

(19)



(11)

EP 2 094 946 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.05.2010 Patentblatt 2010/21

(51) Int Cl.:
F01D 5/22 (2006.01) F01D 11/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07821832.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2007/061469

(22) Anmeldetag: **25.10.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/061856 (29.05.2008 Gazette 2008/22)

(54) **SCHAUFELANORDNUNG**

BLADE ARRANGEMENT

ENSEMBLE D'AUBES

(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 MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorität: **23.11.2006 EP 06024326**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.09.2009 Patentblatt 2009/36

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **KAYSER, Andreas
42285 Wuppertal (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 918 139 EP-A2- 1 154 125
SU-A1- 1 127 979 US-A- 2 942 843
US-A- 4 580 946**

EP 2 094 946 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaufelanordnung, mit einem Rotor und mehreren am Umfang des Rotors in einem Kranz angeordneten Schaufeln, wobei zwischen zwei unmittelbar benachbarten Schaufeln mindestens zwei Dämpfungselemente in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet sind, und wobei durch eine in radialer Richtung wirkende Zentrifugalkraft bei einer Rotation des Rotors um eine Rotorachse benachbarte Dämpfungselemente untereinander in Kontakt treten und eines der beiden Dämpfungselemente mit einer der beiden Schaufeln und das andere der beiden Dämpfungselemente mit der anderen der beiden Schaufeln in Kontakt treten.

[0002] Es ist bekannt, Schaufelanordnungen, die in Strömungsmaschinen, wie etwa Gasturbinen, verwendet werden, mit Dämpfungselementen zu versehen. Diese dienen dazu, unerwünschte Biege- und Torsionsschwingungen, die während des Betriebs in der Strömungsmaschine durch unterschiedliche Anregungen auftreten, zu dämpfen. Auf diese Weise können durch hohe Schwingungsamplituden bedingte HCF-Schäden (Abk. für "High Cycle Fatigue"-Schäden) vermieden werden, die zu einer frühzeitigen Materialermüdung und damit zu einer verkürzten Lebensdauer der Schaufeln bzw. der Schaufelanordnung führen können. Die Dämpfungselemente werden hierbei zwischen den einzelnen Schaufeln angeordnet. Als Dämpfungselemente werden in der Regel lose Körper verwendet, die im Ruhezustand zunächst zwischen den Schaufelfüßen der Schaufeln am Rotor oder auf entsprechenden Tragestrukturen aufliegen und beim Betrieb des Rotors aufgrund der in radialer Richtung wirkenden Zentrifugalkraft gegen die Unterseite der Schaufelplattformen benachbarter Schaufeln gedrückt werden. Jedes Dämpfungselement steht dabei zur gleichen Zeit mit beiden benachbarten Schaufelplattformen in Kontakt. Hierdurch kann die kinetische Energie einer aufgrund von Vibrationen hervorgerufenen Relativbewegung zwischen den Schaufeln in Wärmeenergie umgewandelt werden, infolge der Reibung zwischen den jeweiligen Schaufelplattformen und dem anliegenden Dämpfungselement. Dies dämpft die Schwingungen und führt insgesamt zu einer verminderten Schwingungsbelastung der Schaufelanordnung.

[0003] Aus der Druckschrift EP 1 154 125 A2, die den nächstliegenden Stand der Technik darstellt, ist eine Schaufelanordnung bekannt bei der wenigstens zwei Dämpfungselemente zwischen benachbarten Schaufeln in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet sind, um eine wirksame Dämpfung der gesamten Schaufelanordnung zu erzielen. Die in dieser Druckschrift offenbarten Dämpfungselemente sind in voneinander abweichender Form ausgeführt, um möglichst eine Vielzahl unterschiedlicher Schwingungsmoden dämpfen zu können. Ober die sich zwischen den Dämpfungselementen und den Schaufeln, und ferner über die sich zwischen den einzelnen Dämpfungselementen aus-

bildenden Kontaktbereiche kann zur Schwingungsdämpfung durch Reibungswirkung Schwingungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt werden. Jedoch weisen die sich zwischen den einzelnen Dämpfungselementen ausbildenden Kontaktbereiche lediglich die Form eines Linienkontakts auf, mit dem eine nur geringfügig ausgeprägte Dämpfungswirkung verbunden ist.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaufelanordnung mit Dämpfungselementen anzugeben, mit der unerwünschte Schwingungen noch wirksamer gedämpft werden können.

[0005] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß mit der eingangs genannten Schaufelanordnung gelöst, bei der die Dämpfungselemente derart ausgebildet und in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet sind, dass zwei der drei Kontakte zwischen den Dämpfungselementen und den Schaufeln flächenartig und einer der drei Kontakte linienartig sind. Durch diese Kombination von zwei unterschiedlich wirkenden Dämpfungselementen lassen sich eine Vielzahl unterschiedlicher Schwingungszustände effektiv dämpfen, wobei neben den gegenphasigen Schwingungszuständen auch die gleichphasigen Schwingungen gedämpft werden, da durch die Flächenkontakte des keilförmigen Dämpfungselements ein Abrollen des kreisförmigen Elements am Linienkontakt zur Plattenform unterbunden wird. Durch die Kombination dieser Dämpfungselemente mit einem Flächenkontakt an einer Schaufelplattform und einem Linienkontakt (Hertz'scher Kontakt) an der anderen Plattform des Schaufelpaares ist eine kinematisch stabile Anordnung geschaffen, die ein Verkanten und lokales Abheben aller Kontaktflächen verhindert.

[0006] Bei der erfindungsgemäßen Gestaltung einer Schaufelanordnung ist die Lage der Dämpfungselemente weder unterbestimmt noch überbestimmt. Hierdurch kann eine bestmögliche Dämpfung bei einem geteilten Dämpfer erzielt werden. Vorzugsweise sind die sich bei Rotordrehung ausbildenden Kontaktbereiche benachbarter Dämpfungselemente in Form eines flächigen Kontakts ausgebildet. Auf diese Weise wird die gesamte bereitgestellte Reibfläche zwischen den Dämpfungselementen gegenüber bekannten Schaufelanordnungen deutlich erhöht, bei denen die Dämpfungselemente nur in Form eines Linienkontakts miteinander in Kontakt treten. Die erfindungsgemäße Erhöhung der Reibfläche bewirkt eine sehr wirksame Schwingungsdämpfung der gesamten Schaufelanordnung. Auch unterschiedliche Schwingungsmoden können so wirksam gedämpft werden. Insgesamt betrachtet ermöglicht die erfindungsgemäße Schaufelanordnung eine Reduktion der Schwingungsamplituden und Spannungen durch zusätzliche Reibungsdämpfung.

[0007] In einer weiteren Ausgestaltung ist der Kontakt zwischen einem der beiden Dämpferelemente und einer der beiden Schaufeln ein flächiger Kontakt und der Kontakt des anderen Dämpfungselements und der anderen Schaufel ein linienartiger Kontakt. Alternativ könnte selbstverständlich der einzige Linienkontakt auch zwi-

schen den Dämpfungselementen vorgesehen sein.

[0008] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung unterscheiden sich die Dämpfungselemente in ihrer geometrischen Form. Erfindungsgemäß können so mit geeignet geformten Dämpfungselementen auch Schwingungsmoden wirksam gedämpft werden, die bei gleichbleibender Gestaltung aller Dämpfungselemente nicht wirksam gedämpft werden können. Bevorzugt können sich die Dämpfungselemente auch in ihren Massen unterscheiden, um durch Kombination mit geeigneten geometrischen Formen eine möglichst große Anzahl unterschiedlicher Schwingungsmoden wirksam zu dämpfen. Ferner können durch Verwendung von Dämpfungselementen aus unterschiedlichen Materialien die Reibungsverhältnisse (Reibkoeffizient, Rauheit) in den Kontaktbereichen beeinflusst werden, um auch so eine gezielte Dämpfung mehrerer Moden, auch in erhöhten Frequenzbereichen, zu ermöglichen.

[0009] Um die Dämpfungselemente geeignet zwischen benachbarten Schaufeln anordnen zu können, sind diese vorzugsweise stabförmig ausgebildet.

[0010] Bei einer konkreten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaufelanordnung sind zwei Dämpfungselemente in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet, wobei die Dämpfungselemente vorzugsweise stabförmig ausgebildet sind und ein Dämpfungselement einen Querschnitt von der Form eines Keils und das andere Dämpfungselement einen Querschnitt von der Form eines Viertelkreises aufweist. Insbesondere durch derartige aufeinander abgestimmte Querschnittsformen der Dämpfungselemente lassen sich die erfindungsgemäßen Vorteile erzielen.

[0011] Bei einer alternativen vorteilhaften Weiterbildung sind drei Dämpfungselemente in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet. Durch ein weiteres Dämpfungselement, das vorzugsweise eine andere geometrische Form aufweist als die übrigen Dämpfungselemente, können gegebenenfalls weitere störende Schwingungsmoden wirksam gedämpft werden. Vorzugsweise treten hierbei nur die beiden äußeren der in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordneten Dämpfungselemente über Reibungsflächen, die an den Schaufeln des Schaufelpaars ausgebildet sind, mit den Schaufeln des Schaufelpaars in Kontakt. Je nach Anwendungsfall kann es auch von Vorteil sein, mehr als drei Dämpfungselemente zwischen zwei benachbarten Schaufeln hintereinander anzuordnen.

[0012] Bei einer weiteren konkreten Weiterbildung sind die Dämpfungselemente aus Stahl oder Keramik hergestellt, also Materialien, mit denen eine wirksame Dämpfung realisiert werden kann.

[0013] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaufelanordnung anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert, in denen

FIG 1 schematisch einen Ausschnitt einer erfindungsgemäßen Schaufelanordnung in einer Schnittebene senkrecht zur Rotorachse zeigt und

FIG 2 schematisch die Anordnung zweier Dämpfungselement-Gruppen über die axiale Erstreckung einer Schaufel zeigt.

[0014] Die Fig. 1 zeigt einen schematischen Ausschnitt der erfindungsgemäßen Schaufelanordnung 1 in einer Schnittebene senkrecht zur Rotorachse. Der Ausschnitt zeigt zwei Schaufelplattformen 3 von benachbarten Schaufeln der erfindungsgemäßen Schaufelanordnung 1. Die Schaufeln sind an der Rotorscheibe der Schaufelanordnung 1 eingehängt und weisen einen geringen Abstand zueinander auf. Zwischen den beiden Schaufelplattformen 3 sind zwei Dämpfungselemente 5 und 7 lose angeordnet. Beide Dämpfungselemente 5, 7 bilden eine Dämpfergruppe und sind in axialer Richtung stabförmig ausgebildet, wobei das Dämpfungselement 7 einen viertelkreisförmigen Querschnitt und das Dämpfungselement 5 einen keilförmigen Querschnitt aufweist.

[0015] Die Unterseiten der beiden Schaufelplattformen 3 bilden Reibungsflächen 9, 11 aus. Gegen diese Reibungsflächen 9, 11 werden die beiden Dämpfungselemente 5, 7 bei einer Rotation des Rotors (nicht dargestellt) durch Wirkung der Zentrifugalkraft gedrückt. Die Reibungsflächen 9, 11 sind vorliegend unter bestimmten Winkeln δ und ε zu der Ebene geneigt, die durch die radiale Richtung R und die Rotorachse aufgespannt wird, so dass sie zusammen eine V-förmige Führung bilden, in welche die Dämpfungselemente 5, 7 durch die Zentrifugalkraft gedrückt werden. Das keilförmige Dämpfungselement 5 weist eine Reibungsfläche 13 auf, deren Neigung an den Winkel δ angepasst ist, um einen wirksamen flächigen Reibungskontakt zwischen dem Dämpfungselement 5 und der entsprechenden Schaufelplattform 3 bereitzustellen. Die Winkel δ und ε liegen hierbei vorzugsweise im Bereich von 20° bis 70° , wobei der Bereich von 40° bis 60° noch bevorzugter ist.

[0016] Bei Einsatz der erfindungsgemäßen Schaufelanordnung 1 in einer Strömungsmaschine, wie etwa einer Gasturbine, bilden sich in der Schaufelanordnung 1 infolge von unterschiedlichen Anregungen oft unerwünschte Schwingungen in Form von Biege- und Torsionsschwingungen aus. Diese Schwingungen bewirken in der Regel eine Relativbewegung zwischen den beiden benachbarten Schaufelplattformen 3, die wiederum zu einer Relativbewegung zwischen dem keilförmigen Dämpfungselement 5 und der Reibungsfläche 9, zwischen dem viertelkreisförmigen Dämpfungselement 7 und der Reibungsfläche 11, und zu einer Relativbewegung zwischen den beiden Dämpfungselementen 5 und 7 im Kontaktbereich 15 (in Fig. 1 schematisch durch eine gestrichelte Linie dargestellt) führt. Auf diese Weise kann erfindungsgemäß in allen drei Kontaktbereichen Schwingungsenergie infolge von Reibung in Wärmeenergie umgewandelt werden, um eine wirksame Schwingungsdämpfung zu erzielen. Hierbei werden mit dem keilförmigen Dämpfungselement 5 vor allem Schwingungen wirksam gedämpft, die auch gleichphasig auftreten.

[0017] Erfindungsgemäß sind die Dämpfungselemen-

te 5 und 7 derart ausgebildet und in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet, dass der Kontakt im Kontaktbereich 15 ein flächiger Kontakt 15 ist, genauso wie der Kontakt zwischen Dämpfungselement 5 und Plattform 3. Auf diese Weise wird die gesamte bereitgestellte Reibfläche zwischen den Dämpfungselementen 5 und 7 gegenüber bekannten Schaufelanordnungen deutlich erhöht, bei denen der Kontaktbereich zwischen den Dämpfungselementen nicht als flächiger Kontakt, sondern in Form eines Linienkontakts (Hertz'scher Kontakt) ausgebildet ist. Im Unterschied zu bekannten Lösungen, bei denen bei Verwendung von zwei Dämpfungselementen zwei Linienkontakte und ein flächiger Kontakt bereitgestellt werden, sind es erfindungsgemäß zwei flächige Kontakte und nur ein Linienkontakt (und zwar zwischen Dämpfungselement 7 und Plattform 3). Die erfindungsgemäß über den flächigen Kontakt 15 zusätzlich bereitgestellte Reibungsfläche bewirkt eine sehr wirksame Schwingungsdämpfung der gesamten Schaufelanordnung 1.

[0018] Vorliegend verläuft der flächige Kontakt 15 parallel zur radialen Richtung R, kann jedoch durch entsprechend gewählte Winkel α und β auch zur radialen Richtung R geneigt sein. Bevorzugt liegt hierbei der Winkel α innerhalb eines Bereichs von 70° bis 90° und der Winkel β innerhalb eines Bereichs von 110° bis 90° oder umgekehrt.

[0019] Fig. 2 zeigt schematisch die Anordnung zweier Dämpfungselement-Gruppen 25, 27. Die Positionen der Dämpfungselement-Gruppen 25 und 27, die jeweils eine bestimmte Anzahl von Dämpfungselementen umfassen, sind schematisch durch Kreise angedeutet. Die Dämpfungselemente erstrecken sich stabförmig in Axialrichtung, wobei die Gruppen entlang der axialen Erstreckung einer Schaufel 17 (axiale Richtung 23) verteilt sind. Die Schaufel 17 umfasst ein Schaufelblatt 19, eine Schaufelplattform 3, einen Schaufelfuß 21, eine Schaufelvorderkante 29 und eine Schaufelhinterkante 31. Vorliegend befindet sich die Dämpfungselement-Gruppe 27 an der Schaufelvorderkante 29 und die Dämpfungselement-Gruppe 25 an der Schaufelhinterkante 31. Die Strömungsrichtung 33 ist durch einen Pfeil angedeutet. Durch eine asymmetrische Anordnung oder Ausgestaltung der Gruppen 25, 27 in der axialen Richtung 23 können erfindungsgemäß unterschiedliche Schwingungsmoden effektiv gedämpft werden.

Patentansprüche

1. Schaufelanordnung (1),
mit einem Rotor und mehreren am Umfang des Rotors in einem Kranz angeordneten Schaufeln (17),
wobei zwischen zwei unmittelbar benachbarten Schaufeln (17) mindestens zwei Dämpfungselemente (5, 7) in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet sind, und
wobei durch eine in radialer Richtung wirkende Zen-

trifugalkraft bei einer Rotation des Rotors um eine Rotorachse

benachbarte Dämpfungselemente (5, 7) untereinander in Kontakt treten und

eines der beiden Dämpfungselemente (5, 7) mit einer der beiden Schaufeln (17) und

das andere der beiden Dämpfungselemente (7, 5) mit der anderen der beiden Schaufeln (17) in Kontakt treten,

dadurch gekennzeichnet, dass

zwei der drei Kontakte flächenartig und einer der drei Kontakte linienartig ist.

2. Schaufelanordnung nach Anspruch 1,
bei der die Dämpfungselemente (5, 7) derart ausgebildet und in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet sind, dass der Kontakt zwischen ihnen ein flächiger Kontakt (15) ist und
dass der Kontakt zwischen einem der beiden Dämpfungselemente (5) und einer der beiden Schaufeln (17) ein flächiger Kontakt ist und
dass der Kontakt zwischen dem anderen der beiden Dämpfungselemente (7) und der anderen der beiden Schaufel (17) ein linienartiger Kontakt ist.
3. Schaufelanordnung (1) nach Anspruch 1 oder 2,
bei der sich die Dämpfungselemente (5, 7) in ihrer geometrischen Form unterscheiden.
4. Schaufelanordnung (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3,
bei der sich die Dämpfungselemente (5, 7) in ihren Massen unterscheiden.
5. Schaufelanordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei der die Dämpfungselemente (5, 7) stabförmig ausgebildet sind.
6. Schaufelanordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei der die Dämpfungselemente (5, 7) stabförmig ausgebildet sind,
wobei ein Dämpfungselement (5) einen Querschnitt von der Form eines Keils und das andere Dämpfungselement (7) einen Querschnitt von der Form eines Viertelkreises aufweist.
7. Schaufelanordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei der drei Dämpfungselemente in Umfangsrichtung des Rotors hintereinander angeordnet sind.
8. Schaufelanordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei der die Dämpfungselemente (5, 7) aus Stahl oder Keramik hergestellt sind.

Claims

1. Blade arrangement (1),
with a rotor and a plurality of blades (17) which are
arranged on the periphery of the rotor in a ring,
wherein between two directly adjacent blades (17)
at least two damping elements (5, 7) are arranged
in series in the circumferential direction of the rotor,
and
wherein as a result of a centrifugal force, which acts
in the radial direction, during a rotation of the rotor
around a rotor axis
adjacent damping elements (5, 7) come into contact
with each other, and
one of the two damping elements (5, 7) comes into
contact with one of the two blades (17) and
the other of the two damping elements (7, 5) comes
into contact with the other of the two blades (17),
characterized in that
two of the three contacts are of a planar type and
one of the two contacts is of a linear type.
2. Blade arrangement according to Claim 1,
wherein the damping elements (5, 7) are formed and
arranged in series in the circumferential direction of
the rotor in such a way that the contact between them
is a planar contact (15), and
that the contact between one of the two damping
elements (5) and one of the two blades (17) is a
planar contact, and
that the contact between the other of the two damp-
ing elements (7) and the other of the two blades (17)
is a linear type of contact.
3. Blade arrangement (1) according to Claim 1 or 2,
wherein the damping elements (5, 7) differ in their
geometric shape.
4. Blade arrangement (1) according to Claim 1, 2 or 3,
wherein the damping elements (5, 7) differ in their
masses.
5. Blade arrangement (1) according to one of the pre-
ceding claims,
wherein the damping elements (5, 7) are designed
in a barlike form.
6. Blade arrangement (1) according to one of the pre-
ceding claims,
wherein the damping elements (5, 7) are designed
in a barlike form,
wherein one damping element (5) has a cross sec-
tion of the shape of a wedge and the other damping
element (7) has a cross section of the shape of a
quadrant.
7. Blade arrangement (1) according to one of the pre-
ceding claims,

wherein three damping elements are arranged in se-
ries in the circumferential direction of the rotor.

8. Blade arrangement (1) according to one of the pre-
ceding claims,
wherein the damping elements (5, 7) are produced
from steel or ceramic.

Revendications

1. Agencement (1) d'aubes,
comprenant un rotor et plusieurs aubes (17) dispo-
sées en une couronne sur le pourtour du rotor,
dans lequel entre deux aubes (17) immédiatement
voisines sont disposées au moins deux éléments (5,
7) d'amortissement qui se succèdent dans la direc-
tion du pourtour du rotor, et
dans lequel par une force centrifuge agissant dans
la direction radiale lors d'une rotation du rotor autour
d'un axe du rotor,
des éléments (5, 7) d'amortissement voisins en-
trent en contact entre eux et
l'un des deux éléments (5, 7) d'amortissement en-
tre en contact avec l'une des deux aubes (17) et
l'autre des deux éléments (7, 5) d'amortissement
entre en contact avec l'autre des deux aubes (17),
caractérisé en ce que deux des trois contacts sont
superficiels et l'un des trois contacts est linéaire.
2. Agencement d'aubes suivant la revendication 1,
dans lequel les éléments (5, 7) d'amortissement
sont constitués et disposés les uns derrière les
autres dans la direction du pourtour du rotor de ma-
nière à ce que le contact entre eux soit un contact
(15) superficiel et
en ce que le contact entre l'un des deux éléments
(5) d'amortissement et l'une des deux aubes (17)
soit un contact superficiel et
en ce que le contact entre l'autre des deux éléments
(7) d'amortissement et l'autre des deux aubes (17)
soit un contact linéaire.
3. Agencement (1) d'aubes suivant la revendication
1 ou 2,
dans lequel les éléments (5, 7) d'amortissement se
distinguent par leur forme géométrique.
4. Agencement (1) d'aubes suivant la revendication
1, 2 ou 3,
dans lequel les éléments (5, 7) d'amortissement se
distinguent par leur masse.
5. Agencement (1) d'aubes suivant l'une des reven-
dications précédentes,
dans lequel les éléments (5, 7) d'amortissement
sont en forme de barre.

6. Agencement (1) d'aubes suivant l'une des revendications précédentes,
dans lequel les éléments (5, 7) d'amortissement sont en forme de barre,
un élément (5) d'amortissement ayant une section transversale de la forme d'un coin et l'autre élément (7) d'amortissement ayant une section transversale de la forme d'un cadran de cercle. 5
7. Agencement (1) d'aubes suivant l'une des revendications précédentes,
dans lequel trois éléments d'amortissement sont disposés l'un derrière l'autre dans la direction du contour du rotor. 10
8. Agencement (1) d'aubes suivant l'une des revendications précédentes,
dans lequel les éléments (5, 7) d'amortissement sont en acier ou en céramique. 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

FIG 1

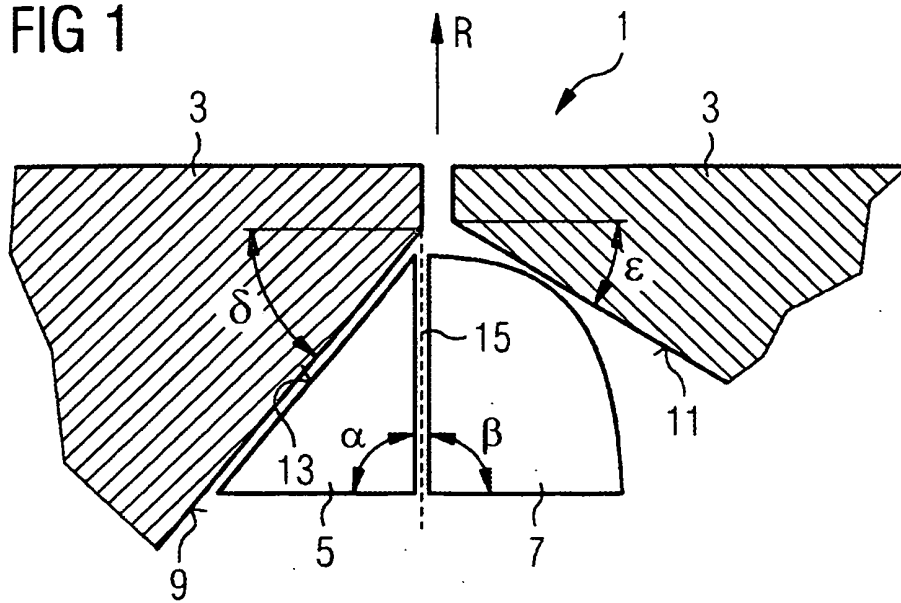
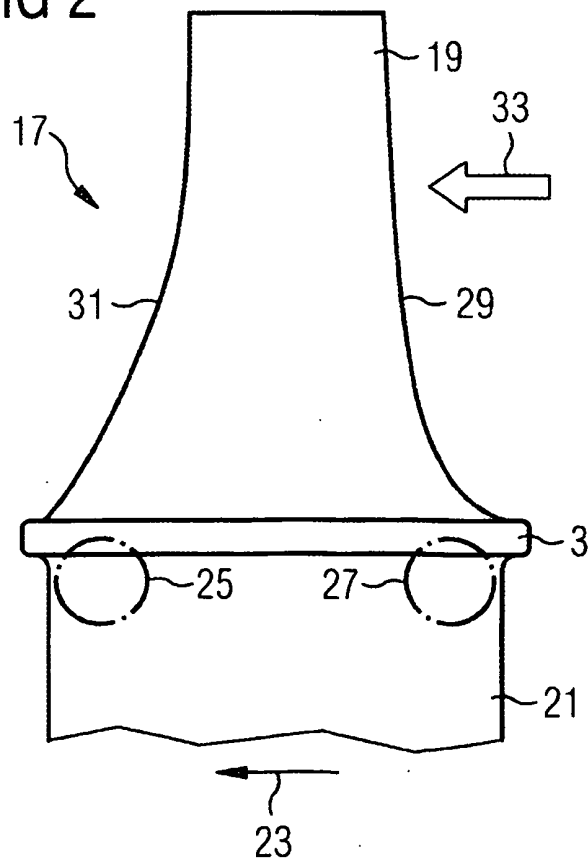


FIG 2



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 1154125 A2 [0003]