



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(51) Int Cl.7: **F01D 11/02, F01D 5/02**

(21) Anmeldenummer: **01112342.9**

(22) Anmeldetag: **21.05.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
 • **Pross, Jörg, Dr.**
79774 Albbruck (DE)
 • **Kramer, Thomas**
5408 Ennetbaden (CH)
 • **Waltke, Ulrich**
5432 Neuenhof (CH)

(30) Priorität: **23.06.2000 DE 10030820**

(71) Anmelder: **ALSTOM Power N.V.**
1101 CS Amsterdam (NL)

(74) Vertreter: **Pöpper, Evamaria, Dr. et al**
ALSTOM (Schweiz) AG Intellectual Property
CHSP Haselstrasse 16/699, 5. Stock
5401 Baden (CH)

(54) **Labyrinthdichtung für eine rotierende Welle**

(57) Zwischen dem Rotor und Stator (1) einer axialen Strömungsmaschine befinden sich Dichtstreifen (2) einer Labyrinthdichtung, welche in Dichtstreifennuten (3) eingestemmt sind. Zwischen den Dichtstreifen (3) sind Entlastungsnuten (6) derart angeordnet, dass die axiale Steifigkeit des Rotors oder Stators (1) in wesentlichen stetig ist. Dies kann durch eine oder mehrere flache

Entlastungsnuten (6), eine wellige Oberfläche oder durch teilweise oder ganze Füllung der Entlastungsnuten (6) mit einem geeigneten elastischen Material geschehen, so dass sich eine gleichmäßigere axiale Spannungsverteilung zwischen den Dichtstreifennuten (3) und Entlastungsnuten (6) entlang des Rotor- bzw. Statorabschnitts ergibt.

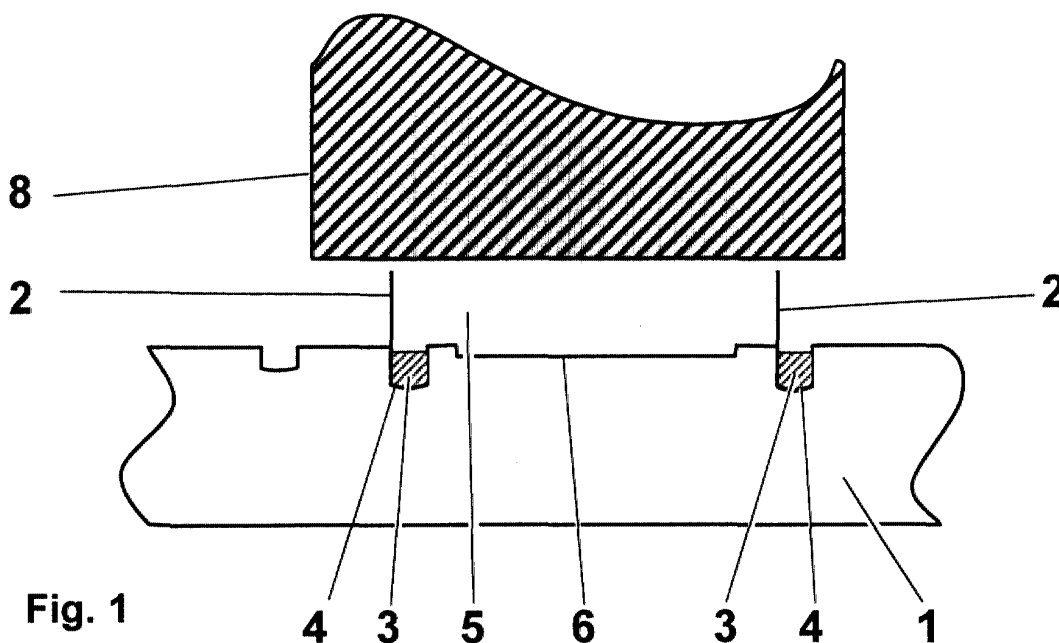


Fig. 1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Bei der Erfindung handelt es sich um eine Labyrinthdichtung für Rotor- und Statorlabyrinth gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

STAND DER TECHNIK

[0002] Labyrinthdichtungen als Abdichtung zwischen rotierenden und statischen Teilen axialer Strömungsmaschinen sind allgemein aus dem Stand der Technik bekannt. Die Offenlegungsschriften DE-A1-35 23 469, EP-A1-982 475, EP-A1-799 973 oder EP-A1-943 784 beschreiben derartige Turbomaschinen mit Dichtstreifen und sich dazwischen befindenden Labyrinth in verschiedenen Ausführungsformen. Diese Dichtstreifen sind üblicherweise in eine umlaufende Nut des Rotors oder Stators eingestemmt, wie dies beispielsweise auch in der Figur 1 der EP-A1-982 475 sichtbar ist. Je nach der Druckdifferenz, welche über die Dichtungsstreifen herrscht, gibt es verschiedene Möglichkeiten der Ausgestaltung der Labyrinthdichtung. So existieren einfache und doppelte Dichtungen. Gerade bei grossen Druckdifferenzen können als Dichtungen auch mehrere über die Länge des Labyrinths verteilte Dichtstreifen eingesetzt werden.

[0003] Aufgrund von verschiedenen Faktoren ist die geometrische Anordnung der Dichtstreifen auf dem Rotor oder Stator beschränkt. Bei instationären Vorgängen, also beispielsweise beim An- oder Abfahren oder bei Lastwechseln, ist die thermische Belastung an den Dichtstreifen aufgrund der wechselnden Temperaturfelder und aus den daraus resultierenden Temperaturgradienten sehr hoch. Dies führt vor allem an der Oberfläche zu thermischen Spannungen und damit zu einer zyklischen Ermüdung. Hierbei wirken die umlaufenden Nuten als Kerben, die die axiale Spannungskomponente erhöhen. Zur Verringerung der Kerbwirkung einer Nut kann das gesamte Labyrinth beispielsweise durch eine Erhöhung der Labyrinthpartie und entsprechend ausgestaltete Übergangsradien vom übrigen Bauteil abgesetzt werden, was vor allem die erste und die letzte Nut entlastet. Bei den übrigen Nuten wird ein gewisser Entlastungseffekt durch die jeweils benachbarten Nuten erzielt, d.h. der Kerbfaktor einer Nut innerhalb einer solchen Anordnung mehrerer Nuten ist geringer als der einer einzelnen freistehenden Nut gleicher Geometrie.

[0004] Aus verschiedenen Untersuchungen ist bekannt, dass der im Hinblick auf die gegenseitige Entlastung optimale Abstand zweier Nuten in einer Anordnung mehrerer aufeinanderfolgenden Nuten im allgemeinen geringer ist als der Abstand, welcher aus funktionalen Gründen bei einer Labyrinthdichtung zwischen zwei Dichtstreifen zu wählen ist. Damit erhält man bei hohen transienten thermisch-mechanischen Belastungen vor allem zur Mitte eines Labyrinthabschnitts hin in-

folge der Kerbwirkung der Befestigungsnuten sowohl zyklische Lebensdauerprobleme als auch starke Deformationen der einzelnen Befestigungsnuten. Da der Kerbeffekt auf die axiale Spannungskomponente wirkt, erfolgt bei jedem Betriebszyklus eine starke axiale Verformung der Nut. Die Verformung kann soweit gehen, dass auch inelastische Anteile auftreten, was zum einen ein kontinuierliches Herausarbeiten der eingestemten Dichtstreifen und zum anderen ein Nachlassen der beim Einstemmen erzielten Vorspannkraft bewirkt. Letzten Endes führt diese Verformung zum Verlust des entsprechenden Dichtstreifens. Infolge der zyklischen Ermüdung ist zu dem mit Anrissen im Nutgrund der Dichtstreiffennut zu rechnen.

[0005] Aus diesem Grund schlägt beispielsweise K. Schröder in *Dampfkraftwerke* (3. Bd., Teil B, Springer Verlag, 1968, S. 68-69) vor, zwischen zwei Dichtstreifen Entlastungsnuten einzusteichen. Dies dient dem Ziel, die durch das Einstemmen hervorgerufenen Spannungen auszugleichen und die Wärmebeanspruchung beim Anstreifen eines Blechs zu verringern. Eine solche Anordnung von einzelnen Entlastungsnuten, welche mehr als die doppelte Tiefe im Vergleich mit den Dichtstreiffennuten haben, hat einen begrenzten positiven Einfluss auf die thermische Spannungsreduktion. Eine gezielte Reduktion der thermischen Spannungen zwischen den Dichtstreifen ist mit dieser Art der Entlastungsnuten aber nicht oder nur begrenzt möglich, insbesondere deshalb nicht, da bei einer Erhöhung der Anzahl der Entlastungsnuten eine bestimmte Wanddicke zwischen zwei Entlastungsnuten in jedem Fall erhalten bleiben muss. Diese Entlastungsnuten können also in keiner Weise optimal angeordnet werden. In der Regel führen solche Ausführungen zu der Verlagerung der Probleme und nicht zur einer Lösung. Insbesondere sollten tiefere Einschnitte schon deshalb vermieden werden, um eine Verwirbelung des Leckagestroms in diesen Einschnitten und die damit verbundene Erhitzung des strömenden Mediums zu vermeiden. Desweiteren haben einzelne Entlastungsnuten, die gleich tief oder tiefer sind als die Dichtstreiffennuten im allgemeinen eine schlechtere Kerbwirkungszahl als die Dichtstreifen, so dass sich das Ermüdungsproblem auf die Entlastungsnut verlagert. Dies ist insbesondere bei Dichtungen auf Wellen sehr unerwünscht.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0006] Es ist Ziel dieser Erfindung, die genannten Nachteile zu vermeiden. Die Erfindung löst die Aufgabe, eine bekannte Labyrinthdichtung so zu optimieren, dass die thermischen Spannungen bzw. Deformationen zwischen zwei Dichtstreifen gezielt kontrolliert werden können, um dadurch die oben genannten Schadensmechanismen zu vermeiden, und dass eine zusätzliche Erhitzung des Bauteils durch eine Verwirbelung der Leckageströmung vermieden werden kann.

[0007] Erfindungsgemäss wird dies bei einer Labyrinth-

thendichtung gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch erreicht, dass die axiale Steifigkeit des Rotors oder Stators zwischen den zwei Dichtstreifen weitgehend stetig ist.

[0008] In einer ersten Ausführungsform ist mindestens eine flache Entlastungsnut zwischen zwei Dichtstreifen eingelassen, welche sich über einen grösseren Bereich zwischen den beiden benachbarten Dichtstreifen erstreckt. Es ist auch denkbar, eine Vielzahl von flachen Entlastungsnuten vorzusehen, deren Längenausbreitung entsprechend kleiner ist. In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Tiefe der Entlastungsnuten soweit verringert, dass sich lediglich eine gewellte Oberfläche zwischen den beiden benachbarten Dichtstreifen ergibt. Auf diese Weise kann die gestellte Aufgabe vorteilhaft gelöst werden, wobei die erhöhte Anzahl der Entlastungsnuten eine sehr gezielte Spannungsreduktion ermöglicht. Steifigkeitssprünge zwischen den Nuten und dem Rotor oder Stator werden vermieden bzw. werden so klein wie möglich gehalten. Dies reduziert vorteilhaft den Kerbfaktor.

[0009] In einer weiteren Ausführungsform können auch die bisher bekannten tiefen Entlastungsnuten genutzt werden, sofern sie mit einem Füllmaterial, welches aus einem geeigneten elastischem Material besteht, gefüllt sind. Diese Massnahme dient demselben, oben angegebenen Zweck der kontrollierten Verteilung der axialen Spannung gleichmässig auf den Rotor- oder Statorabschnitt zwischen zwei Dichtstreifen. Dabei können die Entlastungsnuten ganz oder teilweise mit dem Füllmaterial gefüllt sein. Im einfachsten Fall kann als Füllmaterial der gleiche Draht verwendet werden, der auch zum Einstemmen der Dichtstreifen benutzt wird. Im allgemeinen Fall kann jedes Material - bevorzugt in Drahtform - eingesetzt werden, das bei der Betriebstemperatur der Dichtung die erforderliche Elastizität und Langzeitbeständigkeit ausweist.

[0010] Alle Ausführungsformen sind auch deshalb vorteilhaft, weil sie neben der verbesserten Spannungsaufnahme bzw. -verteilung, eine schadhafte Wirbelbildung im Labyrinth bzw. innerhalb der Entlastungsnuten vermeiden. Eine solche Wirbelbildung kann zu einer unerwünschten Erhitzung des Strömungsmediums und damit des gesamten Rotor- bzw. Statorabschnitts führen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] Die Erfindung wird anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert, wobei

Fig. 1 eine erste Ausführungsform von Labyrinthdichtung gemäss der vorliegenden Erfindung zeigt,

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform von Labyrinthdichtung gemäss der vorliegenden Erfindung zeigt

Fig. 3 eine dritte Ausführungsform von Labyrinth-

dichtung gemäss der vorliegenden Erfindung zeigt und

Fig. 4 eine vierte Ausführungsform von Labyrinthdichtung gemäss der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0012] Es werden nur die für die Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Gleiche Elemente werden in unterschiedlichen Zeichnungen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0013] Die Erfindung ist an Hand der Figuren 1 bis 4 näher dargestellt. Gezeigt ist in allen Figuren 1 bis 4 eine Turbinenschaufel 8 einer thermischen Turbomaschine mit einem Rotor oder Stator 1. Es handelt sich bei der Turbinenschaufel 8 um eine Leit- oder Laufschaufel. In allen Figuren befinden sich am Rotor oder Stator 1 Dichtstreifen 2, welche in einer Dichtungstreifennut 3 in den Rotor oder Stator 1 eingelassen bzw. eingestemmt und mit einem Stemmendraht 4 befestigt sind. Die Dichtstreifen 2 sind der Turbinenschaufel 8 gegenüberliegend angeordnet. In allen Figuren 1 bis 4 sind zwischen den beiden dargestellten Dichtstreifen 2 Entlastungsnuten 6 angeordnet. Erfindungsgemäss treten in der axialen Steifigkeit des Rotors oder Stators 1 trotz der vorhandenen Entlastungsnuten 6 zwischen den zwei Dichtstreifen 2 keine grossen Sprünge auf und die axiale Steifigkeit ist im wesentlichen stetig.

[0014] Erreicht wird dies in der Figur 1 durch eine einzige flache Entlastungsnut 6, welche sich über einen grossen Bereich zwischen den beiden Dichtstreifen 2 erstreckt. Dem gegenüber werden in der Figur 2 mehrerer solcher flachen Entlastungsnuten 6 angeordnet. Das Verhältnis von Tiefe zu axialem Abstand der Entlastungsnuten 6 muss entsprechend der jeweiligen Belastungssituation des Labyrinths optimiert werden. Die maximale Tiefe Entlastungsnuten 6 liegt bei der Tiefe der Dichtstreifennut 3. Um der Forderung der stetigen axialen Steifigkeit zu genügen, sollte optimaler Weise die Tiefe der Entlastungsnuten 6 zwischen 25% und 50% der Tiefe der Dichtstreifennut 3 liegen. Das Ziel einer solchen Optimierung ist es, die transiente axiale Deformation der Labyrinthpartie möglichst gleichmässig auf die eigentlichen Dichtstreifennut 3 und die Entlastungsnuten 6 aufzuteilen. Dadurch wird die Beanspruchung der Dichtstreifennut 3 reduziert ohne im Vergleich dazu die Entlastungsnuten 6 übermässig zu belasten.

[0015] Die Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemässen Entlastungsnuten 6. In diesem Fall sind die Entlastungsnuten 6 so flach und entsprechend zahlreich, dass sich lediglich eine gewellte Oberfläche zwischen den Dichtstreifen 2 am Rotor oder Stator 1 ergibt.

[0016] Die Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemässen Entlastungsnuten 6, mit welcher auch tiefere Nuten 6 genutzt werden können. Die Entlastungsnuten 6 sind ganz oder teilweise mit ei-

nem Füllmaterial 7 gefüllt, wobei beide Möglichkeiten in den Entlastungsnuten 6 der Figur 4 sichtbar sind. Entsprechend dem Stemmdraht 4 der Dichtstreifennuten 3 kann dieses Material in die Entlastungsnuten 6 eingestemmt werden. Durch geeignete Auswahl des Füllmaterials hinsichtlich der elastischen Eigenschaften und des thermischen Ausdehnungskoeffizienten kann das Verformungsverhalten der gefüllten Entlastungsnut 6 und damit die axiale Steifigkeit des Labyrinthbereichs in gewissen Grenzen kontrolliert werden. Im einfachsten Fall kann als Füllmaterial der gleiche Draht verwendet werden, der auch zum Einstemmen der Dichtstreifen benutzt wird. Im allgemeinen Fall kann jedes Material - bevorzugt in Form eines Drahtes - eingesetzt werden, das bei der Betriebstemperatur der Dichtung die erforderliche Elastizität und Langzeitbeständigkeit ausweist. Durch das Füllmaterial ist es auch möglich, die aus dem Stand der Technik bekannten tieferen Entlastungsnuten zu verwenden, ohne dass eine Verschärfung des zyklischen Lebensdauersproblems auftritt. Im einfachsten Fall kann als Füllmaterial der gleiche Draht verwendet werden, der auch zum Einstemmen der Dichtstreifen benutzt wird. Im allgemeinen Fall kann jedes Material - bevorzugt in Drahtform - eingesetzt werden, da bei der Betriebstemperatur der Dichtung die erforderliche Elastizität und Langzeitbeständigkeit ausweist.

[0017] Bei allen Ausführungsbeispielen bleibt zu beachten, dass verbleibenden Wandstärken nicht so geschwächt sind, dass die Verspannung der Dichtstreifen 2 in den Dichtstreifennuten 3 zu stark reduziert wird. Davon hängt auch die zulässige Tiefe der Entlastungsnuten 6 ab. Alle Ausführungsformen sind auch deshalb vorteilhaft, weil sie neben der verbesserten Spannungsaufnahme bzw. -verteilung, eine schadhafte Wirbelbildung im Labyrinth bzw. innerhalb der Entlastungsnuten vermeiden. Eine solche Wirbelbildung kann zu einer unerwünschten Erhitzung des Strömungsmediums und damit des gesamten Rotor- bzw. Statorabschnitts führen.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0018]

- 1 Rotor bzw. Stator
- 2 Dichtstreifen
- 3 Dichtstreifennut
- 4 Stemmdraht
- 5 Labyrinth
- 6 Entlastungsnuten
- 7 Füllmaterial
- 8 Turbinenschaufel

Patentansprüche

1. Labyrinthdichtung zwischen rotierenden und statischen Teilen (1, 8) einer axialen Strömungsmaschi-

ne mit einem Rotor und einem Stator (1), welche Labyrinthdichtung aus zwischen den rotierenden und statischen Teilen (1, 8) angeordneten Dichtstreifen (2) besteht, wobei die Dichtstreifen (2) in einer Dichtstreifennut (3) am Rotor oder Stator (1) angebracht sind, und wobei sich zwischen zwei Dichtstreifen (2) mindestens eine Entlastungsnut (6) am Rotor oder Stator (1) befindet,

dadurch gekennzeichnet, dass

die axiale Steifigkeit des Rotors oder Stators (1) zwischen den zwei Dichtstreifen (2) weitgehend stetig ist.

2. Labyrinthdichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

sich zwischen zwei Dichtstreifen (2) mindestens eine Entlastungsnut (6), welche maximal die Tiefe der Dichtstreifennut (3) hat, befindet.

3. Labyrinthdichtung nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

sich zwischen den zwei Dichtstreifen (2) eine Vielzahl von Entlastungsnuten (6) welche maximal die Tiefe der Dichtstreifennut (3) haben, befinden.

4. Labyrinthdichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Entlastungsnut(en) (6) maximal die Tiefe von 25% bis 50% der Tiefe der Dichtstreifennut (3) hat/haben.

5. Labyrinthdichtung nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Entlastungsnuten (6) aus einer gewellten Rotor- oder Statoroberfläche zwischen den zwei Dichtstreifen (2) bestehen.

6. Labyrinthdichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

die mindestens eine Entlastungsnut (6) ganz oder teilweise mit einem elastischen Füllmaterial (7) gefüllt ist.

7. Labyrinthdichtung nach Anspruch 6,

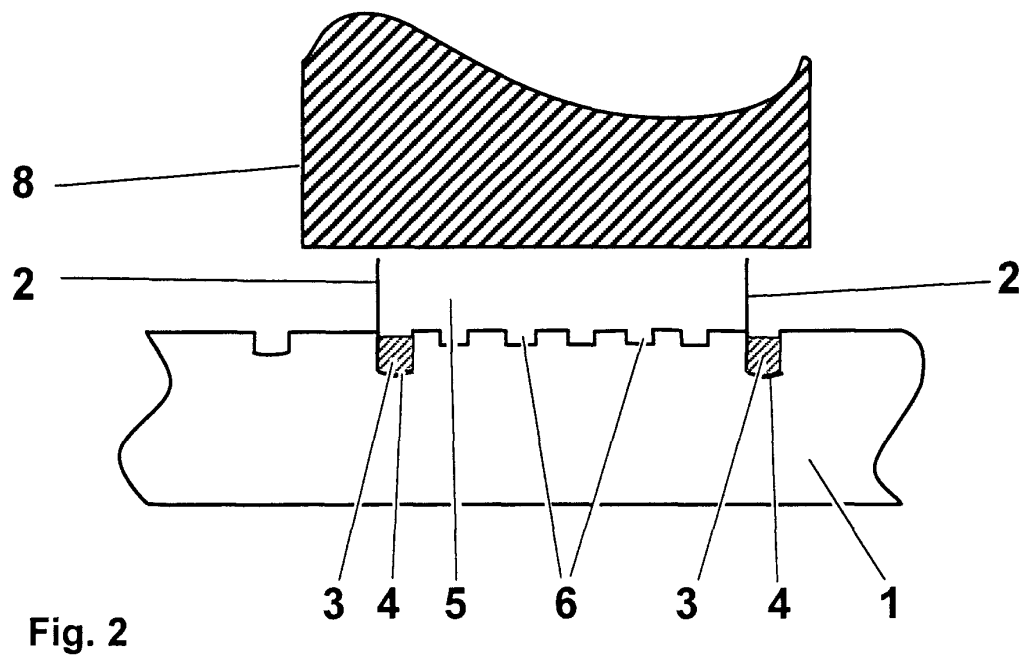
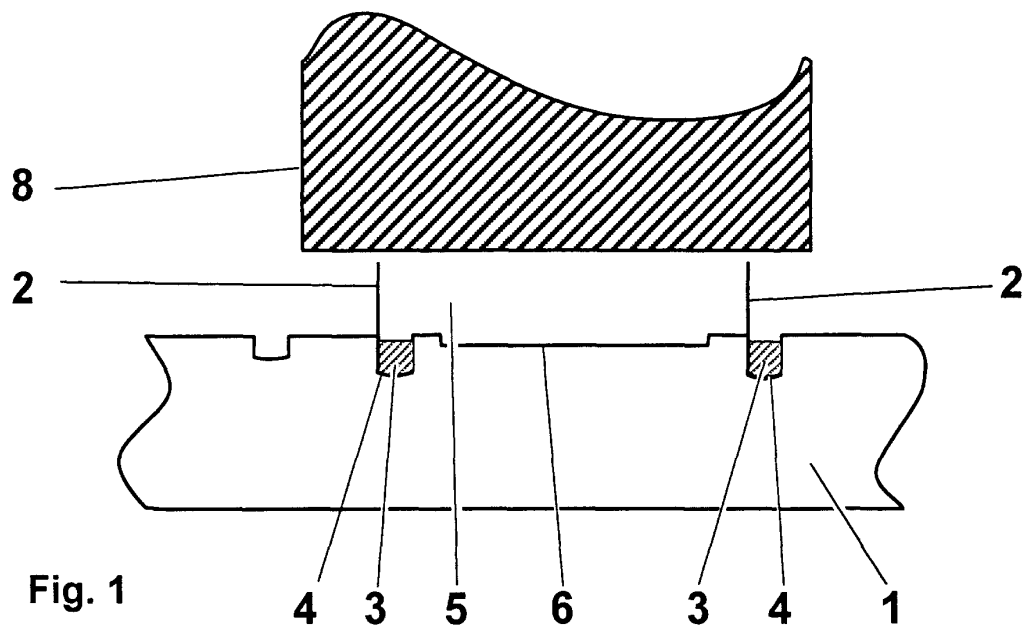
dadurch gekennzeichnet, dass

das Füllmaterial (7) ein Draht ist.

8. Labyrinthdichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

es sich um eine Dichtung zwischen einer Turbinenschaufel (8), also einer Leit- oder Laufschaufel, und dem Rotor oder Stator (1) handelt.



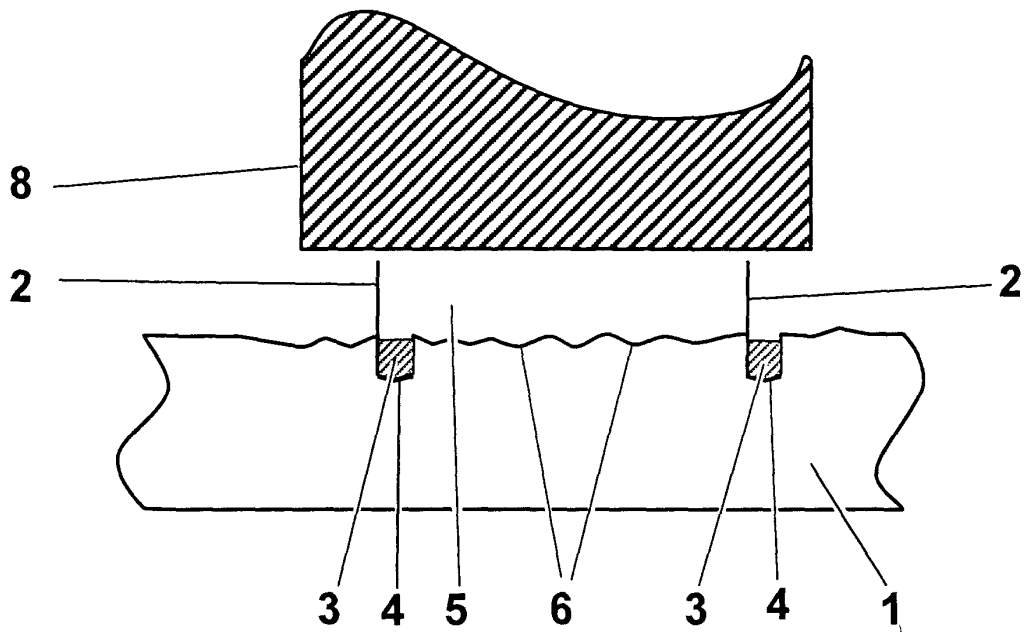


Fig. 3

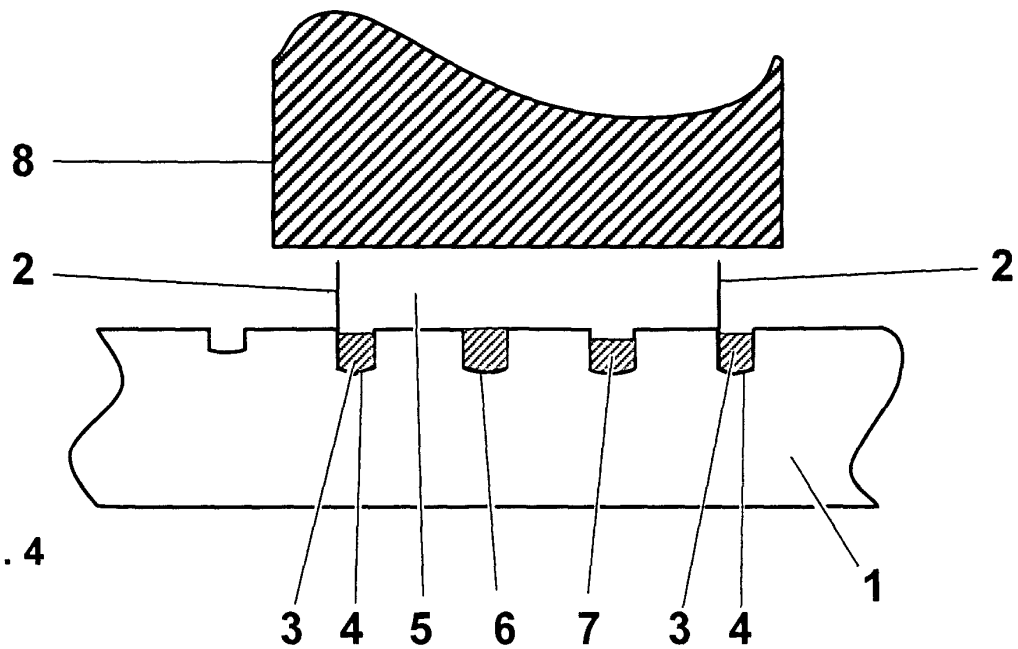


Fig. 4