

(19)



(11)

**EP 2 399 005 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**21.11.2012 Patentblatt 2012/47**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/24 (2006.01) F01D 5/22 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **10702854.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2010/050936**

(22) Anmeldetag: **27.01.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2010/094540 (26.08.2010 Gazette 2010/34)**

(54) **SCHAUFELVERBAND EINER STRÖMUNGSMASCHINE**

BLADE UNION OF A TURBO MACHINE

GROUPE D'AUBES D'UNE TURBOMACHINE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**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 SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **17.02.2009 EP 09002224**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.12.2011 Patentblatt 2011/52**

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft 80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **RICHTER, Christoph, Hermann 49477 Ibbenbüren (DE)**

(74) Vertreter: **Wolff, Harry Siemens Aktiengesellschaft Postfach 22 16 34 80506 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**JP-A- 8 303 205 JP-A- 2008 045 419 US-A- 4 784 571**

**EP 2 399 005 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 Anordnung, umfassend eine erste Schaufel und eine benachbart zur ersten Schaufel angeordnete zweite Schaufel.

**[0002]** Unter Strömungsmaschinen im Sinne dieser Anmeldung sind beispielsweise Verdichter, Gasturbinen oder Dampfturbinen zu verstehen. Die vorgenannten Strömungsmaschinen haben gemeinsam, dass sie aus einem Gehäuse und einem im Gehäuse drehbar gelagerten Rotor bestehen, wobei zwischen dem Rotor und dem Gehäuse ein Strömungskanal ausgebildet ist, durch den ein Strömungsmedium strömt. Das Strömungsmedium ist in Dampfturbinen ein Wasserdampf. Im Betrieb der Dampfturbine besteht die Gefahr, dass die Strömung über die stromlinienförmigen Laufschaufeln eine Vibration der Schaufeln verursacht, die zu störenden Effekten führt. Beispielsweise könnte eine Laufschaufel in Form eines Risses beschädigt werden. Daher werden Bestrebungen unternommen, die Laufschaufeln derart zu modifizieren, dass Vibrationen vermieden bzw. gedämpft werden, damit keine Beschädigungen der Laufschaufeln auftreten.

**[0003]** Es ist bekannt, die Deckbänder der Laufschaufeln mit einem einzigen Draht zu verbinden, damit Vibrationen gedämpft werden, damit Relativbewegungen zwischen den Deckbändern verhindert werden.

**[0004]** Aus der DE 697 04 001 T1 ist es bekannt, einen Stift in Deckbändern anzuordnen, die in sogenannten Sacklöchern bewegbar angeordnet sind.

**[0005]** In der US 4 784571 wird ein Federelement in seitlichen Schlitzbenachbarter Deckbänder angeordnet.

**[0006]** In der DE 102 56 778 A1 werden nicht die Deckbänder rotordynamisch miteinander gekoppelt, sondern vielmehr die Fußdeckbänder.

**[0007]** Ein weiteres Problem der Schwingungsanregungen ist, dass die Laufschaufeln infolge der Schwingungsanregungen Schwingungen durchführen, die zu einer Materialermüdung sowohl der Turbinenschaufel als auch der Rotorklaue führen, in der die Turbinenschaufel angeordnet ist. Wünschenswert wäre es, eine Reduktion der Schwingungsamplituden zu erreichen, die zu einer Reduzierung der Materialbeanspruchung führt.

**[0008]** Es ist weiterhin bekannt, Bohrungen in Turbinenschaufeln anzuordnen und in diese ein trockenes Granulat einzufügen. Schwingungen im Bereich des mit Granulat gefüllten Volumens führen zu Bewegungen des Granulats. Da diese Bewegung von innerer Reibung begleitet ist, ist damit auch eine Dämpfung verbunden.

**[0009]** Es ist auch weiterhin bekannt, Granulate in Flüssigkeiten anzuordnen, die ebenfalls in Bohrungen der Schaufel angeordnet sind.

**[0010]** Es ist Aufgabe der Erfindung eine Anordnung anzugeben, die durch einfache Mittel wirksam gegen störende Schwingungsanregungen geschützt ist.

**[0011]** Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Anordnung, umfassend eine erste Schaufel und eine benach-

bart zur ersten Schaufel angeordnete zweite Schaufel gemäß Anspruch 1.

**[0012]** Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

5 **[0013]** Bei einem gekoppelten Schaufelverband bilden sich sogenannte Knotendurchmesser-Schwingungen aus. Diese Knotendurchmesser-Schwingungen sind da-  
10 durch charakterisiert, dass über den Umfang der Schaufeln die Amplituden der Schwingungen eine sinusartige Form aufweisen. Das bedeutet, dass für benachbarte  
15 Schaufeln sich eine relative Drehung bezüglich der unmittelbaren oder entfernten Nachbarschaufeln ergibt. Ein Vorteil der Erfindung ist, dass solche relativen Drehungen der unmittelbaren oder entfernten Nachbarschaufeln erfindungsgemäß gedämpft werden. Dazu werden be-  
20 nachbarte Schaufeln derart modifiziert, dass eine Unter- menge der Schaufeln ein Koppellement erhält, das fest mit der Schaufel verbunden ist. Dieses Koppellement ist derart ausgebildet, dass es bis zur nächsten Nach-  
25 barschaufel oder sogar noch bis zur übernächsten Nach- barschaufel anliegt, aber nicht mit der benachbarten Schaufel fest verbunden ist.

**[0014]** Wenn eine Schaufel in der Anordnung eine Schwingung durchführt, so bewegt sich die Schaufel mit dem fest verbundenen Balken. Die benachbarte Schaufel, die nicht fest mit dem Koppellement verbunden ist, drückt dieses infolge der im Betrieb auftretenden Flieh-  
30 kraft gegen die Schaufel, wodurch ein kraftschlüssiger Kontakt erfolgt, wobei infolge einer Reibung eine Energie- dissipation erfolgt und dadurch Schwingungsenergie verloren geht, wodurch die störende Schwingung ge-  
35 dämpft wird.

**[0015]** Die erste Schaufel weist eine erste Schaufel-  
40 spitze auf und die zweite Schaufel eine zweite Schaufel- spitze auf, wobei das Koppellement im Bereich der er- sten und zweiten Schaufelspitze angeordnet ist. Die Schwingungen sind konstruktionsbedingt an den Schau-  
45 felspitzen am größten. Daher ist es vorteilhaft, wenn die Dämpfungseinrichtung in der Schaufelspitze angeordnet ist. Das Koppellement wird daher vorteilhaft im Bereich der ersten und zweiten Schaufelspitze angeordnet. Die Amplituden der störenden Schwingungen sind dort am  
50 größten und werden somit am effektivsten gedämpft.

**[0016]** Die erste Schaufelspitze weist ein erstes Deck-  
55 band auf, wobei das Koppellement im ersten Deckband fest angeordnet ist. Durch die Anordnung eines Koppe- lementes, das im Grunde ein fremdes Element ist, muss eine geeignete Stelle gefunden werden, wo das Koppellement angeordnet werden kann. Die Deckbän-  
60 der sind an den Schaufelspitzen angeordnet und weisen eine Konstruktion auf, die vergleichsweise groß ist zur Gesamtschaufel. In dieses Deckband wird das Koppel- element fest angeordnet. Dies kann beispielsweise durch eine Lötung, einer Verschraubung oder einer Ver-  
65 nietung erfolgen.

**[0017]** Die zweite Schaufelspitze, die zur benachbar- ten Schaufel gehört, weist ein zweites Deckband auf, wo- bei das Koppellement im zweiten Deckband angeord-

net ist. Erfindungsgemäß ist das Koppелеlement im zweiten Deckband lose angeordnet, d. h. nicht fest mit dem zweiten Deckband verbunden. Das zweite Deckband ist hierbei derart angeordnet, dass eine im Betrieb auftretende Fliehkraft dazu führt, dass das Koppелеlement gegen das zweite Deckband gedrückt wird. Das bedeutet, dass das Koppелеlement im zweiten Deckband bei einer auftretenden Schwingung reibt. Dadurch erfolgt eine Energiedissipation, wodurch die Schwingung gedämpft wird.

**[0018]** Das erste Deckband und das zweite Deckband weisen jeweils einen Schlitz auf, in der das Koppелеlement angeordnet ist. Mit einem Schlitz ist eine vergleichsweise einfache und fertigungstechnisch günstige Lösung verfügbar, um das Koppелеlement wirkungsvoll im Deckband anzuordnen.

**[0019]** Der Schlitz ist seitlich im ersten Deckband und im zweiten Deckband angeordnet. Durch die seitliche Anordnung ist es möglich, das Koppелеlement während Revisionsarbeiten leicht zu entfernen.

**[0020]** In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Koppелеlement länglich und schmal ausgebildet. Die wirksame Dämpfung der Schaufelschwingungen hängt im Wesentlichen von der Form und dem Material des Koppелеlementes ab. Je länger das Koppелеlement ist, umso größer sind auch die Schwingungsamplituden der Spitze des Koppелеlementes. Je länger das Koppелеlement ist, umso größer sind demnach die Schwingungsamplituden an der Spitze. Darüber hinaus sollte das Material derart gewählt werden, dass es möglichst starr und fest mit der Schaufel verbunden werden kann, wobei die Festigkeitswerte des Koppелеlementes derart sein sollten, dass das Koppелеlement selber kaum eigene Schwingungen durchführen kann.

**[0021]** In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Koppелеlement als Blech ausgeführt. Vorteilhafterweise weist das Blech im Querschnitt gesehen eine rechteckige Form auf mit einer Breite L und einer Höhe H, wobei gilt, dass L größer H ist und dass das Koppelingselement derart im Deckband angeordnet ist, dass die Oberfläche mit der Breite L im Betrieb am Deckband anliegt. Das Koppелеlement weist demnach die Form eines flachen Messers auf. Durch diese Konstruktion ist das Koppелеlement in einer radialen Richtung, d. h. in der Richtung, in der die Fliehkkräfte herrschen, vergleichsweise leicht biegsam, was dazu führt, dass das Koppелеlement leicht gegen das andere Deckband gedrückt werden kann. Hingegen ist eine Biegung in axialer Richtung, d. h. senkrecht zur Fliehkraftrichtung kaum möglich. Das bedeutet, dass die Schwingung der Schaufel, an der das Koppелеlement fest angeordnet wird, hinreichend gut mitnimmt. Eine wirksame Dämpfung ist dadurch möglich.

**[0022]** Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels in den Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt einer Anordnung in radialer Richtung gesehen, mit Blick auf die Deckbänder;

Fig. 2 einen Ausschnitt zweier benachbarter Deckbänder;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines Deckbandes.

**[0023]** Die Figur 1 zeigt einen Ausschnitt einer Anordnung in radialer Richtung. D. h., die radiale Richtung steht senkrecht zur Zeichenebene. Die Anordnung umfasst eine erste Schaufel 1 und eine benachbart zur ersten Schaufel 1 angeordnete zweite Schaufel 2. Die erste Schaufel 1 und die zweite Schaufel 2 sind auf einem nicht näher dargestellten Rotor über Rotorklauen fest angeordnet. Der Rotor rotiert um eine Rotationsachse 3. Die erste Schaufel 1 und die zweite Schaufel 2 sind in radialer Richtung länglich ausgebildet und werden im Betrieb über ein nicht näher dargestelltes Strömungsmedium angeströmt, wobei die erste Schaufel 1 und die zweite Schaufel 2 eine Drehung in einer Rotationsrichtung 4 führt.

**[0024]** Die erste Schaufel 1 ist zur zweiten Schaufel 2 benachbart angeordnet. Die erste Schaufel 1 umfasst ein Koppелеlement 5, das in einer nicht näher dargestellten Weise mit der ersten Schaufel 1 fest verbunden ist. Das Koppелеlement 5 kann beispielsweise durch Verschraubungen, Vernietungen oder durch Lötten mit der ersten Schaufel 1 fest verbunden werden. Eine Schwingung 6 der ersten Schaufel 1 führt zu einer Schwingung der Koppелеlementspitze 7. Das führt ebenfalls zu einer harmonischen Schwingung 8 der Koppелеlementspitze 7. Diese harmonische Schwingung 8 gilt es zu minimieren, was dadurch erfolgt, dass das Koppелеlement 5 an der zweiten Schaufel 2 anliegt. Infolge der Fliehkkräfte, die im Betrieb auftreten, wird ein freies Ende 9 des Koppелеlementes 5, das außerhalb der ersten Schaufel 1 angeordnet ist, in radialer Richtung nach außen gegen die zweite Schaufel 2 gedrückt. Dies führt zu einer Reibung zwischen dem freien Ende 9 des Koppелеlementes 5 und der zweiten Schaufel 2.

**[0025]** Das Koppелеlement 5 wird in einer Schaufelspitze der ersten Schaufel 1 und in einer Schaufelspitze der zweiten Schaufel 2 angeordnet, was in der Figur 1 nicht näher dargestellt ist.

**[0026]** Die Figur 3 zeigt ein Deckband 10 der ersten bzw. zweiten Schaufel 1 bzw. 2. Das Deckband 10 ist hierbei an der Schaufelspitze der ersten Schaufel 1 bzw. zweiten Schaufel 2 angeordnet. Das Deckband 10 weist Schlitz 11 auf, in die das Koppелеlement 5 angeordnet wird. Im Falle der ersten Schaufel 1 wird das Koppелеlement 5 in dem Schlitz 11 fest angeordnet. Im Falle der zweiten Schaufel 2 wird das Koppелеlement 5 im Schlitz 11 lediglich lose angeordnet. Eine im Betrieb auftretende Fliehkraft wirkt in der Fliehkraftrichtung 12, die identisch ist mit der radialen Richtung.

**[0027]** Die Figur 2 zeigt eine alternative Darstellung eines Teils einer Anordnung. Die erste Schaufel 1 weist ein erstes Deckband 13 und die Schaufel 2 ein zweites Deckband 14 auf. Die Deckbänder sind in der Schaufel-

spitze der ersten Schaufel 1 und der zweiten Schaufel 2 angeordnet. Das Koppelement 5 ist seitlich im ersten Deckband 13 sowie im zweiten Deckband 14 angeordnet. Dabei ist das Koppelement 5 länglich und schmal ausgebildet und als Blech ausgeführt. Das Koppelement 5 weist im Querschnitt gesehen eine rechteckige Form mit einer Breite L und einer Höhe H auf. Die Höhe H ist im Wesentlichen identisch mit der Höhe H des Schlitzes 11. Zumindest sollte die Höhe H des Bleches 5 geringfügig kleiner sein als die Höhe H des Schlitzes 11. Es gilt hierbei, dass L größer H ist und dass das Koppelement 5 derart im Deckband 14 angeordnet ist, dass die Oberfläche mit der Breite L im Betrieb am Deckband 14 anliegt. Dadurch wird eine Reibung entstehen, die zu einer Energiedissipation führt und somit eine Schwingungsreduktion herbeiführt.

**[0028]** Das Koppelement 5 wird fest mit dem ersten Deckband 13 angeordnet, was beispielsweise durch eine Verschraubung erfolgen kann. Dazu werden Schrauben verwendet, die das Koppelement 5 mit der ersten Schaufel 1 fest verbindet. Dadurch entstehen Schraubverbindungen 15, 16. Die Schraubverbindung 15, 16 kann beispielsweise in axialer Richtung 17 orientiert sein. Die Schraubverbindung 15, 16 kann natürlich auch in radialer Richtung 18 erfolgen.

#### Patentansprüche

1. Anordnung, umfassend eine erste Schaufel (1) und eine benachbart zur ersten Schaufel (1) angeordnete zweite Schaufel (2), wobei ein Koppelement (5) in der ersten Schaufel (1) fest angeordnet ist und ein Teil des Koppelementes (9) an der zweiten Schaufel (2) anliegt, wobei die erste Schaufel (1) eine erste Schaufelspitze aufweist, wobei die zweite Schaufel (2) eine zweite Schaufelspitze aufweist, wobei das Koppelement (5) im Bereich der ersten und zweiten Schaufelspitze angeordnet ist, wobei die erste Schaufelspitze ein erstes Deckband (13) aufweist und das Koppelement (5) im ersten Deckband (13) angeordnet ist, wobei die zweite Schaufelspitze ein zweites Deckband (14) aufweist, wobei das erste Deckband (13) und das zweite Deckband (14) jeweils einen Schlitz (11) aufweist, in der das Koppelement (5) angeordnet und ist der Schlitz (11) seitlich im ersten Deckband (13) und im zweiten Deckband (14) angeordnet ist. **dadurch gekennzeichnet, dass** das Koppelement (5) im zweiten Deckband (14) lose angeordnet ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei das Koppelement (5) länglich und schmal

ausgebildet ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Koppelement (5) ein Blech ist.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, wobei das Koppelement (5) im Querschnitt gesehen eine rechteckige Form mit einer Breite L und einer Höhe H aufweist, wobei L größer H gilt und das Koppelement (5) derart im Deckband (10, 13, 14) angeordnet ist, dass die Oberfläche mit der Breite L im Betrieb am Deckband (14) anliegt.

#### Claims

1. Arrangement, comprising a first blade (1) and a second blade (2) which is arranged adjacent to the first blade (1), wherein a coupling element (5) is fixedly arranged in the first blade (1) and a part (9) of the coupling element butts against the second blade (2), wherein the first blade (1) has a first blade tip, wherein the second blade (2) has a second blade tip, wherein the coupling element (5) is arranged in the region of the first and second blade tip, wherein the first blade tip has a first shroud (13) and the coupling element (5) is arranged in the first shroud (13), wherein the second blade tip has a second shroud (14), wherein the first shroud (13) and the second shroud (14) have in each case a slot (11) in which the coupling element (5) is arranged and the slot (11) is arranged at the side in the first shroud (13) and in the second shroud (14), **characterized in that** the coupling element (5) is arranged loosely in the second shroud (14).
2. Arrangement according to Claim 1, **characterized in that** the coupling element (5) is of a longish and narrow design.
3. Arrangement according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the coupling element (5) is a plate.
4. Arrangement according to one of Claims 1, 2 or 3, **characterized in that** the coupling element (5) has a rectangular shape, as seen in cross section, with a width L and a height H, **in that** L is greater than H and the coupling element (5) is arranged in the shroud (10, 13, 14) in such a way that the surface with the width L butts against the shroud (14) during operation.

## Revendications

1. Dispositif  
 comprenant une première aube (1) et une deuxième  
 aube (2) disposée au voisinage de la première aube 5  
 (1),  
 dans lequel un élément (5) d'accouplement est mon-  
 té fixe dans la première aube (1) et une partie de  
 l'élément (9) d'accouplement s'applique à la deuxi- 10  
 ème aube (2),  
 dans lequel la première aube (1) a une première  
 pointe d'aube,  
 dans laquelle la deuxième aube (2) a une deuxième  
 pointe d'aube,  
 dans lequel l'élément (5) d'accouplement est dispo- 15  
 sé dans la zone des première et deuxième pointes  
 d'aube,  
 dans lequel la première pointe d'aube a un premier  
 anneau (13) de renforcement et l'élément (5) d'ac- 20  
 couplement est monté dans le premier anneau (13)  
 de renforcement,  
 dans lequel la deuxième pointe d'aube a un deuxiè-  
 me anneau (14) de renforcement,  
 dans lequel le premier anneau (13) de renforcement 25  
 et le deuxième anneau (14) de renforcement ont res-  
 pectivement une fente (11) dans laquelle est monté  
 l'élément (5) d'accouplement et la fente (11) est dis-  
 posée latéralement dans le premier anneau (13) de  
 renforcement et dans le deuxième anneau (14) de 30  
 renforcement,  
**caractérisé en ce que** l'élément (5) d'accouplement  
 est monté d'une manière lâche dans le deuxième  
 anneau (14) de renforcement.
  
2. Dispositif suivant la revendication 1, 35  
 dans lequel l'élément (5) d'accouplement est oblong  
 et étroit.
  
3. Dispositif suivant la revendication 1 ou 2, 40  
 dans lequel l'élément (5) d'accouplement est une  
 tôle.
  
4. Dispositif suivant l'une des revendications 1, 2 ou 3, 45  
 dans lequel l'élément (5) d'accouplement a, consi-  
 déré en section transversale, une forme rectangu-  
 laire ayant une largeur L et une hauteur H,  
 dans laquelle L est plus grand que H et l'élément (5)  
 d'accouplement est disposé dans l'anneau (10, 13,  
 14) de renforcement de manière à ce que la surface 50  
 s'applique par la largeur L en fonctionnement à l'an-  
 neau (14) de renforcement.

55

FIG 1

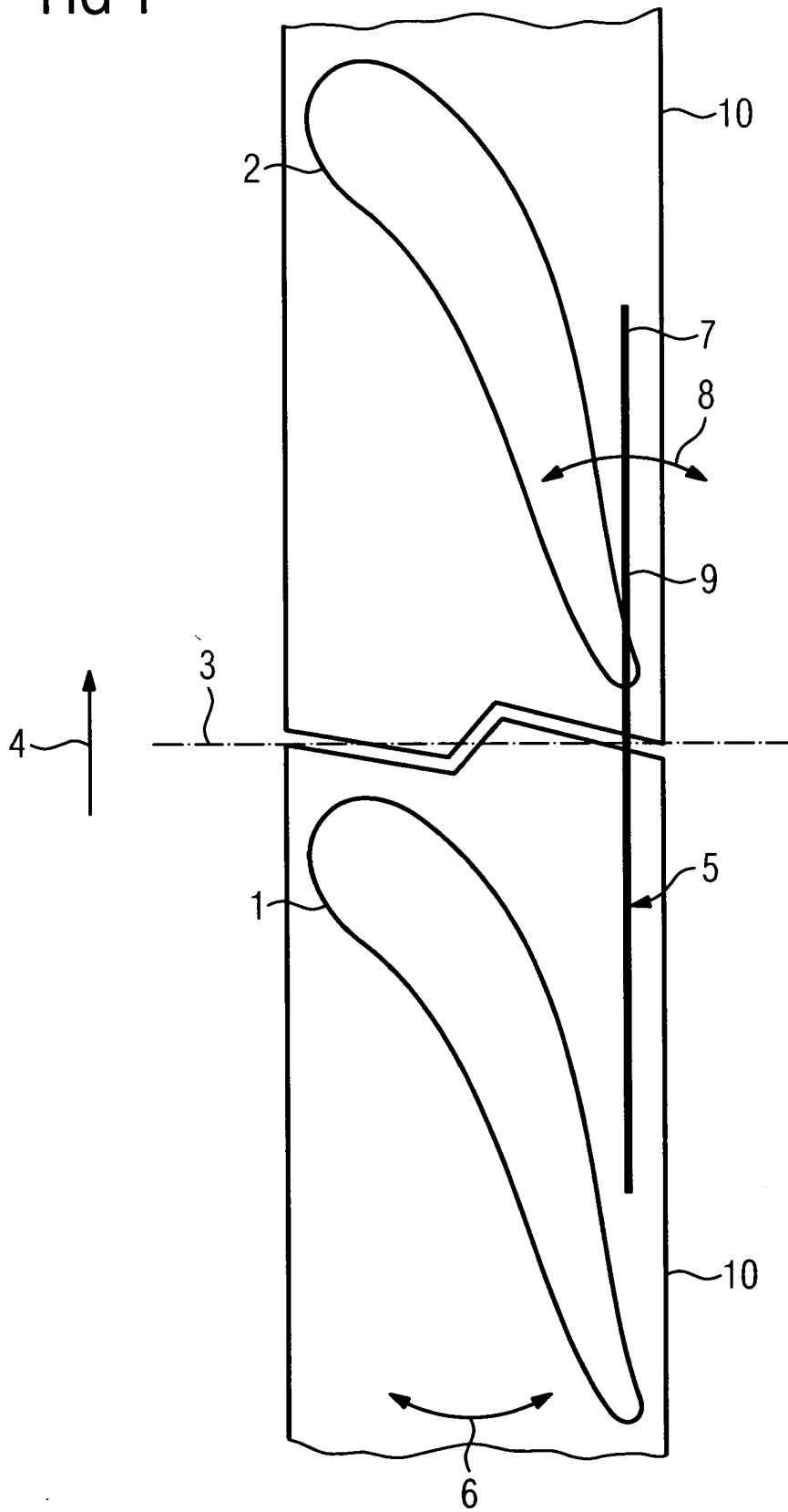


FIG 2

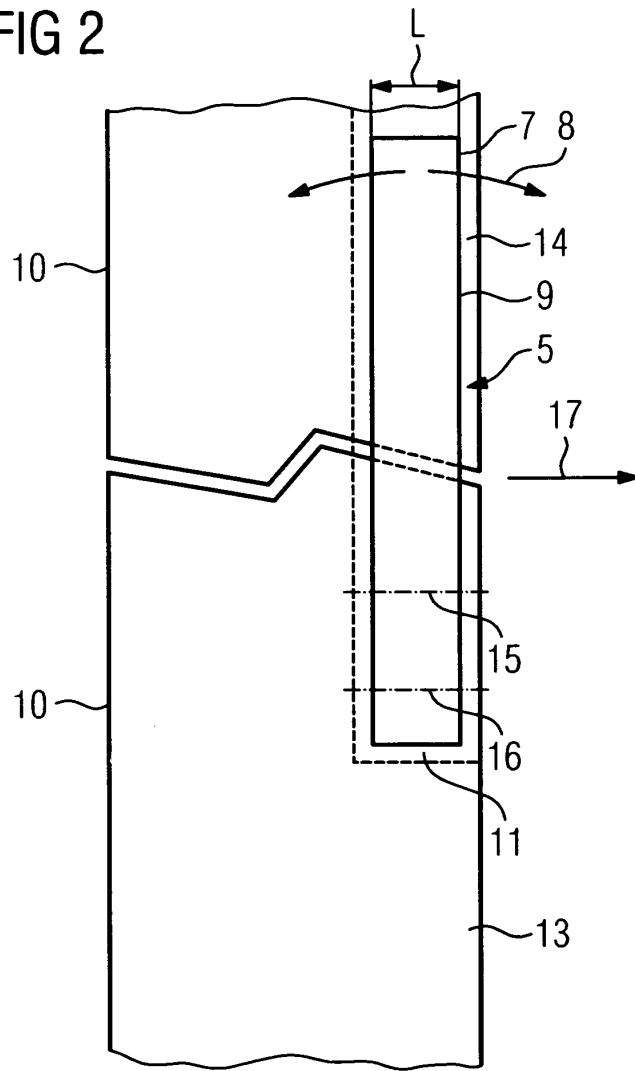
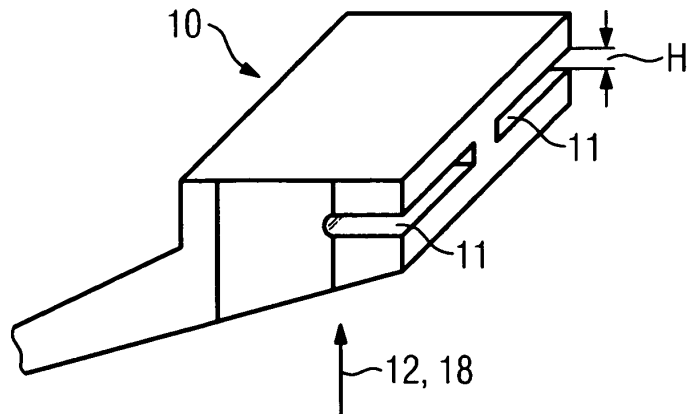


FIG 3



**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**

- DE 69704001 T1 [0004]
- US 4784571 A [0005]
- DE 10256778 A1 [0006]