Längsmittellebene angeordnet ist. Die Längsmittellebene definiert sich hierbei als Ebene gebildet aus der Rotorachse, bzw. der axialen Richtung, und der radialen Richtung. Dabei ist vorteilhaft der Kontaktwinkel zwischen 15° und 60° gewählt. In besonders vorteilhafter Weise beträgt der Kontaktwinkel zwischen 30° und 50°.

[0025] In üblicher Weise wird vorteilhaft die Turbinenschaufel sowohl mit der Schaufelplattform als auch mit dem Schaufelblatt ebenso geneigt zur Längsmittellebene angeordnet. Hierbei definiert sich ein Anstellwinkel als Winkel zwischen einer Verbindungsline von der Anströmkante zur Abströmkante und der Längsmittellebe-

ne. Die besonders vorteilhafte Schrägstellung der Endfläche wird hierbei derart ausgeführt, dass der Kontaktwinkel entgegengesetzt zum Anstellwinkel orientiert ist.

[0026] Das Stabilisierungselement als Bestandteil der 5 Turbinenschaufel kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden. Hierzu wird in einer ersten Ausführungsform das Stabilisierungselement einstimmig mit dem Schaufelblatt verbunden.

[0027] In einer zweiten Ausführungsform ist es weiterhin möglich, das Stabilisierungselement zweiteilig auszuführen. Hierbei besitzt das Stabilisierungselement einen Stabilisierungskern, welcher hierbei wiederum analog vorheriger Ausführungsform ein Stück Kick mit dem Turbinenblatt gebildet wird. Auf den Stabilisierungskern

10 ist hierbei eine Stabilisierungshülle montiert oder wird beispielsweise in einem Verfahren der additiven Fertigung auf den Stabilisierungskern aufgebracht. In diesem Fall bildet der Stabilisierungskern den Befestigungsquerschnitt, während demgegenüber der Strömungsquerschnitt 15 sowie die Endfläche von der Stabilisierungshülle gebildet wird.

[0028] In einer dritten Ausführungsform ist es denkbar, das Stabilisierungselement insgesamt als montiertes Bauteil vorzusehen. In diesem Fall weist das Schaufelblatt 20 eine das Schaufelblatt durchdringende Aufnahme auf, in der ein Stabilisierungskern eingesetzt ist, wobei der Stabilisierungskern hierzu in besonders vorteilhafter Weise als ein Bauteil zur Bildung von zwei gegenüberliegenden Stabilisierungselementen eingesetzt wird.

25 Analog vorherigem Ausführungsbeispiel ist auf dem Stabilisierungskern beidseitig des Schaufelblattes eine Stabilisierungshülle aufgebracht.

[0029] Neben einer verbesserten erfindungsgemäßen Ausführungsform des Stabilisierungselementes weist 30 weiterhin ebenso in vorteilhafter Weise das Schaufelblatt eine bestimmte Formgebung auf. Hierzu werden drei verschiedene Querschnitte mit einer tangential-axial ausgerichteten Schnittebene betrachtet. Der erste Querschnitt liegt hierbei am zur Schaufelplattform weisenden Ende 35 des Schaufelblattes. Eine gegebenenfalls vorhandene Abrundungsradius am Fuße des Schaufelblattes wird hierbei vernachlässigt. Als nächstes wird der Querschnitt an der Elementposition, das heißt an der Position des Stabilisierungselement, betrachtet. Das Blattende als 40 freies Ende der Schaufelblattes stellt den dritten Querschnitt dar.

[0030] Hierbei weist das Schaufelblatt ein vorteilhaftes 45 Verhältnis einer Breite des Schaufelblattes von der Anströmkante zur Abströmkante auf. Eine erste Breite des Schaufelblattes befindet sich an der Schaufelplattform. Die zweite Breite befindet sich an der Elementposition. Das Blattende bestimmt hierbei die dritte Breite. In vorteilhafter Weise weist die zweite Breite maximal die 0,5-fache erste Breite auf. In besonders vorteilhafter Weise 50 wird die zweite Breite auf die 0,3-fache erste Breite beschränkt.

[0031] Hierbei wird weiterhin in vorteilhafter Weise die 55 dritte Breite am Blattende mit minimal der 0,7-fachen

zweiten Breite ausgeführt. Besonders vorteilhaft ist es hierbei, wenn die dritte Breite zumindest in der 0,9-fachen zweiten Breite entspricht.

[0032] Weiterhin wird das Schaufelblatt durch seine Dicke von der Innenseite zur Außenseite gekennzeichnet. Bei dieser Betrachtung wird im jeweiligen Querschnitt als Dicke die maximale Entfernung von der Innenseite zur Außenseite gewählt. Entsprechend befindet sich eine erste Dicke des Schaufelblattes an der Schaufelplattform, die zweite Dicke im Querschnitt an der Elementposition und die dritte Dicke am Blattende. Bei der vorteilhaften Ausführung des Schaufelblattes weist die zweite Dicke minimal die 0,8-fache erste Dicke auf. Besonders vorteilhaft es hierbei, wenn die zweite Dicke zumindest der 0,95-fachen ersten Dicke entspricht.

[0033] Hierbei ist es weiterhin vorteilhaft, wenn die dritte Dicke zumindest der 0,8-fachen zweiten Dicke entspricht. In besonders vorteilhafter Ausführungsform wird die dritte Dicke mit minimal der 0,95-fachen zweiten Dicke gewählt.

[0034] Gattungsgemäß ist das Schaufelblatt gewölbt mit der entsprechend konkav gewölbten Innenseite und konvex gewölbten Außenseite ausgeführt. Hieraus ergibt sich im betrachteten Querschnitt eine Wölbung als größten Abstand von einer Tangente, welche von der Anströmseite zur Abströmseite verläuft, zu einer Mittelkurve durch das Schaufelblatt. Die Mittelkurve wird hierbei als diejenige Kurve im Querschnitt angenommen, welche jeweils den gleichen Abstand zu Innenseite und zur Außenseite aufweist. Hierbei befinden sich wiederum die erste Wölbung des Schaufelblattes an der Schaufelplattform, die zweite Wölbung an der Elementposition und die dritte Wölbung am Blattende. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn die zweite Wölbung zumindest der 0,6-fachen ersten Wölbung und maximal der 0,9-fachen ersten Wölbung entspricht.

[0035] Hierbei ist es weiterhin vorteilhaft, wenn die dritte Wölbung ebenso zwischen der 0,6-fachen und der 0,9-fachen zweiten Wölbung gewählt wird.

[0036] Das gattungsgemäß Schaufelblatt sowie die Schaufelplattform sind in aller Regel geneigt zur Rotorachse angeordnet. Im jeweiligen Querschnitt betrachtet gibt es einen Anstellwinkel zwischen einer Verbindungsleitung von der Anströmseite zur Abströmseite und der axialen Richtung. Analog befindet sich der erste Anstellwinkel des Schaufelblattes an der Schaufelplattform, der zweite Anstellwinkel im zweiten Querschnitt an der Elementposition und der dritte Anstellwinkel am Blattende. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn der erste Anstellwinkel zwischen 5° und 25° beträgt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Anstellwinkel mit zumindest 12° aber höchstens 18° gewählt wird.

[0037] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn eine erste Winkeldifferenz zwischen dem zweiten Anstellwinkel und dem ersten Anstellwinkel maximal 12°, besonders vorteilhaft maximal 5°, beträgt.

[0038] Das vorteilhafte Schaufelblatt wird hierbei derartig geformt, dass eine zweite Winkeldifferenz zwischen

dem dritten Anstellwinkel und dem zweiten Anstellwinkel zumindest der 1,25-fachen ersten Winkeldifferenz beträgt. Dabei wird vorteilhaft die zweite Winkeldifferenz mit maximal der 2,5-fachen ersten Winkeldifferenz ausgeführt. In besonders vorteilhafter Weise beträgt die zweite Winkeldifferenz zumindest der 1,6-fachen und maximal der 2-fachen ersten Winkeldifferenz.

[0039] Weiterhin betrifft die Erfindung einen Rotor zur Verwendung bei einer Turbomaschine. Insbesondere eignet sich die Ausführungsform des Rotors zur Verwendung bei einer Gasturbine. Hierbei weist der Rotor zumindest eine Rotorscheibe auf, welche am Umfang verteilt eine Mehrzahl Schaufelhaltenuten aufweist. Diese durchdringen hierbei in axialer Richtung die Rotorscheibe, wobei dessen genaue Ausrichtung und ob die Schaufelhaltenuten linear oder bogenförmig ausgeführt sind, unerheblich ist. Zumindest weist der Rotor eine Mehrzahl an Turbinenschaufeln auf, welche hierbei jeweils mit einem Schaufelfuß in den Schaufelhaltenuten befestigt sind. An den jeweiligen Schaufelfuß schließt sich eine Schaufelplattform an, welche die Rotorscheibe zumindest abschnittsweise überdeckt. Von der Schaufelplattform ausgehend erstreckt sich radial auswärtsweisend das jeweilige Schaufelblatt.

[0040] Ein erfindungsgemäßer Rotor wird realisiert durch Verwendung zumindest einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel gemäß vorheriger Beschreibung.

[0041] In besonders vorteilhafter Weise weist der Rotor mehrere zueinander benachbarte Turbinenschaufeln gemäß vorheriger Beschreibung auf. Hierbei stehen sich jeweils Stabilisierungselemente der benachbarten Turbinenschaufeln mit ihren jeweiligen Endflächen gegenüber. Im Ruhezustand des Rotors ist hierbei jeweils zwischen zwei benachbarten Endflächen ein Spalt zwischen 0,05 mm und 1 mm vorhanden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Spalt zwischen 0,1 mm und 0,5 mm vorhanden ist.

[0042] In den nachfolgenden Figuren wird ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäß Turbinenschaufeln skizziert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Turbinenschaufeln mit seitlich am Schaufelblatt angeordneten Stabilisierungselement;

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Turbinenschaufeln aus Fig. 1 mit zwei sich seitlich erstreckenden Stabilisierungselementen;

Figuren 3-5 Detailansichten zum Stabilisierungselement.

[0043] In der Fig. 1 ist zunächst mal eine gewöhnliche Turbinenschaufeln 01 zu erkennen. Diese 01 weist, wie üblich, einen Schaufelfuß 04 zu Befestigung in einer Rotorscheibe, ein sich daran anschließende Schaufelplattform 03 sowie das sich radial von der Schaufelplattform 03 auswärts erstreckende Schaufelblatt 02 auf. Zu er-

kennen ist die gewölbte Struktur des Schaufelblattes 02 mit einer stromaufwärts liegenden Anströmkante 06 und der stromabwärtsseitigen Abströmkante 07 sowie die konkav gewölbte sich von der Anströmkante 06 zur Abströmkante 07 erstreckende Außenseite 08 und die gegenüberliegende konkav gewölbte Innenseite 09. Das Schaufelblatt 02 erstreckt sich ausgehend von der Schaufelplattform 03 über eine Länge L_{02} bis zum Blattende 05 als freies Ende des Schaufelblattes 02.

[0044] Weiterhin dargestellt ist in der Fig. 1 exemplarisch die Anordnung eines Stabilisierungselement 11 an der Innenseite 09 des Schaufelblattes 02. Das Stabilisierungselement 11 erstreckt sich hierbei seitlich ungefähr in tangentialer Richtung. Weiterhin zu erkennen ist die besondere Formgebung des Stabilisierungselement 11 mit einer elliptischen Endfläche 13, dessen Erstreckung in radialer Richtung größer ist als dessen Ausdehnung senkrecht hierzu.

[0045] Weiterhin schematisch dargestellt ist die Biegeknotenlinie 17, welche sich als Ort kleinster Verformungen bei einer Biegeschwingung oberhalb des Schaufelfußes ergibt. Die Biegeknotenlinie erstreckt sich hierbei von der Anströmkante 06 bis zur Abströmkante 07. Hier rein exemplarisch dargestellt ist die Positionierung des Stabilisierungselementes 11 mit einer Elementposition 12 an der Biegeknotenlinie 17. Hierbei ergibt sich ein Abstand L_{12} von der Schaufelplattform 03 bis zur Elementposition 12.

[0046] Für die Betrachtung verschiedener Geometrieverhältnisse des Schaufelblattes werden 3 verschiedene Querschnitte festgelegt, wobei ein erster Querschnitt durch das Schaufelblatt an der Schaufelplattform 03 angeordnet ist und ein zweiter Querschnitt durch das Schaufelblatt durch die Elementposition verläuft und der dritter Querschnitt durch das Blattende gebildet wird. Die jeweils betrachteten Querschnitt wenn jeweils gebildet durch eine axiale Richtung und eine tangentialer Richtung.

[0047] In der Fig. 2 ist hierzu eine Draufsicht auf die Turbinenschaufeln 01 skizziert. Zu erkennen ist wiederum die Schaufelplattform 03 mit dem sich darauf befindlichen Schaufelblatt 02. Zu erkennen ist die gewölbte Formgebung des Schaufelblattes 02 zwischen der Anströmkante 06 und der Abströmkante 07. Entsprechend ergibt sich die konkav gewölbte Außenseite 08 sowie die gegenüberliegende konkav gewölbte Innenseite 09.

[0048] Das Schaufelblatt 02 weist hierbei charakteristische, sich über den Blattverlauf von der Schaufelplattform 03 zum Blattende 05 verlaufende Geometrieverhältnisse auf. Relevant für die Betrachtung ist unter anderem die Breite B des Schaufelblattes 02 von der Anströmkante 06 bis zur Abströmkante 07. Weiterhin betrachtet wird die größte Dicke D der Schaufelblattes 02 als größter Abstand im jeweils betrachteten Querschnitt von der Außenseite 08 zu Innenseite 09.

[0049] Die gewölbte Formgebung des Schaufelblattes 02 wird durch die Wölbung W beschrieben, welche sich als maximaler Abstand von einer Tangenten an der

Aströmkante 06 und Abströmkante 07 zu einer gedachten Mittellinie durch das Schaufelblatt 02 ergibt. Die gedachte Mittellinie weist hierbei jeweils den gleichen Abstand zur Außenseite 08 sowie zu Innenseite 09 auf. Wie bei Turbinenschaufeln üblich sind die Schaufelplattform 03 sowie der Schaufelblatt 02 geneigt zur Axialrichtung, d.h. der Rotorachse, angeordnet. Bei Betrachtung einer Tangente an das Schaufelblatt 02 an der Anströmkante 06 und der Abströmkante 07 ergibt sich somit ein Anstellwinkel α zwischen der Tangenten und der Achsrichtung.

[0050] Weiterhin zu erkennen ist die Anordnung von 2 gegenüberliegenden Stabilisierungselementen 11, welche sich seitlich zur Außenseite 08 bzw. zur Innenseite 09 in diesem Fall tangential erstrecken. Die Stabilisierungselemente 11 sind hierbei über einen Befestigungsquerschnitt 15 mit dem Schaufelblatt 02 an der Außenseite 08 bzw. Innenseite 09 verbunden. An den Befestigungsquerschnitt 15 schließt sich ein Strömungsquerschnitt 14 an, der 14 wiederum übergehend seine Form änderte zur Endfläche 13.

[0051] Wenngleich in dieser schematischen Skizze die Stabilisierungselemente 11 mit einer Elementposition 12 hinter der geometrischen Mitte zwischen der Anströmkante 06 und der Abströmkante 07 dargestellt wird, so ist eine Position der Stabilisierungselemente 11 in einem Bereich von der Mitte zwischen Anströmkante 06 und Abströmkante 07 bis zum Ort der größten Dicke D des Schaufelblattes 02 zu bevorzugen.

[0052] Weiterhin zu erkennen ist, dass die Endfläche 13 entgegen der geneigten Ausrichtung der Turbinenschaufeln 01 als solches gegenüber der Achsrichtung um einen Kontaktwinkel β geneigt ist. Die Neigung der Endfläche 13 begünstigt insbesondere die Begrenzung einer Torsion des Schaufelblattes 02 im Betrieb der Gasturbine.

[0053] In den nachfolgenden Figuren 3-5 wird exemplarisch ein Stabilisierungselement 11 zum vorherigen Ausführungsbeispiel in 3 verschiedenen Ansichten dargestellt. Zu erkennen ist zunächst einmal die stromlinienförmige Formgebung des Strömungsquerschnitts 14, welcher 14 sich über den größten Teil der Länge des Stabilisierungselementes 11 erstreckt. Unschwer ist zu erkennen, dass bei der stromlinienförmigen Formgebung der Strömungsquerschnitts 14 die radiale Abmessung R_{14} kleiner ist als die axiale Abmessung A_{14} .

[0054] Die Verbindung mit dem Schaufelblatt 02 erfolgt über den Befestigungsquerschnitt 15, dessen 15 Länge auf ein fertigungstechnisches Minimum beschränkt werden kann. Zumaldest ist hier vorgesehen, dass die Breite des Befestigungsquerschnitts 15 in axialer Richtung nicht größer ist als die radiale Abmessung R_{14} des Strömungsquerschnitts.

[0055] Von wesentlichen Vorteil bei vorliegender Ausführungsform ist die Gestaltung der Endfläche 13 am freien Ende des Stabilisierungselementes 11 mit einer elliptischen Formgebung, wobei die radiale Abmessung R_{13} deutlich größer gewählt ist als dessen axiale Abmessung

A_{13} betrachtet in Achsrichtung und ebenso größer als die zur radialen Abmessung R_{13} senkrechte zweite Abmessung S_{13} . Insbesondere diese vergrößerte radiale Abmessung R_{13} führt zu einer besonders vorteilhaften Verbesserung des Schwingungsverhaltens.

5

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (01) zur Verwendung bei einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Gasturbine, mit einem Schaufelfuß (04) und mit einer sich an den Schaufelfuß (04) anschließenden Schaufelplattform (03) und mit einem sich von der Schaufelplattform (03) radial auswärts erstreckenden Schaufelblatt (02), welches (02) von einer Anströmkante (06) zu einer Abströmkante (07) eine konvexe gewölbte Außenseite (08) und eine konkav gewölbte Innenseite (09) aufweist und sich über eine Schaufellänge (L_{02}) von der Schaufelplattform (03) bis zu einem freien Blattende (05) erstreckt und eine ungekoppelte Eigenform zweiter Biegeschwingungen mit einer Biegeknotenlinie (17) aufweist, und mit zumindest einem Stabilisierungselement (11), welches (11) sich ausgehend von der Außenseite (08) oder von der Innenseite (09) an einer Elementposition (12) im mittleren Bereich zwischen der Anströmkante (06) und der Abströmkante (07) seitlich erstreckt und in einem unteren Abstand (L_{12}) von der Schaufelplattform (03) entfernt angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der untere Abstand (L_{12}) minimal der 0,65-fachen und maximal der 0,85-fachen Schaufellänge (L_{02}) entspricht.
2. Turbinenschaufel (01) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der untere Abstand (L_{12}) minimal der 0,7-fachen Schaufellänge (L_{02}) entspricht; und/oder dass der untere Abstand (L_{12}) maximal der 0,8-fachen Schaufellänge (L_{02}) entspricht.
3. Turbinenschaufel (01) zur Verwendung bei einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Gasturbine, mit einem Schaufelfuß (04) und mit einer sich an den Schaufelfuß (04) anschließenden Schaufelplattform (03) und mit einem sich von der Schaufelplattform (03) radial auswärts erstreckenden Schaufelblatt (02), welches (02) von einer Anströmkante (06) zu einer Abströmkante (07) eine konvexe gewölbte Außenseite (08) und eine konkav gewölbte Innenseite (09) aufweist und sich hierbei über eine Schaufellänge (L_{02}) von der Schaufelplattform (03) bis zu einem freien Blattende (05) erstreckt und eine ungekoppelte Eigenform zweiter Biegeschwingungen mit einer Biegeknotenlinie (17) aufweist, und mit zumindest einem Stabilisierungselement (11), welches (11) sich ausgehend von der Außenseite

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

(08) oder von der Innenseite (09) an einer Elementposition (12) im mittleren Bereich zwischen der Anströmkante (06) und der Abströmkante (07) seitlich erstreckt und in einem unteren Abstand (L_{12}) von der Schaufelplattform (03) entfernt angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Elementposition (12) auf der Biegeknotenlinie (17) liegt oder maximal die 0,05-fachen Schaufellänge (L_{02}) von der Biegeknotenlinie (17) auf der zur Schaufelplattform (03) weisenden Seite und maximal die 0,25-fachen Schaufellänge (L_{02}) von der Biegeknotenlinie (17) auf der zum Blattende (05) weisenden Seite entfernt ist.

4. Turbinenschaufel (01) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Elementposition (12) minimal die 0,05-fachen Schaufellänge (L_{02}) von der Biegeknotenlinie (17) auf der zum Blattende (05) weisenden Seite entfernt ist; und/oder dass die Elementposition (12) maximal die 0,15-fachen Schaufellänge (L_{02}) entfernt von der Biegeknotenlinie (17) auf der zum Blattende (05) weisenden Seite positioniert ist.

5. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Elementposition (12) mit einer maximalen Abweichung von 10% der Schaufelbreite (B)

- in der Mitte zwischen der Anströmkante (06) und der Abströmkante (07) und/oder
- am Ort einer maximalen Schaufeldicke (D) und/oder
- bei derjenigen Position, an der die Normale auf die Außenseite (08) respektive Innenseite (09) in tangentialer Richtung ausgerichtet ist,

angeordnet ist.

6. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**,

dass sich das Stabilisierungselement (11) mit einer maximalen Abweichung von 10°, insbesondere von 5°, normal zur Außenseite respektive Innenseite erstreckt; und/oder

dass sich das Stabilisierungselement (11) mit einer maximalen Abweichung von 10°, insbesondere von 5°, tangential erstreckt.

7. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**,

dass das Stabilisierungselement (11) am freien Ende eine Endfläche (13) aufweist, dessen (13) radiale Abmessung (R_{13}) zumindest dem 1,2-fachen, insbesondere dem 1,7-fachen, der axialen Abmessung

- (A₁₃) entspricht und welche (13) insbesondere die Form einer Ellipse aufweist; und/oder
dass das Stabilisierungselement (11) am freien Ende eine Endfläche (13) aufweist, dessen (13) radiale Abmessung (R₁₃) zumindest dem 1,2-fachen, insbesondere dem 1,7-fachen, einer zur radialen Abmessung senkrechten zweiten Abmessung (S₁₃) entspricht und welche (13) insbesondere die Form einer Ellipse aufweist. 5
8. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Stabilisierungselement (11) einen mittleren Strömungsquerschnitt (14) aufweist, welcher (14) kreisförmig und/oder stromlinienförmig mit einer axialen Abmessung (A₁₄) gleich oder größer der radialen Abmessung (R₁₄) ausgeführt ist und sich über zumindest 50%, insbesondere über zumindest 80%, der Länge des Stabilisierungselements (11) erstreckt. 10 15
9. Turbinenschaufel (01) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Stabilisierungselement (11) an der Außenseite (08) respektive Innenseite (09) einen Befestigungsquerschnitt (15) aufweist, dessen (15) radiale Abmessung und dessen axiale Abmessung maximal das 1,3-fache, insbesondere maximal das 1,1-fache, der radialen Abmessung (R₁₄) des Strömungsquerschnitts (14) beträgt. 20 25 30
10. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Endfläche (13) des Stabilisierungselements (11) mit einem Kontaktwinkel (β) zwischen 15° und 60°, insbesondere zwischen 30° und 50°, zur Längsmittelebene, insbesondere entgegengesetzt zu einem Anstellwinkel (α) des Schaufelblattes (02), angestellt ist. 35 40
11. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Stabilisierungselement (11) einstückig mit dem Schaufelblatt verbunden ist; oder
dass das Stabilisierungselement (11) einen einstückig mit dem Schaufelblatt verbundenen Stabilisierungskern und einen den Stabilisierungskern umschließende die Endfläche bildende Stabilisierungshülle aufweist; oder
dass das Stabilisierungselement (11) einen das Schaufelblatt (01) durchdringenden Stabilisierungskern und einen den Stabilisierungskern umschließende die Endfläche bildende Stabilisierungshülle aufweist. 45 50 55
12. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaufelblatt (02) im axial-tangentialen Querschnitt eine erste Breite (B1) an der Schaufelplattform (03) und eine zweite Breite (B2) an der Elementposition (12) und eine dritte Breite (B3) am Blattende (05) aufweist,
- wobei die zweite Breite (B2) maximal der 0,5-fachen, insbesondere maximal der 0,3-fachen, ersten Breite (B1) entspricht; und
- wobei die dritte Breite (B3) minimal der 0,7-fachen, insbesondere minimal der 0,9-fachen, zweiten Breite (B2) entspricht. 10
13. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaufelblatt (02) im axial-tangentialen Querschnitt eine erste Dicke (D1) an der Schaufelplattform (03) und eine zweite Dicke (D2) an der Elementposition (12) und eine dritte Dicke (D3) am Blattende (05) aufweist,
- wobei die zweite Dicke (D2) minimal der 0,8-fachen, insbesondere minimal der 0,95-fachen, ersten Dicke (D1) entspricht; und
- wobei die dritte Dicke (D3) minimal der 0,8-fachen, insbesondere minimal der 0,95-fachen, zweiten Dicke (D2) entspricht. 15
14. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaufelblatt (02) im axial-tangentialen Querschnitt eine erste Wölbung (W1) an der Schaufelplattform (03) und eine zweite Wölbung (W2) an der Elementposition (12) und eine dritte Wölbung (W3) am Blattende (05) aufweist,
- wobei die zweite Wölbung (W2) zwischen der 0,6-fachen und der 0,9-fachen ersten Wölbung (W1) entspricht; und
- wobei die dritte Wölbung (W3) zwischen der 0,6-fachen und der 0,9-fachen zweiten Wölbung (W2) entspricht. 20
15. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaufelblatt (02) im axial-tangentialen Querschnitt einen ersten Anstellwinkel (α_1) an der Schaufelplattform (03) und einen zweiten Anstellwinkel (α_2) an der Elementposition (12) und einen dritten Anstellwinkel (α_3) am Blattende (05) aufweist, 25

- wobei der erste Anstellwinkel (α_1) zwischen 5° und 25°, insbesondere zwischen 12° und 18° beträgt; und/oder
- wobei eine erste Winkeldifferenz ($\Delta\alpha_{12}$) zwischen dem zweiten Anstellwinkel (α_2) und dem ersten Anstellwinkel (α_1) maximal 12°, insbesondere maximal 5°, beträgt; und/oder
- wobei eine zweite Winkeldifferenz ($\Delta\alpha_{23}$) zwischen dem dritten Anstellwinkel (α_3) und dem zweiten Anstellwinkel (α_2) zwischen der 1,25-fachen und der 2,5-fachen, insbesondere zwischen der 1,6-fachen und der 2-fachen, ersten Winkeldifferenz ($\Delta\alpha_{12}$) beträgt.

- 16.** Rotor, insbesondere für eine Gasturbine, mit einer Rotor Scheibe, welche im Umfang verteilt eine Mehrzahl die Rotor Scheibe axial durchdringender Schaufelhalternuten aufweist, und mit einer Mehrzahl Turbinenschaufeln (01), welche (01) jeweils einen in den Schaufelhalternuten angeordneten Schaufelfuß (04) und eine sich daran anschließende Schaufelplattform (03) und ein sich radial erstreckendes Schaufelblatt (02) aufweisen,
gekennzeichnet durch
 die Ausführung zumindest einer Turbinenschaufel (01) nach einer der vorhergehenden Ansprüche.

- 17.** Rotor nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest zwei benachbarte Turbinenschaufeln (01) nach einer der Ansprüche 1 bis 14 ausgeführt sind, wobei im Ruhezustand ein Spalt zwischen 0,05 mm und 1 mm, insbesondere zwischen 0,1 mm und 0,5 mm, zwischen den Endflächen (13) der benachbarten Stabilisierungselemente (11) vorhanden ist.

40

45

50

55

FIG 1

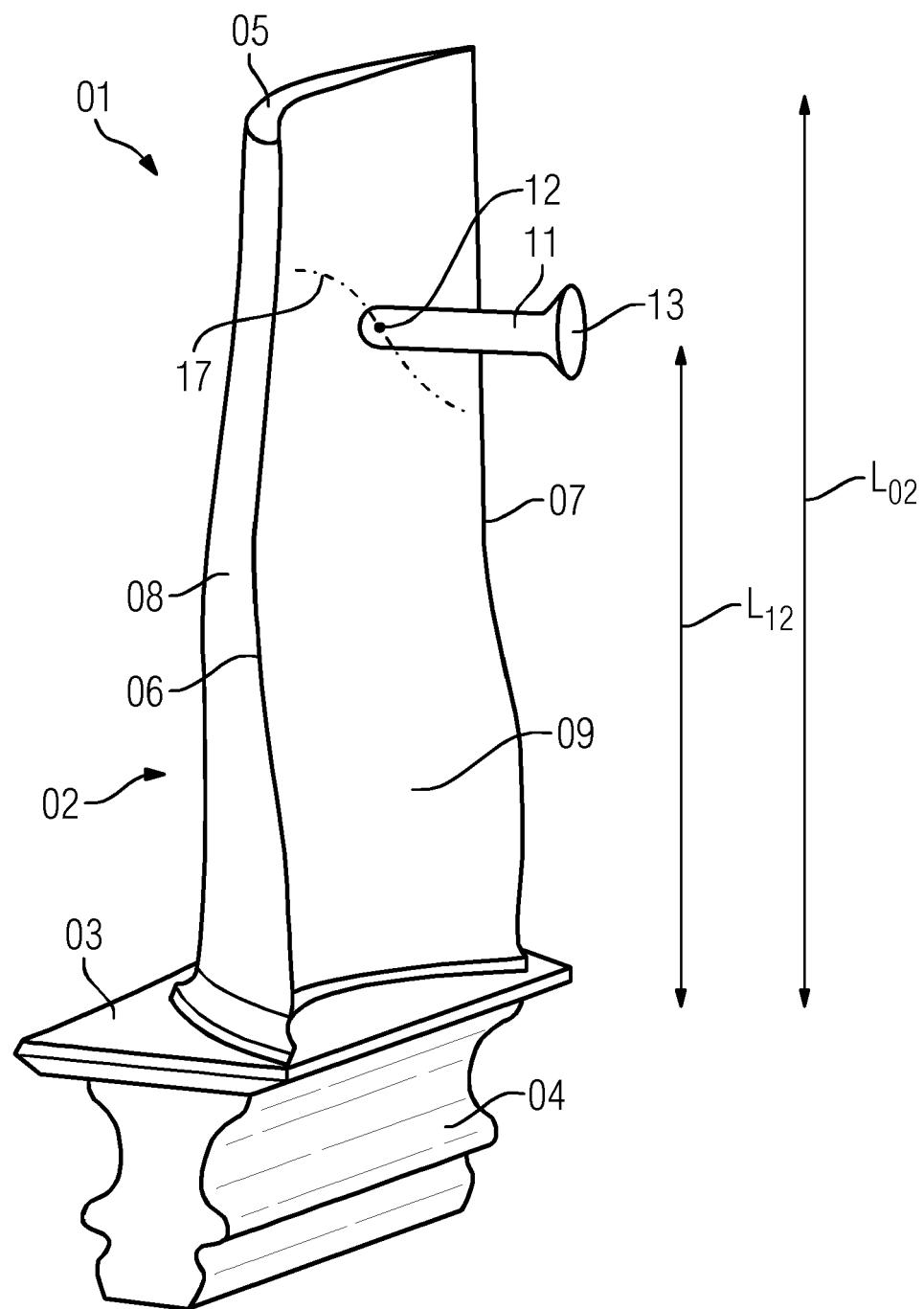


FIG 2

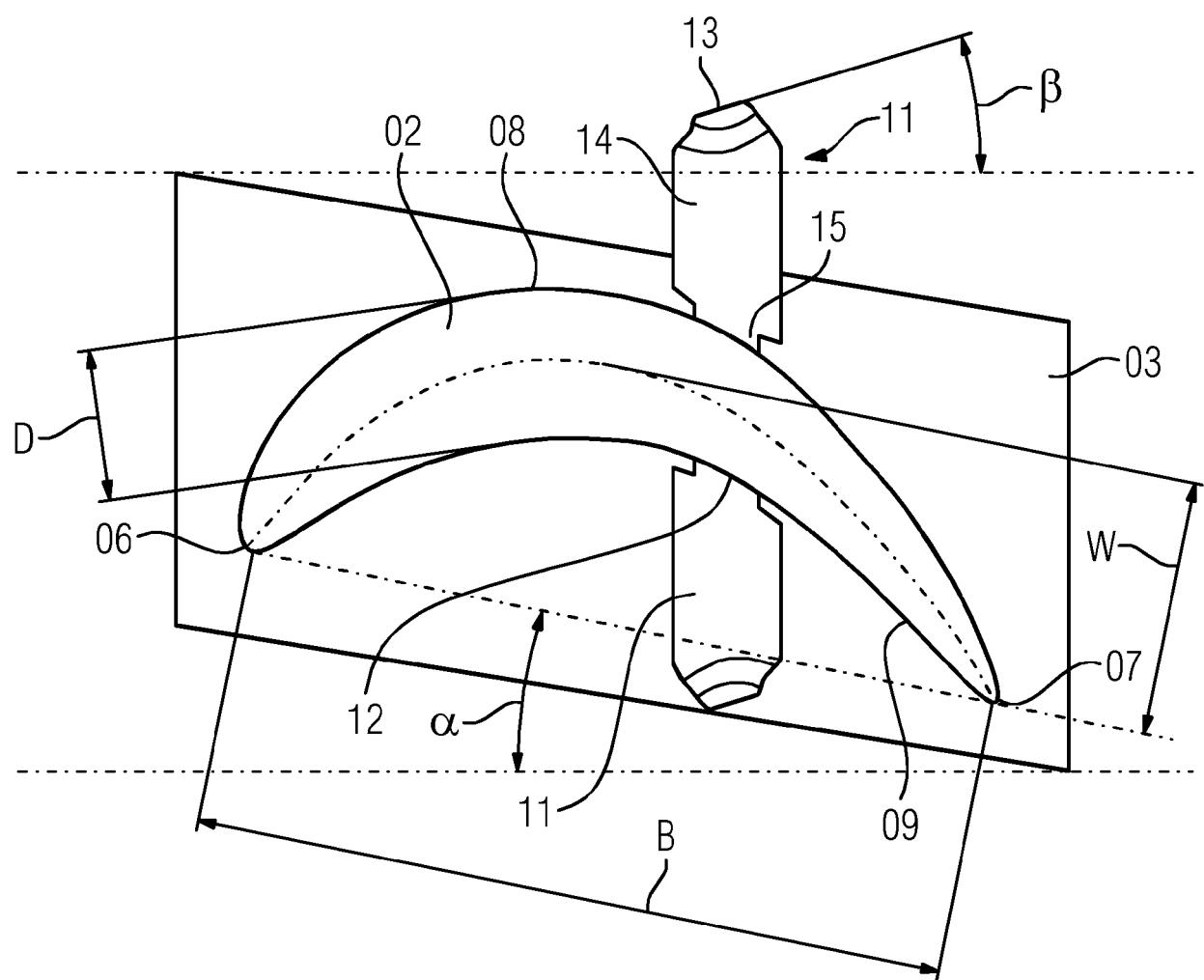


FIG 3

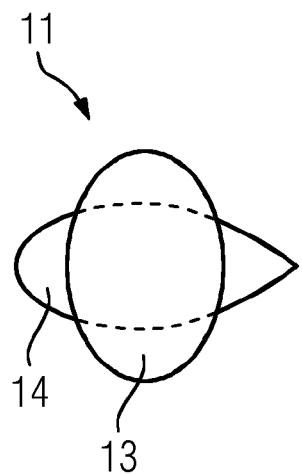


FIG 4

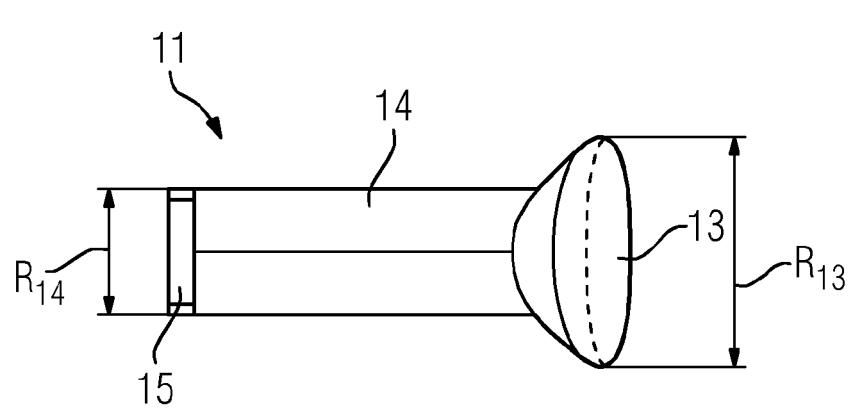
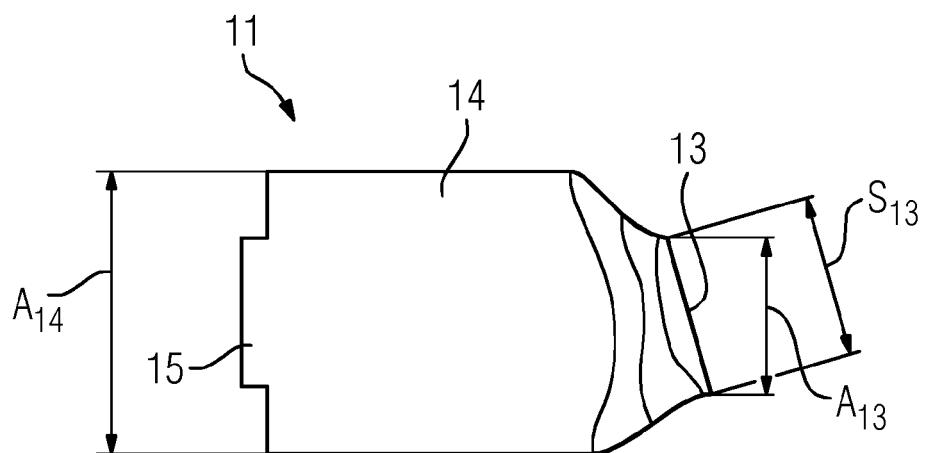


FIG 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 15 4351

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	DE 10 2014 118427 A1 (GENERAL ELECTRIC CO) 25. Juni 2015 (2015-06-25)	1-6, 8-10, 12, 16, 17	INV. F01D5/22
15 Y	* Abbildungen 1, 4, 9 * * Absätze [0053] - [0054] *	5, 8, 11, 13-15	ADD. F01D5/14
20 A	-----	7	
25 X	DE 10 2015 101156 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 30. Juli 2015 (2015-07-30)	1-6, 8-10, 15-17	
30 Y	* Abbildungen 1, 2, 4 * * Absatz [0036] * * Absätze [0038] - [0043] *	5, 8, 11-14	
35 A	-----	7	
40 Y	KR 2016 0078101 A (DOOSAN HEAVY IND & CONSTR [KR]) 4. Juli 2016 (2016-07-04)	1-3, 5, 8, 9, 11, 16, 17	
45 Y	* Abbildungen 1, 3, 4 * * Absatz [0062] * * Absatz [0050] *	5, 8, 12-15	
50 A	-----	7	
55 3	US 2011/194943 A1 (MAYER CLINTON A [US] ET AL) 11. August 2011 (2011-08-11) * Abbildungen 1, 2 * * Absätze [0034] - [0036] *	5, 8, 11	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
55 3	Y DE 101 08 005 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 22. August 2002 (2002-08-22) * Abbildungen 2-4 *	12-15	F01D
55 3	Y WO 2015/044699 A1 (FRANCO TOSI MECCANICA S P A [IT]) 2. April 2015 (2015-04-02) * Abbildung 2 *	12-15	
55 3	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55 3	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 19. Juni 2018	Prüfer Ketelheun, Anja
55 3	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
55 3	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	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 18 15 4351

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.

19-06-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102014118427 A1	25-06-2015	CH 709048 A2 CN 104727858 A DE 102014118427 A1 JP 2015121220 A US 2015176413 A1	30-06-2015 24-06-2015 25-06-2015 02-07-2015 25-06-2015
20	DE 102015101156 A1	30-07-2015	CN 104806299 A DE 102015101156 A1 GB 2524152 A JP 2015140807 A US 2015211373 A1	29-07-2015 30-07-2015 16-09-2015 03-08-2015 30-07-2015
25	KR 20160078101 A	04-07-2016	KEINE	
30	US 2011194943 A1	11-08-2011	KEINE	
35	DE 10108005 A1	22-08-2002	KEINE	
40	WO 2015044699 A1	02-04-2015	BR 112016006514 A2 CA 2925002 A1 EP 3049634 A1 JP 2017502187 A KR 20160070076 A US 2016208623 A1 WO 2015044699 A1	01-08-2017 02-04-2015 03-08-2016 19-01-2017 17-06-2016 21-07-2016 02-04-2015
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

- EP 2513426 B1 [0002]
- WO 2017184138 A1 [0003]
- US 20170058681 A1 [0003]