

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 698 921 B1

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

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01809/06

(22) Anmeldedatum: 10.11.2006

(24) Patent erteilt: 15.12.2009

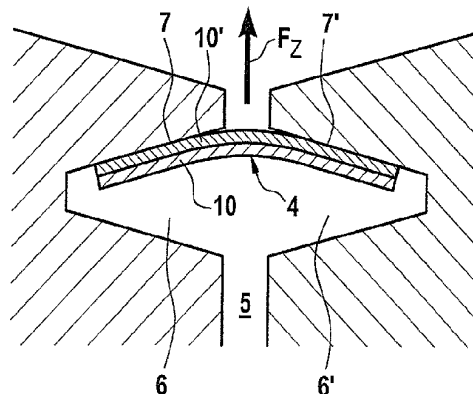
(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.12.2009

(73) Inhaber:
ALSTOM Technology Ltd, Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
Ulrich Rathmann, 5400 Baden (CH)
Dr. Thomas Zierer, 5408 Ennetbaden (CH)
Ronald Wifling, 79761 Waldshut-Tiengen (DE)
Sven Olmes, 5234 Villigen (CH)
Beat Von Arx, 4632 Trimbach (CH)

(54) **Strömungsmaschine.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine mit einem Rotor und einem Stator, die jeweils mit mehreren Schaufeln bestückt sind, wobei zumindest zwischen zwei benachbarten Schaufeln ein mittels eines Dichtelementes (4) gegenüber einem Arbeitsgaseinbruch abgedichteter Spalt (5) angeordnet ist. Das Dichtelement (4) verläuft dabei im Wesentlichen quer zum Spalt (5) und greift jeweils in sich gegenüberliegende Ausnehmungen (6, 6') der benachbarten Schaufeln ein. Eine radial äussere und/oder eine radial innere Wandung (7) der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen (6, 6') verlaufen dabei schräg zum Spalt (5).



Beschreibung**Technisches Gebiet**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine, insbesondere eine Gasturbine, mit einem Rotor und einem Stator.

Stand der Technik

[0002] Insbesondere bei mit Heissgas betriebenen Strömungsmaschinen, wie beispielsweise bei Gasturbinen, aber auch bei mit Arbeitsgas betriebenen Strömungsmaschinen, wie beispielsweise einem Verdichter, ist der Wirkungsgrad der Strömungsmaschine hauptverantwortlich für einen ökonomischen Betrieb der Strömungsmaschine. Den Wirkungsgrad herabsetzend wirken insbesondere sogenannte Bypass-Strömungen, welche beispielsweise die Laufschaufeln bei einer Turbine oder die Verdichterschaufeln bei einem Kompressor umgehen. Um eine derartige Bypass-Strömung möglichst gering zu halten, das heisst die Strömung der Strömungsmaschine möglichst uneingeschränkt den Schaufeln zuführen zu können, muss der Strömungskanal, in welchem die Schaufeln angeordnet sind, möglichst dicht ausgebildet sein, so dass keine oder zumindest nur eine stark reduzierte Bypass-Strömung möglich ist. Insbesondere bei Rotorschaufeln von Gasturbinen besteht dabei die Gefahr, dass die Gasströmung durch einen zwischen zwei benachbarten Schaufeln angeordneten Spalt hindurchströmt und dadurch mehr oder weniger durch den Schaufelträger und nicht über das Schaufelblatt strömt. Üblicherweise sind daher derartige Spalte zwischen zwei benachbarten Schaufeln so eng beziehungsweise schmal, dass aufgrund der geringen geometrischen Abmessungen ein Arbeitsgaseinbruch klein gehalten werden kann. Derartig eng ausgebildete Spalte erfordern jedoch eine hohe Bauteilgenauigkeit der einzelnen Schaufeln, welche nur durch eine aufwändige und teure Fertigung erreicht werden kann. Ausserdem können unerwünschte Kopplungen zwischen einzelnen Schaufeln erfolgen, welche die Langlebigkeit der einzelnen Schaufeln herabsetzt. Ist in den engen Spalten zusätzlich ein Dichtelement angeordnet, so kann dieses aufgrund seiner Steifigkeit einen negativen Effekt auf die Lebensdauer der Schaufeln ausüben. Zugleich ist auch ein Aus- beziehungsweise Einbau der Schaufeln beziehungsweise der Dichtelemente bei der geforderten hohen Genauigkeit teuer und aufwändig.

Darstellung der Erfindung

[0003] Hier setzt die Erfindung an. Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, beschäftigt sich mit dem Problem, für eine Strömungsmaschine eine verbesserte oder zumindest eine andere Ausführungsform anzugeben, bei welcher sich eine den Wirkungsgrad beeinträchtigende Bypass-Strömung konstruktiv einfach minimieren lässt, ohne die Lebensdauer der Schaufeln zu beeinträchtigen.

[0004] Dieses Problem wird erfindungsgemäss durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0005] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, einen zwischen zwei benachbarten Schaufeln angeordneten Spalt mit einem im Wesentlichen quer zum Spalt angeordneten und flexiblen Dichtelement auszurüsten, welches jeweils in sich gegenüberliegende Ausnehmungen der benachbarten Schaufeln eingreift und aufgrund seiner flexiblen Ausgestaltung in der Lage ist, sich an eine schräg zum Spalt verlaufende Wandung der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen beim Betrieb der Strömungsmaschine dichtend anzulegen. Die Strömungsmaschine, welche beispielsweise als Gasturbine oder als Verdichter ausgebildet sein kann, weist daher zumindest einen Rotor mit benachbart zueinander angeordneten Schaufeln auf, wobei zwischen zwei benachbarten Schaufeln besagter Spalt angeordnet ist. Durch das erfindungsgemässe Querschnittsprofil der beiden sich gegenüberliegenden Ausnehmungen kann sich die flexible Dichtung aufgrund der beim Betrieb der Strömungsmaschine herrschenden Zentrifugalkräfte und aufgrund der thermischen Ausdehnung dicht an eine radial äussere Wandung der Ausnehmungen anlegen und dadurch den Einbruch von Arbeitsgas wirkungsvoll unterbinden. Durch die erfindungsgemässe Dichtung können somit die eingangs beschriebenen Nachteile der bisherigen Dichtungen, wie beispielsweise eine hohe und teure Bauteilgenauigkeit, vermieden werden. Aufgrund der nunmehr zumindest geringfügig grösseren Spalte besteht auch die Gefahr eines unerwünschten Kontaktes zwischen zwei benachbarten Schaufeln nicht mehr, welche zu Beschädigungen an den Schaufeln führen könnten. Darüber hinaus ist auch eine Montage beziehungsweise Demontage der einzelnen Schaufeln einfacher und damit kostengünstiger, da diese aufgrund der grösseren Spaltbreiten mit einer reduzierten Montagegenauigkeit eingebaut werden können. Aufgrund der flexiblen Ausbildung des Dichtelementes kann dieses auch keine Beschädigungen mehr in den Ausnehmungen der benachbarten Schaufeln hervorrufen, wodurch insgesamt die Lebensdauer der Schaufeln und der Dichtelemente erhöht werden kann.

[0006] Zweckmässig liegt das Dichtelement im Nichtbetriebszustand der Strömungsmaschine an einem oder an keinem Grund der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen an. Mit anderen Worten ausgedrückt bedeutet dies, dass das Dichtelement im Nichtbetriebszustand der Strömungsmaschine, also vorzugsweise im kalten Zustand, deutlich geringere Aussenabmessungen aufweist als die Innenabmessungen der beiden sich gegenüberliegenden Ausnehmungen. Diese Abmessungsdifferenzen gewährleisten eine gewisse Beweglichkeit des Dichtelementes bei stillstehender Strömungsmaschine im Dichtungsraum, welcher im Wesentlichen von den zwei sich gegenüberliegenden Dichtungen der benachbarten Schaufeln begrenzt wird. Durch die Abmessungsdifferenzen lässt sich das Dichtelement insbesondere deutlich einfacher montieren beziehungsweise demontieren, wie dies bei einem komplementär, das heisst passgenau zu den Ausnehmungen ausgebildeten Dichtelement der Fall wäre.

[0007] Zweckmässig besteht das Dichtelement aus zumindest zwei radial aneinanderliegenden Lagen. Durch eine mehrlagige Ausbildung des Dichtelementes verringert sich dessen Biege- und Torsionswiderstand, wodurch sich das Dichtelement noch besser an die radial äussere Wandung der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen anlegen kann und dadurch eine effektive Abdichtung des Spaltes bewirkt. Die mehrlagige Ausbildung ermöglicht dabei einerseits vorab genannte Reduzierung des Biege- beziehungsweise Torsionswiderstandes, ist aber andererseits dick genug, um den hohen Belastungen, beispielsweise auch hervorgerufen durch eine Oxidation, langfristig standzuhalten.

[0008] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der erfindungsgemässen Strömungsmaschine ergeben sich aus abhängigen Ansprüchen aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0009] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Komponenten beziehen.

[0010] Es zeigen dabei, jeweils schematisch,

- Fig. 1 eine Schnittdarstellung durch eine erfindungsgemässe Dichtung zwischen zwei benachbarten Schaufeln einer Strömungsmaschine im Nichtbetriebszustand,
- Fig. 2 eine Darstellung wie in Fig. 1, jedoch im Betrieb der Strömungsmaschine,
- Fig. 3a bis 3c unterschiedliche Ausführungsformen von zum Spalt hin offenen Ausnehmungen in zwei benachbarten Schaufeln,
- Fig. 4 eine Schnittdarstellung im Bereich einer erfindungsgemässen Dichtung,
- Fig. 5a ein Dichtelement bei einer sich im Nichtbetriebszustand befindlichen Strömungsmaschine,
- Fig. 5b eine Darstellung wie in 5a, jedoch mit einem Dichtelement im Betriebszustand der Strömungsmaschine,
- Fig. 6 mögliche geometrische Abmessungen eines Dichtelementes beziehungsweise zwei sich gegenüberliegender Ausnehmungen,
- Fig. 7a bis f unterschiedliche Ausführungsformen von Positionierelemente

[0011] Strömungsmaschinen, insbesondere Gasturbinen oder Verdichter, weisen üblicherweise einen Rotor auf, der zumindest eine Schaufelreihe 1 mit mehreren Schaufeln 2, 2' besitzt. Bei der Schaufelreihe 1 kann es sich beispielsweise um eine Laufschaufelreihe eines Rotors oder um eine Leitschaufelreihe eines Stators handeln. Die einzelnen Schaufeln sind dabei einzeln an einem Schaufelträger 3 (vgl. Fig. 4) befestigt, wobei zwischen den zwei benachbarten Schaufeln 2 und 2' (vgl. Fig. 1 und 2) einer Schaufelreihe 1 ein mittels eines Dichtelementes 4 gegenüber einem Arbeitsgaseinbruch abgedichteter Spalt 5 angeordnet ist. Um einen möglichst hohen Wirkungsgrad der Strömungsmaschine erreichen zu können, ist es erforderlich, den Spalt 5 wirkungsvoll abzudichten und dadurch eine die Schaufeln 2, 2' umgehende Bypass-Strömung zu unterbinden.

[0012] Bisher wurden dazu die Spalte sehr eng gehalten, wodurch sich jedoch eine hohe erforderliche Bauteilgenauigkeit ergab, welche nur durch einen hohen und damit teuren Fertigungsaufwand zu realisieren war. Des Weiteren ist bei sehr engen Spalten nicht auszuschliessen, dass die benachbarten Schaufeln 2, 2' miteinander in Kontakt treten und dabei Schaden nehmen können.

[0013] Die erfindungsgemässe Lösung schlägt vor, das Dichtelement 4 flexibel auszubilden und im Wesentlichen quer zum Spalt 5 anzuordnen, wobei das Dichtelement 4 jeweils in sich gegenüberliegende Ausnehmungen 6 und 6' der benachbarten Schaufeln 2 und 2' eingreift. Dabei verläuft eine radial äussere Wandung 7 und/oder eine radial innere Wandung 8 der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen 6, 6' schräg zum Spalt 5. Gemäss Fig. 1 sind dabei Ausnehmungen 6 und 6' gezeigt, bei welchen sowohl die radial äussere als auch die radial innere Wandung 7, 8 geneigt zum Spalt 5 verlaufen. Demgegenüber verläuft ein Grund 9, 9' der jeweiligen Ausnehmung 6, 6' im Wesentlichen parallel zum Spalt 5, wobei dies als rein optional anzusehen ist, so dass beispielsweise gemäss der Fig. 3a auch der Grund 9 beziehungsweise 9' der Ausnehmung 6 beziehungsweise 6' geneigt zum Spalt 5 verlaufen können.

[0014] In Fig. 2 ist das Dichtelement 4 im Betrieb der Strömungsmaschine gezeigt, in welchem es durch die Zentrifugalkraft F_z an die radial äussere Seite 7, 7' der jeweiligen Ausnehmung 6, 6' aufgrund der auftretenden Fliehkräfte gepresst wird. Da im Betrieb der Strömungsmaschine auch eine das Dichtelement 4 beaufschlagende Temperatur im Vergleich zum Nichtbetriebszustand der Strömungsmaschine deutlich höher ist, dehnt sich das Dichtelement 4 aus, wobei insbesondere diese thermische Expansion dazu beiträgt, den positiven Dichteffekt des Dichtelementes 4 zu verstärken.

[0015] Um sich, wie in Fig. 2 gezeigt, im Betriebszustand der Strömungsmaschine an die äussere Wandung 7, 7' der jeweiligen Ausnehmung 6, 6' anlegen zu können, muss das Dichtelement flexibel ausgebildet sein. Die Flexibilität kann dabei weiter erhöht werden, indem das Dichtelement 4 aus zumindest zwei radial aufeinanderliegenden Lagen 10, 10' aufgebaut ist. Denkbar sind natürlich auch weitere Lagen, wobei jeweils zumindest zwei Lagen 10 und 10' des Dichtelementes 4 an lediglich einer Stelle miteinander verbunden, insbesondere miteinander verschweisst, verklebt, verlötet oder vernietet, sind. Die einzelnen Lagen 10, 10' des Dichtelementes 4 können dabei eine Dicke d von ca. 0,05 bis 1,5 mm aufweisen, während eine Breite b des Dichtelementes 4 ca. 3 bis 25 mm beträgt. Dabei ist gemäss den Fig. 1 und 2 die Breite b des Dichtelementes 4 geringer als ein Abstand zwischen dem Grund 9 der Ausnehmung 6 und dem Grund 9' der gegenüberliegenden Ausnehmung 6'. Somit liegt das Dichtelement 4 im Nichtbetriebszustand der Strömungsmaschine an keinem Grund 9, 9' der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen 6, 6' an.

[0016] Gemäss den Fig. 3a bis 3c sind unterschiedliche Ausführungsformen der Ausnehmungen 6 und 6' gezeigt, wobei ein Winkel β stets einen Neigungswinkel der äusseren Wandung 7, T zu einer Spaltachse 11 und ein Winkel α den Neigungswinkel der inneren Wandung 8 zur Spaltachse 11 bezeichnet. Bei der Ausgestaltung der Ausnehmungen 6, 6' gemäss der Fig. 3a sind ein Winkel β ebenso wie ein Winkel α kleiner als 90° . Demgegenüber ist der Winkel β gemäss der Ausführungsform nach Fig. 3b kleiner als 90° und der Winkel α grösser als 90° . Daraus ergibt sich ein Querschnittprofil der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen 6, 6' wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt ist. Bei der Darstellung gemäss der Fig. 3c beträgt der Winkel β 90° , so dass die radial äussere Wandung 7 orthogonal zur Spaltachse 11 verläuft, während der Winkel α grösser als 90° ist, so dass die innere Wandung 8, 8' der jeweiligen Ausnehmung 6, 6' geneigt zur Spaltachse 11 verläuft. Im Unterschied zu den Fig. 3b und c verläuft ein Grund 9, 9' der jeweiligen Ausnehmung 6, 6' gemäss der Fig. 3a schräg zur Spaltachse 11.

[0017] Gemäss Fig. 4 ist ein Axialschnitt durch die Schaufelreihe 1 im Bereich des Dichtelementes 4 gezeigt, wobei deutlich zu erkennen ist, dass die Ausnehmungen 6, 6' und damit auch das sich in den Ausnehmungen 6, 6' befindliche Dichtelemente 4 zumindest an einem Längsende 12 in radialer Richtung nach innen verlaufen. Dabei ist das Dichtelement 4 an seinem, dem Längsende 12 abgewandten Längsende 12' der Ausnehmungen 6, 6' fest mit zumindest einer der benachbarten Schaufeln 2, 2' verbunden. Typische Befestigungsmöglichkeiten werden dabei in den Fig. 7a bis 7f dargestellt. Durch die erfindungsgemässe Befestigung kann eine im Betriebszustand der Strömungsmaschine vorteilhafte Anlagerposition des Dichtelementes 4 an die radial äusseren Seiten 7, 7' der zugehörigen Ausnehmungen 6, 6' erzielt werden.

[0018] In Fig. 5a ist ein Längsschnitt durch eine Ausnehmung 6 gezeigt, wobei sich die Strömungsmaschine im Nichtbetriebszustand befindet, so dass keine Zentrifugalkraft auf das Dichtelement 4 wirkt. Das Dichtelement 4 ist an seinem Längsende 12' fest mit zumindest einer der benachbarten Schaufeln 2, 2' verbunden und erstreckt sich im weiteren Verlauf über seine Länge L entlang der Ausnehmung 6. Dabei liegt das Dichtelement 4 in einem mittleren Bereich an der radial inneren Seite 8 der Ausnehmung 6 an. Demgegenüber zeigt die Fig. 5b die Lage des erfindungsgemässen Dichtelementes 4 im Betriebszustand der Strömungsmaschine, in welchem das Dichtelement 4 aufgrund der hohen Zentrifugalkräfte F_z an die radial äussere Seite 7 der Ausnehmung 6 gepresst wird. Das Dichtelement 4 liegt somit vorzugsweise an keiner Stelle mehr an der radial inneren Wandung 8 der Ausnehmung 6 an. Aufgrund der im Betriebszustand der Strömungsmaschine auftretenden hohen Temperaturen kann sich das Dichtelement 4 auch bezüglich seiner Aussenabmessungen verändern, insbesondere ausdehnen, was die Dichtwirkung zusätzlich unterstützt.

[0019] Gemäss der Fig. 6 sind mögliche geometrische Abmessungen für eine Ausnehmung 6 beziehungsweise ein darin anordenbares Dichtelement 4 dargestellt. Dabei kann eine Länge L_1 bis zu 250 mm betragen, während ein Krümmungsradius R_1 und ein Krümmungsradius R_2 grösser gleich 10 mm sein sollte. Die Länge L_2 beträgt dabei maximal ca. 150 mm. Die Winkel β können sich in einem Bereich von ca. 30° bis 150° bewegen, während sich der Winkel α von ca. -15° bis $+85^\circ$ bewegt.

[0020] Um das Dichtelement 4 zuverlässig in der Ausnehmung 6 beziehungsweise 6' halten zu können und gleichzeitig einen Auszieh Widerstand erhöhen zu können, kann zumindest die radial innerste Lage 10 des Dichtelementes 4 an ihrem der Befestigung dienenden Längsende 12' gekrümmt ausgebildet sein und/oder ein Befestigungselement 13 aufweisen. Ein gekrümmtes Längsende 12' ist beispielsweise in den Fig. 7b und c gezeigt, während ein erfindungsgemässes Befestigungselement 13 in den Fig. 7d und e dargestellt ist. Um darüber hinaus einen Auszieh Widerstand des Dichtelementes 4 aus den Ausnehmungen 6, 6' erhöhen zu können, kann das Dichtelement 4 entlang seiner Längserstreckung L zumindest ein Positionierelement 14, wie es beispielsweise in Fig. 7a und f gezeigt ist, aufweisen. Dabei ist das Positionierelement 14 gemäss der Fig. 7a als Welle ausgebildet, während das Positionierelement 14 gemäss der Fig. 7f als seitlich abgeklappter Flügel ausgebildet ist. Insbesondere ein im Bereich des Längsendes 12' angeordnetes Positionierelement 14 und/oder Befestigungselement 13 bewirkt dabei eine vordefinierte Lage des Dichtelementes 4 in den Ausnehmungen 6, 6', wobei das Dichtelement 4 vorzugsweise gegen die radial äussere Wandung 7, 7' der jeweilig zugehörigen Ausnehmungen 6, 6' gedrückt wird.

[0021] Die gemäss den Fig. 7b und c gezeigten gekrümmten Längsenden 12' können dabei, ebenso wie die Befestigungselemente 13 und/oder die Positionierelemente 14 auch eine andere Form aufweisen, solange sie den gestellten Positionier-/Befestigungseffekt bewirken.

Bezugszeichenliste

[0022]

- 1 Schaufelreihe
- 2 Schaufel
- 3 Schaufelträger
- 4 Dichtelement
- 5 Spalt
- 6 Ausnehmung
- 7 radial äussere Seite
- 8 radial innere Seite
- 9 Grund der Ausnehmung
- 10 Lage
- 11 Spaltachse
- 12 Längsende
- 13 Befestigungselement
- 14 Positionierelement
- # Neigungswinkel der radial äusseren Wandung 7 zur Spaltachse 11
- # Neigungswinkel der radial inneren Wandung 8 zur Spaltachse 11
- #, # Krümmungswinkel
- b Breite des Dichtelementes 4
- d Dicke der Lage 10
- F_z Zentrifugalkraft
- L Längenabmessung des Dichtelementes 4
- R Krümmungsradius des Dichtelementes 4

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine, insbesondere eine Gasturbine,
 - mit einem Rotor, der zumindest eine Laufschaufelreihe (1) mit mehreren Laufschaufeln (2) aufweist,
 - mit einem Stator, der zumindest eine Leitschaufelreihe (1) mit mehreren Leitschaufeln (2) aufweist,
 - wobei zumindest zwischen zwei benachbarten Schaufeln (2, 2') einer der Schaufelreihen (1) ein mittels eines Dichtelementes (4) gegenüber einem Arbeitsgaseinbruch abgedichteter Spalt (5) angeordnet ist,
 - wobei das Dichtelement (4) im Wesentlichen quer zum Spalt (5) angeordnet ist und jeweils in sich gegenüberliegende Ausnehmungen (6, 6') der benachbarten Schaufeln (2, 2') eingreift,
 - wobei eine radial äussere und/oder eine radial innere Wandung (7, 8) der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen (6, 6') schräg zum Spalt (5) verläuft.
2. Strömungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Grund (9, 9') der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen (6, 6') schräg zu den zugehörigen Wandungen der Ausnehmung (7, 7', 8, 8') und/oder schräg zum Spalt (5) verläuft.
3. Strömungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtelement (4) so ausgebildet ist, dass es sich beim Betrieb der Strömungsmaschine zumindest an die radial äussere Wandung (8, 8', 7, 7') der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen (6, 6') anlegt.
4. Strömungsmaschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
 - dass das Dichtelement (4) flexibel ausgebildet ist, und/oder

CH 698 921 B1

- dass das Dichtelement (4) im Nichtbetriebszustand der Strömungsmaschine an einem oder an keinem Grund (9, 9') der sich gegenüberliegenden Ausnehmungen (6, 6') anliegt.
- 5. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtelement (4) aus zumindest zwei radial aufeinanderliegenden Lagen (10, 10') besteht.
- 6. Strömungsmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
 - dass die zumindest zwei Lagen (10, 10') des Dichtelements (4) an lediglich einer Stelle miteinander verbunden, insbesondere miteinander verschweisst, verklebt, verlötet oder vernietet, sind,
 - dass die Verbindung der zumindest zwei Lagen (10, 10') die Biegesteifigkeit des Dichtelements (4) nicht oder nur unwesentlich beeinflusst.
- 7. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die sich gegenüberliegenden Ausnehmungen (6, 6') zumindest an einem Längsende (12) in radialer Richtung nach innen verlaufen.
- 8. Strömungsmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtelement (4) an seinem, dem in radialer Richtung verlaufenden Längsende (12) abgewandten Längsende (12') der Ausnehmungen (6, 6') fest mit zumindest einer der benachbarten Schaufeln (2, 2') verbunden ist.
- 9. Strömungsmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die radial innerste Lage (10) des Dichtelements (4) an seinem der Befestigung dienenden Längsende (12') gekrümmt ausgebildet ist und/oder ein Befestigungselement (13) aufweist.
- 10. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtelement (4) entlang seiner Längserstreckung (2) zumindest ein, einen Auszieh Widerstand erhöhendes Positionierelement (14) aufweist.

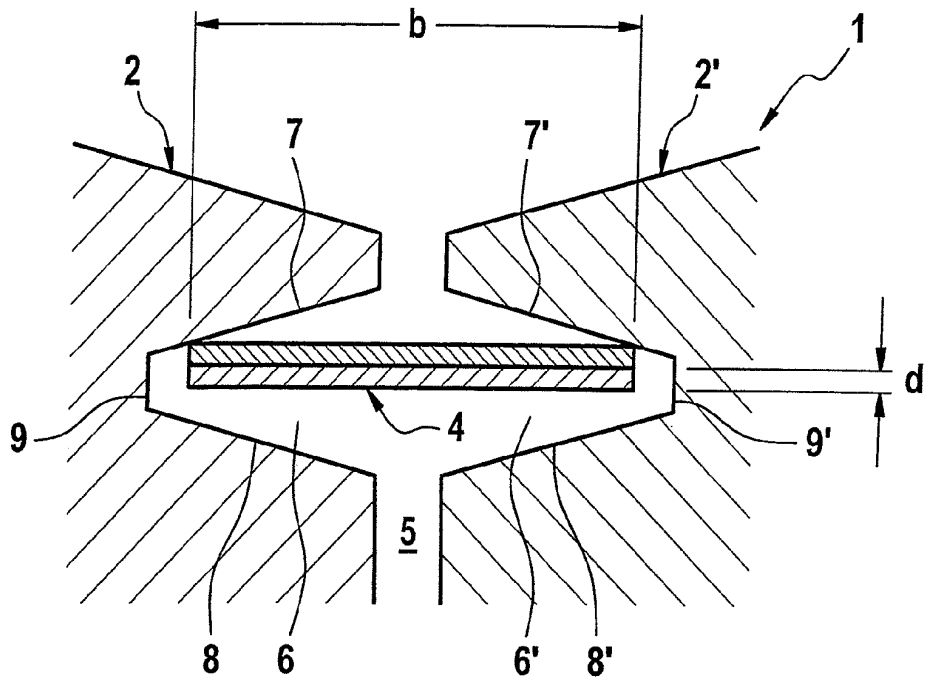


Fig. 1

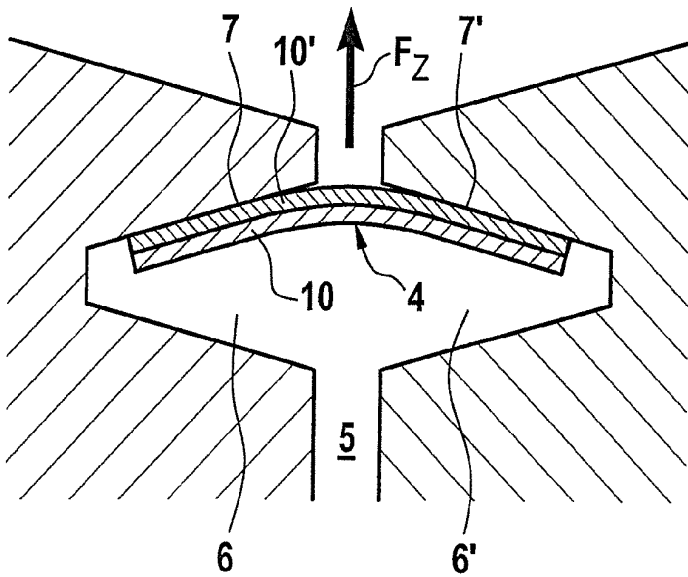


Fig. 2

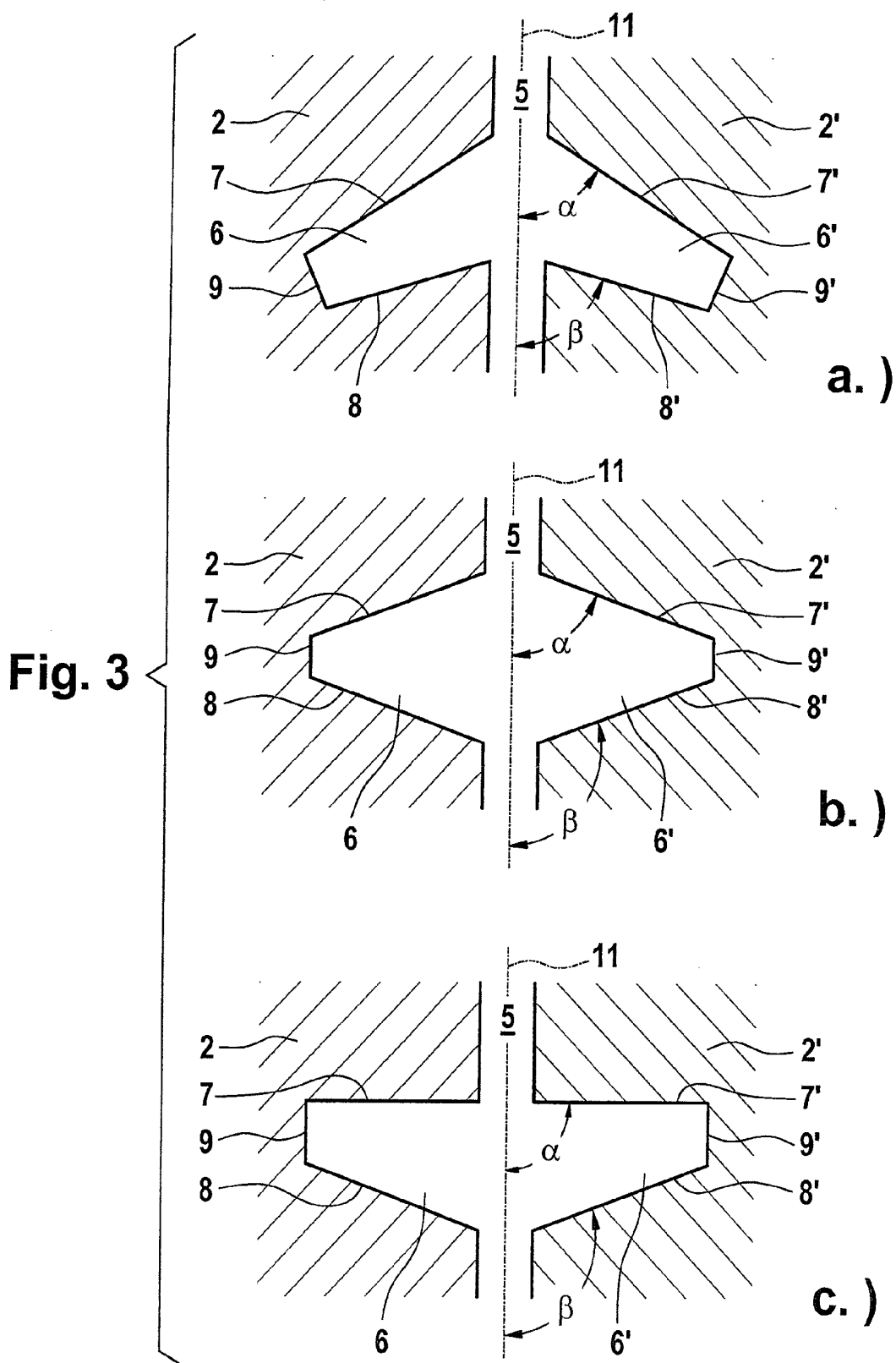


Fig. 4

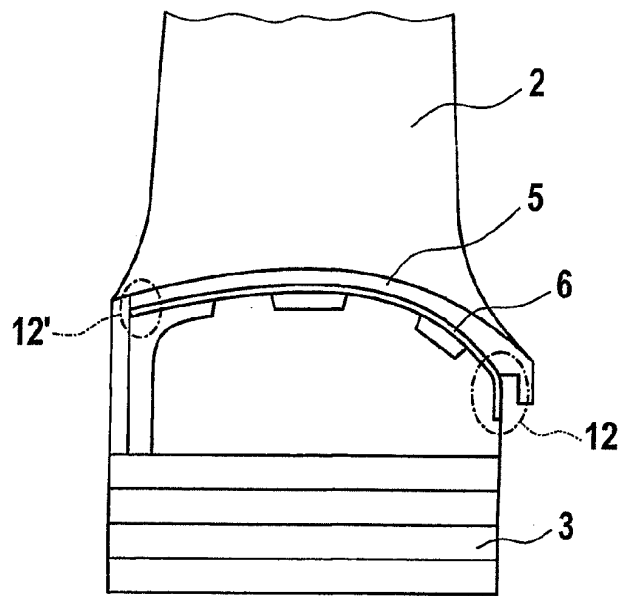
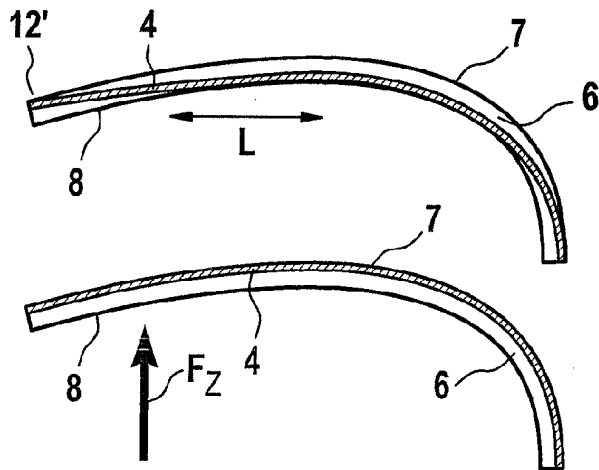


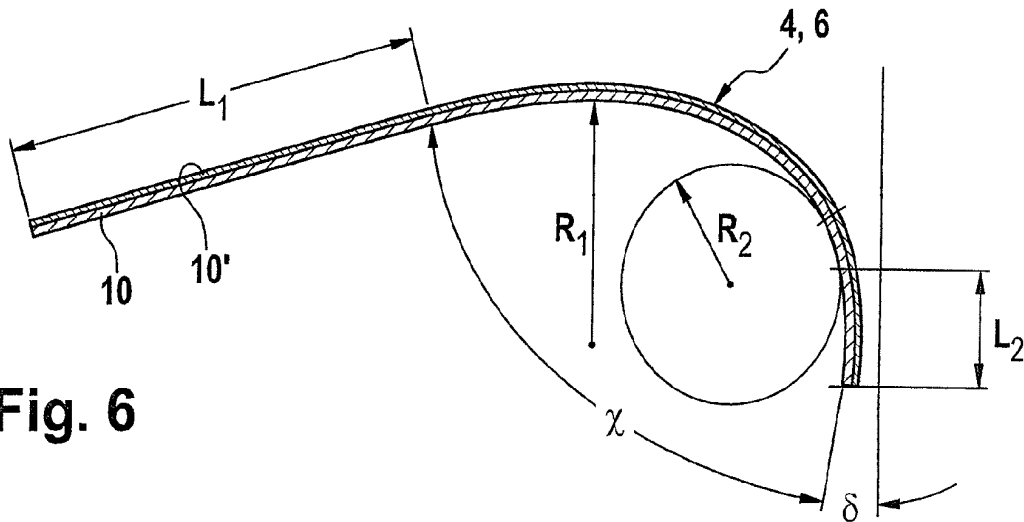
Fig. 5



a.)

b.)

Fig. 6



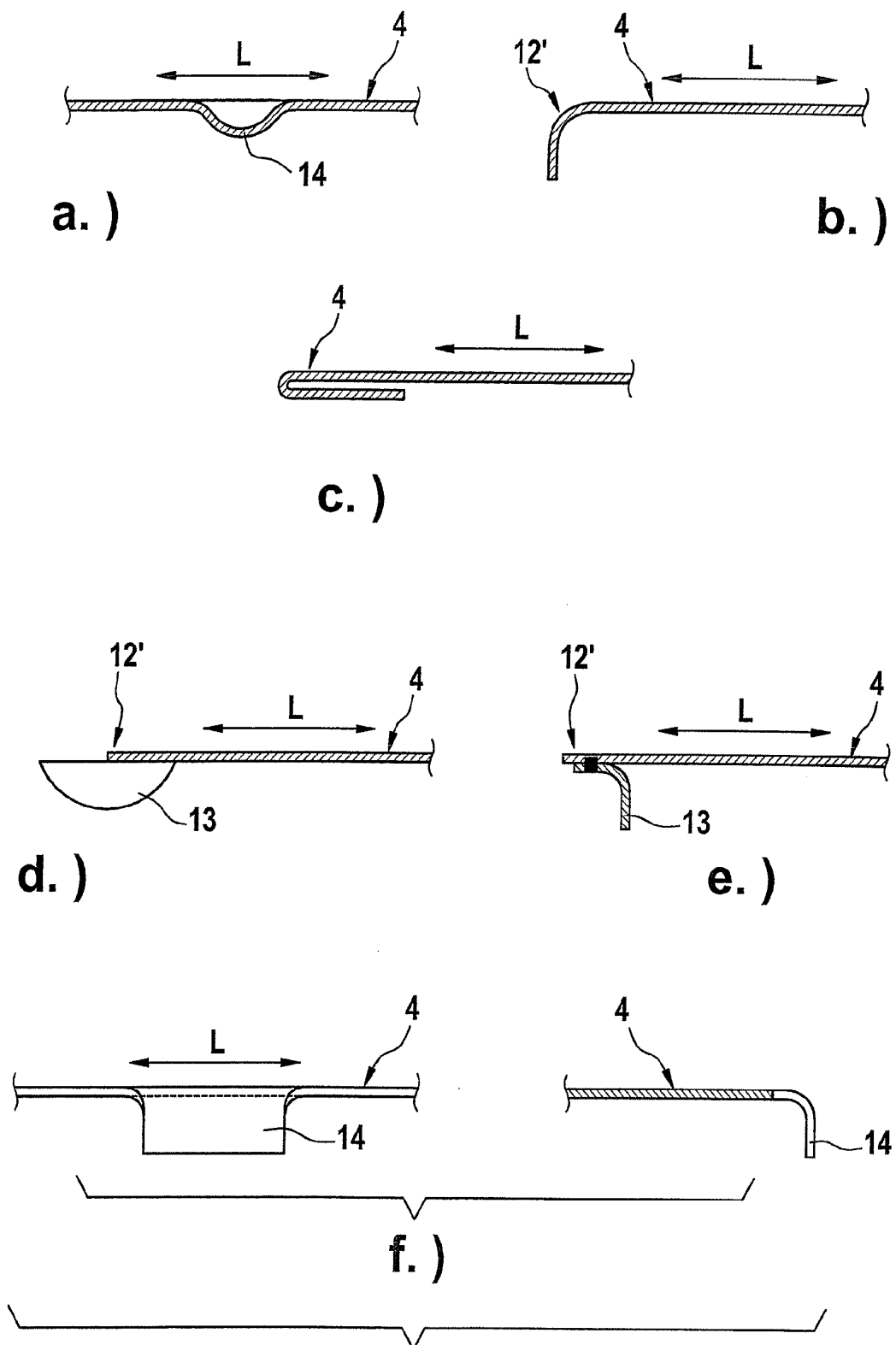


Fig. 7