

(19)



(11)

EP 4 012 159 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.06.2023 Patentblatt 2023/23

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01D 5/22^(2006.01) F01D 5/26^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21209690.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01D 5/22; F01D 5/26

(22) Anmeldetag: **22.11.2021**

(54) **DÄMPFUNGSELEMENT FÜR DAMPFTURBINENSCHAUFELN**

DAMPING ELEMENT FOR STEAM TURBINE BLADES

ÉLÉMENT D'AMORTISSEMENT POUR UNE AUBE DE TURBINE À VAPEUR

(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

(30) Priorität: **08.12.2020 DE 102020215479**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.06.2022 Patentblatt 2022/24

(73) Patentinhaber: **Siemens Energy Global GmbH & Co. KG**
81739 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Beyer, Inka**
02625 Bautzen (DE)
• **Tusche, Johannes**
02956 Rietschen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 335 299 DE-A1-102010 041 702
DE-A1-102017 203 308 US-A- 4 776 764

EP 4 012 159 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 ein Turbinenstufe, umfassend wenigstens einen Turbinenrotor und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors angeordnete Turbinenschaufeln, sowie wenigstens ein Koppellement, wobei in einer ersten Turbinenschaufel und in einer zweiten, zur ersten benachbarten Turbinenschaufeln, Durchgangsbohrungen ausgebildet sind, durch die das Koppellement hindurchragt und wobei das Koppellement die Turbinenschaufeln mechanisch miteinander koppelt.

[0002] Aufgrund der auf die Turbinenschaufeln einer Turbinenstufe wirkenden Kräfte kann es an der Beschau felung von Turbinen im gesamten Betriebsbereich zu Schwingungsanregung kommen. Die durch die Schwin gungsanregung verursachte dynamische Beanspru chung führt zu einer Verringerung der Lebensdauer der Turbinenschaufeln. Aus diesem Grund muss bei der Aus legung einer Turbinenstufe beachtet werden, dass diese in Ihrem Betriebsbereich keine, oder wenn es nicht vermeidbar ist, nur Schwingungsbewegungen mit geringer, d.h. dauerhaft ertragbarer Amplitude ausführt. Aufgrund von gegebenen Designkriterien und der Vielzahl von möglichen Anregungsmechanismen im gesamten Be triebsbereich (drehzahlsynchrone Anregung, Unwuch terregung, instationäre und transiente Strömungsanre gung), welche teilweise nicht vorhergesagt werden kön nen, ist dieser Punkt nur schwer zu realisieren. Im Falle von Schwingungsereignissen mit unzulässig großer Am plitude muss daher der dauerhaft fahrbare Betriebsbe reich zum Teil wesentlich eingeschränkt werden (z.B. Ab senken der Druckschutzkurve), um die mechanische In tegrität der Beschau felung zu gewährleisten und einen Funktionsausfall oder noch schwerwiegendere Folgen durch Schaufelverlust zu vermeiden.

[0003] Eine Möglichkeit Schaufelschwingungen zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren besteht in der Verwendung von Koppellementen die zwischen zwei Turbinenschaufel angeordnet werden und diese mecha nisch miteinander koppeln. Energie, welche zur Schwin gung der Schaufeln führt, wird mittels der Koppellemen te dem System entzogen und durch Reibungseffekte dis sipiert. Solche Koppellemente sind beispielsweise aus der DE 10 2010 041 702 A1 bekannt. Durch die Kopplung von zwei oder mehreren Turbinenschaufeln mittels Koppellementen wird die Schwingungsamplitude der ein zelnen Schaufeln deutlich reduziert und dadurch die Schwingungsbelastung in den einzelnen Schaufeln ver mindert, so dass Ermüdungsbrüche der Turbinenschau feln wirkungsvoll verhindert werden können.

[0004] Die DE 10 2017 203 308 A1 offenbart eine Tur binenstufe, bei der die Koppellemente räumlich so an zuordnen sind, dass sie ohne Demontage der einzelnen Turbinenschaufeln der Turbinenstufe entfernt werden können. Hierzu weist eine Turbinenschaufel eine Durch gangsbohrung und die benachbarte, zu koppelnde Tur binenschaufel eine Sacklochbohrung auf. Das Koppel element wird durch die Durchgangsbohrung hindurch ge

schoben, bis es sich mit einem ersten Ende in der Sack lochbohrung befindet. Anschließend wird ein Verschluss element in die Durchgangsbohrung geschraubt, die das zweite Ende des Koppellements fixiert. Hierdurch kann das Koppellement im Bedarfsfall leicht ersetzt werden. Durch das Einschrauben des Verschlusselements erge ben sich allerdings auf Grund des Innengewindes Korb spannungen im Blattbereich, welche zu lokalen Span nungserhöhungen und zum Versagen der Turbinen schaufel führen können.

[0005] Nachteilig an beide Lösungen ist, dass die Tur binenschaufeln für die Aufnahme der Koppellemente entsprechend ausgebildet sein müssen, so dass die Ver wendung bei bestehenden Turbinenstufen nicht ohne weiteres möglich, da das dafür notwendige Material nicht in der Geometrie vorhanden ist.. Außerdem ist für die Aufnahme der Koppellemente jeweils eine bestimmte Mindestdicke der Turbinenschaufel im Bereich der Auf nahme notwendig.

[0006] Ausgehend vom zuvor beschrieben Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Turbinenstufe mit Koppellementen bereit zu stellen bei dem die Turbinenschaufeln keine spezielle Ausbildung aufweisen müssen, so dass auch Bestandsanlagen leicht nachgerüstet werden können.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Merkmale des un abhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung, welche einzeln oder in Kombination mit einander einsetzbar sind, sind Gegenstand der Unteran sprüche.

[0009] Die erfindungsgemäße Turbinenstufe, umfas send wenigstens einen Turbinenrotor und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors angeordnete Turbinen schaufeln, sowie wenigstens ein Koppellement, wobei in einer ersten Turbinenschaufel und in einer zweiten, zur ersten benachbarten Turbinenschaufeln, Durch gangsbohrungen ausgebildet sind durch die das Koppel element hindurchragt und wobei das Koppellement die Turbinenschaufeln mechanisch miteinander koppelt, zeichnet sich dadurch aus, dass

- das Koppellement eine Koppelhülse mit einem In nengewinde und einen, an einem Ende der Koppel hülse ausgebildeten ersten Anlagekopf aufweist, wobei der erste Anlagekopf einen Durchmesser auf weist, der größer ist als der Durchmesser der Durch gangsbohrung durch die das Koppellement hin durchragt und wobei der erste Anlagekopf an der Außenseite der ersten Turbinenschaufel angeord net ist,
- das Koppellement einen Koppelstift mit einem kom plementär zum Innengewinde der Koppelhülse aus gebildeten Außengewinde und einem an einem En de des Koppelstifts ausgebildeten zweiten Anlage kopf aufweist, wobei der zweite Anlagekopf einen Durchmesser aufweist, der größer ist als der Durch messer der Durchgangsbohrung durch die das Kop

pelelement hindurchragt und wobei der zweite Anlagekopf an der Außenseite der zweiten Turbinenschaufel angeordnet ist, und

- die Koppelhülse und der Koppelstift über das Innengewinde und das Außengewinde miteinander verschraubt sind.

[0010] Als Außenseite der jeweiligen Turbinenschaufel wird dabei die Seite des Turbinenblatts (Turbinenprofils) bezeichnet, die der zu koppelnden zweiten Turbinenschaufel abgewandt ist.

[0011] Dadurch, dass die beiden Turbinenschaufeln jeweils nur Durchgangsbohrungen aufweisen und die beiden Bauteile (Koppelstift mit Koppelhülse) des Koppellements nur mit sich selbst verschraubt sind, ist keine spezielle Ausbildung oder Mindestdicke der Turbinenschaufeln notwendig. Hierdurch lässt sich prinzipielle jede bestehende Turbinenstufe einfach nachrüsten. Dadurch, dass das Koppellement nur durch die Durchgangsbohrungen in den Turbinenschaufeln hindurch geschoben ist, treten auch keine Kerbspannungen wie bei einer Lösung mit in das Turbinenblatt eingeschraubtem Verschlusselement auf, die zu keiner Schwächung der Turbinenschaufel führen würde.

[0012] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Koppelhülse durch die Durchgangsbohrung sowohl der ersten als auch der zweiten Turbinenschaufel hindurchragt. Hierbei können die Durchgangsbohrungen in beiden Turbinenschaufeln mit dem gleichen Durchmesser ausgebildet sein, was die Fertigung vereinfacht und Kosten spart. Außerdem vereinfacht sich hierdurch die Montage, da alle Turbinenschaufeln identisch ausgebildet sind und bei der Montage nicht auf eine bestimmte Reihenfolge geachtet werden muss.

[0013] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das dem zweiten Anlagekopf gegenüberliegende Ende des Koppelstifts plastisch verformt ist, so dass ein Formschluss zwischen dem Koppelstift und der Koppelhülse besteht. Hierdurch wird verhindert, dass sich die Schraubverbindung zwischen dem Koppelstift und der Koppelhülse im Turbinenbetrieb lösen kann.

[0014] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert und die Montage des Koppellements beschrieben.

[0015] Es zeigt:

- Fig. 1: Eine Detailansicht einer erfindungsgemäßen Turbinenstufe.
- Fig. 2-7.: Eine Darstellung der einzelnen Montageschritte eines Koppellements bei einer erfindungsgemäßen Turbinenstufe nach Fig. 1.

[0016] Die Figuren stellen jeweils nur eine schematische und nicht detailgetreue Darstellung der Erfindung dar. Gleiche bzw. funktionsgleiche Bauteile sind figurübergreifend mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0017] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Turbinenstufe. Die Figur zeigt dabei

nicht die komplette Turbinenstufe, sondern nur einen zur Darstellung der Erfindung notwendigen Ausschnitt. Die Figur ist dabei als Abwicklung dargestellt.

[0018] Die Turbinenstufe 1 umfasst einen Turbinenrotor 2 und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors 2 angeordnete Turbinenschaufeln 3. Jeweils zwei zueinander benachbarte Turbinenschaufeln 3', 3" sind mittels eines Koppellements 4 mechanisch miteinander gekoppelt. Hierzu weist die Turbinenschaufel eine entsprechende Durchgangsbohrung 5 auf, durch die das Koppellement hindurchragt. Das Koppellement 4 umfasst eine Koppelhülse 6 und einen Koppelstift 10 die im montierten Zustand miteinander verschraubt sind.

[0019] Die mechanische Koppelung sorgt dafür, dass eine Schwingungsanregung der Turbinenschaufeln 3', 3", die zu einer Beschädigung der Turbinenschaufeln oder einer Reduzierung der Lebensdauer der Bauteile führen kann, vermieden wird. Die Montage des Koppellements 4 wird nachfolgend anhand der Fig. 2-7 erläutert.

[0020] Bei der Montage des Koppellementes 4 wird zunächst die Koppelhülse 6 durch die Bohrungen 5 der ersten Turbinenschaufel 3' und der zweiten Turbinenschaufel 3" geschoben. Die Bohrungen 5 weisen bevorzugt in beiden Turbinenschaufeln 3', 3" den gleichen Durchmesser D auf. Hierdurch können alle Turbinenschaufeln einer Turbinenstufe identisch ausgebildet werden. Die Koppelhülse 6 weist an einem Ende einen Anlagekopf 8 auf, dessen Durchmesser D1 größer ist als der Durchmesser D der Bohrungen 5 in den Turbinenschaufeln 3', 3". Hierdurch kann die Koppelhülse 6 beim Einschieben in die Bohrungen 5 nicht durch die Bohrung hindurch geschoben werden.

[0021] Nachdem die Koppelhülse durch die Bohrungen 5 hindurch geschoben wurde (Fig. 3), wird wie in Fig. 4 dargestellt, der Koppelstift 10 in die Koppelhülse 6 eingeschraubt. In der Koppelhülse 6 ist hierzu ein Innengewinde 7 und am Koppelstift 10 ein komplementär ausgebildetes Außengewinde 11 ausgebildet. Der Koppelstift 10 weist an dem, dem Anlagekopf 8 der Koppelhülse 6 gegenüberliegenden Ende einen Anlagekopf 12 auf dessen Durchmesser D2 wiederum größer ist als der Durchmesser D der Bohrungen 5. Hierdurch ist sichergestellt, dass das Koppellement 4 nach dem Verschrauben der Koppelhülse 6 mit dem Koppelstift 10 verliersicher zwischen den beiden Turbinenschaufeln 3', 3" montiert ist. Das Koppellement hat dabei nach der Montage und im Stillstand der Turbinenstufe ein gewisses Spiel und lässt sich dadurch sowohl in axialer als auch in radialer Richtung verschieben. Während des Betriebs der Turbine legt sich das Koppellement 4 auf Grund der Fliehkraft an die Bohrungen 5 an und sorgt dabei für die mechanische Koppelung der beiden Turbinenschaufeln 3' und 3" und damit für die Schwingungsdämpfung.

[0022] Fig. 5 zeigt das Koppellement 4 im montierten Zustand.

[0023] Damit sich die Verschraubung von Koppelhülse 6 und Koppelstift 10 nicht lösen kann wird das dem An-

lagekopf 12 gegenüberliegende Ende des Koppelstifts 6 plastisch verformt. Hierzu wird z.B. wie in Figur 6 gezeigt, temporär eine Madenschraube 13 in die Koppelhülse 6 geschraubt, wodurch sich das Ende des Koppelstifts 10 plastisch verformt. Anschließend wird die Madenschraube 13 wieder entfernt und das Koppellement 4 ist damit vollständig montiert (Fig. 7).

Patentansprüche

1. Turbinenstufe (1), umfassend wenigstens einen Turbinenrotor (2) und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors (2) angeordnete Turbinenschaufeln (3), sowie wenigstens ein Koppellement (4),

wobei in einer ersten Turbinenschaufel (3') und in einer zweiten, zur ersten benachbarten Turbinenschaufeln (3''), Durchgangsbohrungen (5) ausgebildet sind, durch die das Koppellement (4) hindurchragt und

wobei das Koppellement (4) die Turbinenschaufeln (3',3'') mechanisch miteinander koppelt,

dadurch gekennzeichnet, dass das Koppellement (4)

- eine Koppelhülse (6) mit einem Innengewinde (7) und einen, an einem Ende der Koppelhülse (6) ausgebildeten ersten Anlagekopf (8) aufweist, wobei der erste Anlagekopf (8) einen Durchmesser (D1) aufweist, der größer ist als der Durchmesser (D) der Durchgangsbohrung (5) durch die das Koppellement (4) hindurchragt und wobei der erste Anlagekopf (8) and der Außenseite (9) der ersten Turbinenschaufel (3') angeordnet ist,

- einen Koppelstift (10) mit einem komplementär zum Innengewinde (7) der Koppelhülse (6) ausgebildeten Außengewinde (11) und einem an einem Ende des Koppelstifts (10) ausgebildeten zweiten Anlagekopf (12) aufweist, wobei der zweite Anlagekopf (12) einen Durchmesser (D2) aufweist, der größer ist als der Durchmesser (D) der Durchgangsbohrung (5) durch die das Koppellement (4) hindurchragt und wobei der zweite Anlagekopf (12) an der Außenseite (13) der zweiten Turbinenschaufel (3'') angeordnet ist,

und wobei die Koppelhülse (6) und der Koppelstift (10) über das Innengewinde (7) und das Außengewinde (11) miteinander verschraubt sind.

2. Turbinenstufe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppelhülse (6) durch die Durchgangsbohrung (5) sowohl der ersten als auch der zweiten Turbinenschaufel (3',3'') hindurchragt.

3. Turbinenstufe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem zweiten Anlagekopf (9) gegenüberliegende Ende des Koppelstifts (10) plastisch verformt ist, so dass ein Formschluss zwischen dem Koppelstift (8) und der Koppelhülse (5) besteht.

Claims

1. Turbine stage (1) comprising at least one turbine rotor (2) and multiple turbine blades (3) arranged over the circumference of the turbine rotor (2), and also comprising at least one coupling element (4),

wherein passage bores (5) are formed in a first turbine blade (3') and in a second turbine blade (3''), which is adjacent to the first turbine blade, through which passage bores the coupling element (4) extends, and

wherein the coupling element (4) mechanically couples the turbine blades (3', 3'') to one another, **characterized in that** the coupling element (4)

- has a coupling sleeve (6) with an internal thread (7) and with a first abutment head (8) which is formed on one end of the coupling sleeve (6), wherein the first abutment head (8) has a diameter (D1) which is greater than the diameter (D) of the passage bore (5) through which the coupling element (4) extends, and wherein the first abutment head (8) is arranged on the outer side (9) of the first turbine blade (3'),

- has a coupling pin (10) with an external thread (11) which is formed in a manner complementary to the internal thread (7) of the coupling sleeve (6), and with a second abutment head (12) which is formed on one end of the coupling pin (10), wherein the second abutment head (12) has a diameter (D2) which is greater than the diameter (D) of the passage bore (5) through which the coupling element (4) extends, and wherein the second abutment head (8) is arranged on the outer side (13) of the second turbine blade (3''), and wherein the coupling sleeve (6) and the coupling pin (10) are screwed to one another via the internal thread (7) and the external thread (11).

2. Turbine stage according to Claim 1, **characterized in that** the coupling sleeve (6) extends through the passage bore (5) of both the first and the second turbine blades (3', 3'').

3. Turbine stage according to Claim 1, **characterized in that** that end of the coupling pin (10) which is

situated opposite the second abutment head (9) is plastically deformed such that there is a form fit between the coupling pin (8) and the coupling sleeve (5).

Revendications

1. Étage de turbine (1), comprenant au moins un rotor de turbine (2) et plusieurs aubes de turbine (3) agencées sur la périphérie du rotor de turbine (2), ainsi qu'au moins un élément de couplage (4),

dans lequel des alésages traversants (5) à travers lesquels fait saillie l'élément de couplage (4) sont formés dans une première aube de turbine (3') et dans une seconde aube de turbine (3'') voisine de la première, et dans lequel l'élément de couplage (4) couple mécaniquement les aubes de turbine (3', 3'') l'une à l'autre,

caractérisé en ce que l'élément de couplage (4)

- présente un manchon de couplage (6) avec un filetage intérieur (7) et une première tête d'appui (8) formée à une extrémité du manchon de couplage (6), dans lequel la première tête d'appui (8) présente un diamètre (D1) supérieur au diamètre (D) de l'alésage traversant (5) à travers lequel l'élément de couplage (4) fait saillie, et dans lequel la première tête d'appui (8) est agencée sur le côté extérieur (9) de la première aube de turbine (3'),

- présente une tige de couplage (10) avec un filetage extérieur (11) réalisé de manière complémentaire au filetage intérieur (7) du manchon de couplage (6) et une seconde tête d'appui (12) réalisée à une extrémité de la tige de couplage (10), dans lequel la seconde tête d'appui (12) présente un diamètre (D2) supérieur au diamètre (D) de l'alésage traversant (5) à travers lequel l'élément de couplage (4) fait saillie, et dans lequel la seconde tête d'appui (12) est agencée sur le côté extérieur (13) de la seconde aube de turbine (3''), et dans lequel le manchon de couplage (6) et la tige de couplage (10) sont vissés l'un à l'autre par l'intermédiaire du filetage interne (7) et du filetage externe (11).

2. Étage de turbine selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le manchon de couplage (6) fait saillie à travers l'alésage traversant (5) des première et seconde aubes de turbine (3', 3'').

3. Étage de turbine selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'extrémité de la tige de couplage (10) opposée à la seconde tête d'appui (9) est déformée de manière plastique de sorte qu'un verrouillage par complémentarité de forme est constitué entre la tige de couplage (8) et le manchon de couplage (5).

FIG 1

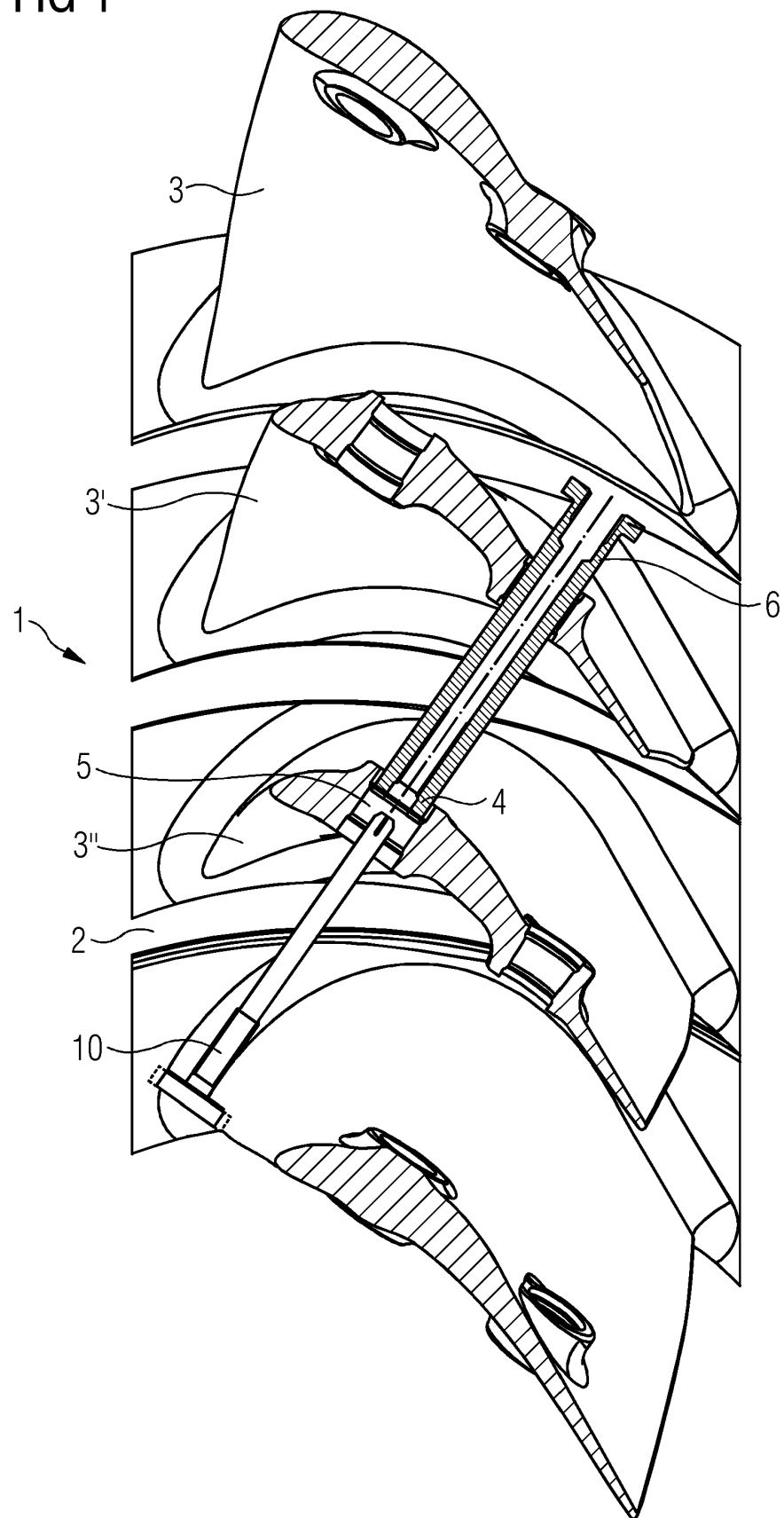


FIG 2

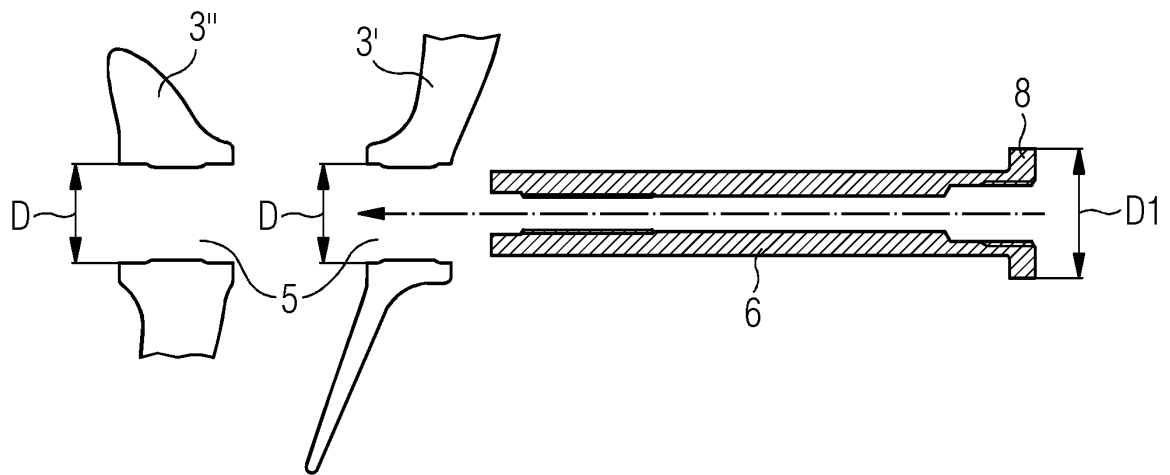


FIG 3

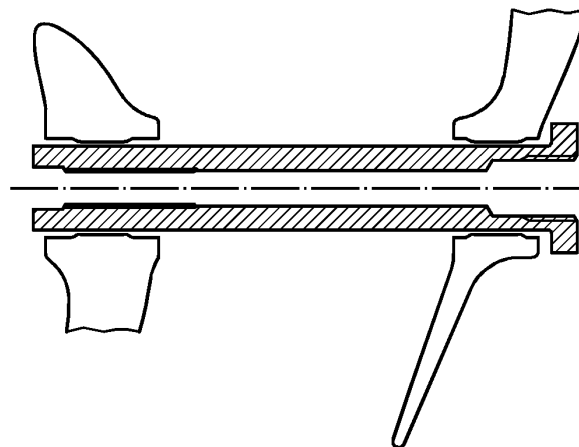


FIG 4

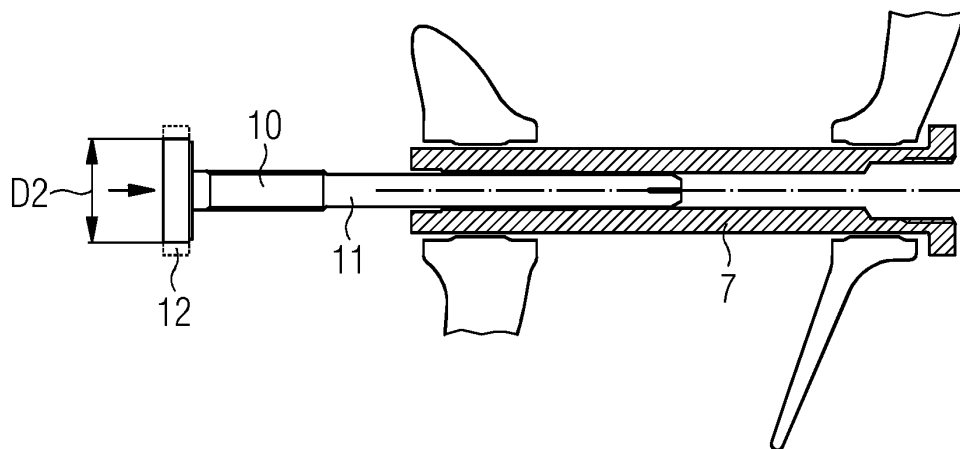


FIG 5

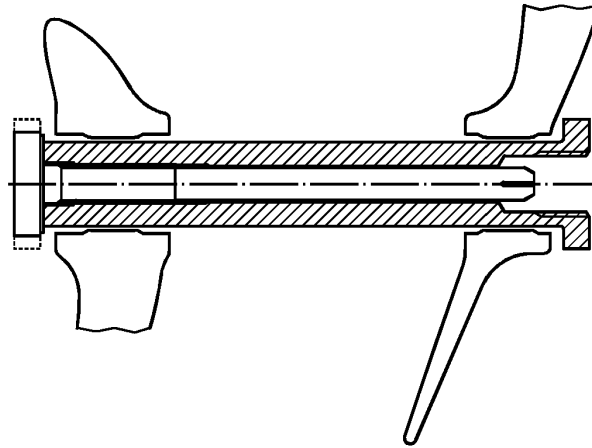


FIG 6

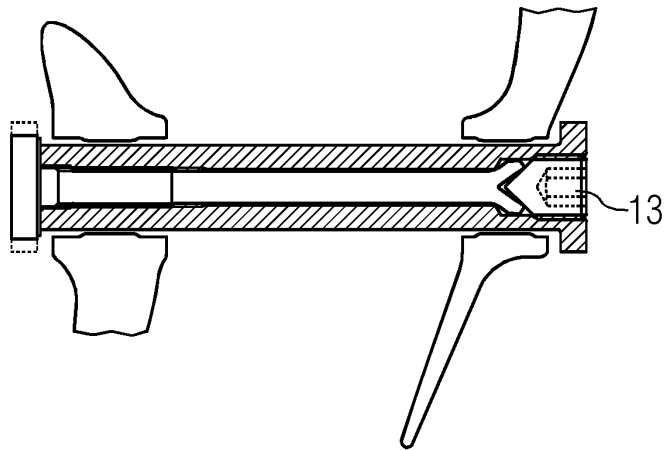
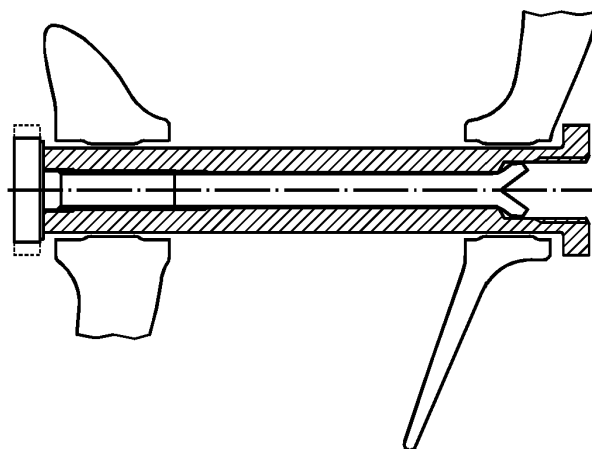


FIG 7



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 102010041702 A1 [0003]
- DE 102017203308 A1 [0004]