



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 408 788 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1853/99
(22) Anmeldetag: 04.11.1999
(42) Beginn der Patentdauer: 15.07.2001
(45) Ausgabetag: 25.03.2002

(51) Int. Cl.⁷: **F03B 11/00**
F16J 15/40

(56) Entgegenhaltungen:
US 3612713A US 4023866A EP 61269A1
WO 88/04731

(73) Patentinhaber:
VA TECH HYDRO GMBH & CO
A-1140 WIEN (AT).
(72) Erfinder:
SCHNEEBERGER MARKUS DIPL.ING.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
WURM ERICH DIPL.ING.
HAGENBERG, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ABDICHTEN EINES RAUMS

AT 408 788 B

(57) Die Erfindung betrifft Verfahren und Vorrichtungen zum Abdichten eines Raumes zwischen zumindest zwei relativ zueinander bewegbaren Oberflächen, wobei zwischen einem Teilbereich der ersten Oberfläche und einem Teilbereich der zweiten Oberfläche ein Fluid durch Kühlen verfestigt wird und das Fluid durch die erste Oberfläche hindurch in eine Nut der ersten Oberfläche zugeführt, in der Nut verfestigt wird und anschließend das verfestigte Fluid zum Abdichten des Raumes zwischen den zwei relativ zueinander bewegbaren Oberflächen von der ersten Oberfläche gegen die zweite Oberfläche bewegt wird. Beispielsweise ist zum Abdichten eines Spalts zwischen dem Gehäuse und dem Laufrad einer hydraulischen Strömungsmaschine (Turbine), insbesondere einer Überdruckturbine vorgesehen, dass am Turbinendeckel (5) in einem die Drehachse des Laufrads (4) umschließenden ringförmigen Bereich (11) durch Kühlen einer dort zugeführten Flüssigkeit (17), insbesondere Wasser, ein oberer Gleitring (6) gebildet und/oder dass am Leitrading in einem die Drehachse des Laufrads umschließenden ringförmigen Bereich durch Kühlen einer dort zugeführten Flüssigkeit, insbeson-

dere Wasser, ein unterer Gleitring gebildet wird. Diese Dichtungen sind bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten einsetzbar und verringern Wartungsarbeiten, die auf den Verschleiß der Dichtung zurückzuführen sind. Insbesondere wird der Wirkungsgrad von Turbinen erhöht und der Achsschub reduziert.

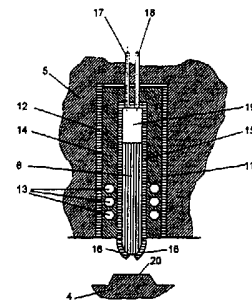


Fig. 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abdichten eines Raums zwischen zumindest zwei relativ zueinander bewegbaren Oberflächen, wobei zwischen einem Teilbereich der ersten Oberfläche und einem Teilbereich der zweiten Oberfläche ein Fluid durch Kühlen verfestigt wird, ein Verfahren zum Abdichten eines Raums zwischen zumindest teilweise gegenüberliegenden Oberflächen eines ersten Teils und eines relativ dazu rotierenden zweiten Teils, wobei zwischen der Oberfläche des ersten und der des zweiten Teils ein Fluid durch Kühlen verfestigt wird, und ein Verfahren zum Abdichten eines Spalts zwischen dem Gehäuse und dem Laufrad einer Turbine, wobei am Turbinendeckel in einem die Drehachse des Laufrads umschließenden ringförmigen Bereich durch Kühlen einer dort zugeführten Flüssigkeit ein oberer Gleitring gebildet und/oder dass am Leitradring in einem die Drehachse des Laufrads umschließenden ringförmigen Bereich durch Kühlen einer dort zugeführten Flüssigkeit ein unterer Gleitring gebildet wird, sowie entsprechende Vorrichtungen.

Bei hydraulischen Turbinen und hier besonders bei Francisturbinen durchströmt das Wasser das Laufrad nicht nur in den Schaufelkanälen, sondern es kann das Laufrad trotz der aufwendigen Spaltdichtungen auch oben und seitlich umströmen. Moderne Labyrinthdichtungen zwischen dem Laufradboden und dem Turbinendeckel bzw. zwischen dem Laufradkranz und dem Leitradring werden mit Spalthöhen von etwa einem Millimeter bei Laufraddurchmessern von oft mehreren Metern ausgeführt. Die Umfangsgeschwindigkeiten an der Dichtstelle betragen bis zu 35 m/s und es müssen Drücke von bis zu 30 bar bewältigt werden. Bei einer mittelgroßen Turbine können etwa 0,5 m³ Wasser pro Sekunde durch die Spaltdichtungen strömen.

Aufgrund der hohen Umfangsgeschwindigkeiten an der Dichtstelle war es bisher nicht möglich, eine völlige Abdichtung eines Francisturbinen-Laufrades gegen den Oberwasserdruck herzustellen. Es wird daher stets eine gewisse Spaltwassermenge in Kauf genommen.

Es gehen - je nach Anlage - rund ein Prozent der für die Energieerzeugung zur Verfügung stehenden Wassermenge durch Spaltströmungen verloren. Bei heute garantierten Turbinen-Wirkungsgraden von bis zu 95% liegt in der Vermeidung der Spaltströmung ein beachtliches wirtschaftliches Potential.

Im Prinzip könnte man zumindest die Spaltverluste am Laufradboden vermeiden, indem man den zwischen Laufrad und Turbinendeckel wirkenden hohen Druck in Kauf nimmt. Der dann aber von oben auf das Laufrad wirkende Wasserdruck (etwa 70% des Oberwasserdrucks) erzeugt auf der großen Kreisringfläche des Laufradbodens einen so großen Achsschub nach unten, daß die Turbinen- und Generatorwelle sowie das Axiallager stark überlastet wären.

Aus diesem Grund ist es notwendig, im Laufradboden Druckentlastungsbohrungen oder eine eigene Entlastungsleitung vorzusehen. Denn nur so kann sich jene Strömung einstellen, die notwendig ist, um den hohen Druck in den Spaltdichtungen abzdrosseln und den Achsschub zu begrenzen. Diese Maßnahme löst jedoch Probleme aufgrund zu hoher Achsschübe nur unzureichend und verringert den Wirkungsgrad der Turbine.

Die WO 88/04731 zeigt eine Höchstdruck-Kolbenpumpe, die eine zylindrische Eisdichtung aufweist, die einfach durch Abkühlen der im Dichtungsraum vorhandenen Flüssigkeit gebildet wird. Die EP 61 269 A2 betrifft eine spezielle Kühlwasserführung an Pumpturbinen beim Umsteuern und zeigt keinen speziellen Dichtungskörper.

Aus der US 4 023 866 A ist ein eisgelagertes Traglager bekannt, das die Verwendung einer besonderen kegelförmigen hohlen Turbinenwelle ermöglicht. Durch das Zufrieren des Schmiermediums (Wasser) ergibt sich eine Dichtfunktion durch ein Verengen des Lagerspiels. Die Dichtfunktion ist also ein Nebeneffekt und es wird nicht gezielt ein eigener spezieller Dichtungskörper eingesetzt.

Die US 3 612 713 A offenbart eine ringförmige Dichtung unter Verwendung von Eis für den Einsatz in Wasserturbinen. Der vom Spaltwasser durchströmte Spaltraum wird dabei durch Kühlung vereist, damit verringert sich die Spalthöhe und es strömt wesentlich weniger Wasser durch, völlige Dichtheit ist nicht beabsichtigt. Die Dichtfunktion soll also durch Verengen und Zueisen des Dichtungsspalts erreicht werden. Mit diesem Verfahren kann kein gleichmäßig geformter Dichtungskörper gebildet werden, da die Temperatur des Spaltwassers schwer vorgebbar ist und durch eine über den Umfang des Dichtungsspalts unregelmäßige Strömungsverteilung keine gleiche Eisdicke erzielbar ist, was eine verringerte Dichtfunktion bedingt.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, Verfahren und entsprechende

Vorrichtungen zum gleichmäßigen und gleichbleibenden Abdichten eines Raums zwischen zumindest zwei relativ zueinander bewegbaren Oberflächen zu entwickeln, die allgemein auch bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten einsetzbar sind und Wartungsarbeiten, die auf den Verschleiß der Dichtung zurückzuführen sind, zu verringern. Insbesondere soll eine Lösung für das Abdichten eines Spaltes zwischen dem Laufrad und dem Turbinengehäuse einer Turbine gefunden werden, die den Wirkungsgrad erhöht.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid durch die erste Oberfläche hindurch in eine Nut der ersten Oberfläche zugeführt, in der Nut verfestigt wird und anschließend das verfestigte Fluid zum Abdichten des Raumes zwischen den zwei relativ zueinander bewegbaren Oberflächen von der ersten Oberfläche gegen die zweite Oberfläche bewegt wird. Die entsprechende Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die erste Oberfläche eine Nut aufweist, in welche ein Mittel zum Zuführen des Fluids mündet und welche ein Mittel zum Verfestigen des Fluids in der Nut sowie ein Mittel zum Bewegen des verfestigten Fluids aus der Nut von der ersten Oberfläche gegen die zweite Oberfläche aufweist. Ausführungsmöglichkeiten der Vorrichtung sind in den entsprechenden abhängigen Ansprüchen angeführt.

Neu an dieser Erfindung ist, dass der auf diese Weise durch Kühlen eines Fluids gebildete Dichtungskörper zwar durch Reibung abgenutzt wird, jedoch durch fortgesetztes Kühlen immer wieder neu gebildet werden kann.

Das Merkmal, dass das Fluid eine Flüssigkeit ist, hat unter anderem den Vorteil, dass durch das Abschmelzen der Dichtungskörpers gleichzeitig eine Kühlung der Dichtstelle erfolgt. Wasser ist hierfür aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften besonders geeignet. Es können jedoch auch gasförmige Medien oder Gele verwendet werden.

Vorteilhaft ist, wenn das verbrauchte verfestigte Fluid unter Aufrechterhaltung der Dichtungsfunktion durch Zuführen und Verfestigen von Fluid erneuert wird. Die Dichtungsfunktion ist daher auch während der Erneuerung des Dichtungskörpers gegeben.

Eine vorteilhafte Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens besteht darin, dass das verfestigte Fluid einen mit Flüssigkeit gefüllten Raum von einem mit Gas gefüllten Raum trennt.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn das Fluid die gleiche Flüssigkeit ist wie die Flüssigkeit des mit Flüssigkeit gefüllten Raums. Dadurch werden im mit Flüssigkeit gefüllten Raum Verunreinigungen vermieden. Die Temperatur der Flüssigkeit spielt dabei eine unerwartet kleine Rolle. Wird Wasser verwendet, so ist zur Umwandlung von Wasser zu Eis bei 0° C etwa gleich viel Energie notwendig, wie Wasser um 80 Grad zu erwärmen oder abzukühlen.

Die Erfindung umfasst auch ein Verfahren zum Abdichten eines Raums zwischen zumindest teilweise gegenüberliegenden Oberflächen eines ersten Teils und eines relativ dazu rotierenden zweiten Teils, wobei zwischen der Oberfläche des ersten und der des zweiten Teils ein Fluid durch Kühlen verfestigt wird, und das Fluid durch den ersten Teil in eine ringförmige, die Drehachse des rotierenden zweiten Teils umschließende Nut des ersten Teils zugeführt und in der Nut verfestigt wird, sodass ein ringförmiger Dichtungskörper, wie etwa ein Gleitring, gebildet wird, und anschließend der Dichtungskörper zum Abdichten des Raumes zwischen der Oberfläche des ersten Teils und der relativ dazu rotierenden Oberfläche des zweiten Teils von der ersten Oberfläche gegen die zweite Oberfläche bewegt wird. Dieses Verfahren kann beispielsweise für Pumpen oder hydraulische Strömungsmaschinen, wie Turbinen, sowie im (chemischen) Apparatebau eingesetzt werden.

Dabei kann vorgesehen sein, dass der Dichtungskörper am ersten Teil gehalten wird. Auf diese Weise wird die Lage des Dichtungskörpers festgelegt.

Das Merkmal, dass der Dichtungskörper gegen den rotierenden zweiten Teil gepresst wird, ist vorteilhaft, wenn der Dichtungskörper nicht allein aufgrund der Schwerkraft die notwendige Anpressung an den rotierenden zweiten Teil erfährt.

Hierzu kann vorgesehen werden, dass der Dichtungskörper durch ein unter Druck stehendes Fluid gegen den rotierenden zweiten Teil gepresst wird. Es kommt hierfür sowohl ein gasförmiges als auch ein flüssiges Fluid in Frage.

Durch das Merkmal, dass der Dichtungskörper unter Aufrechterhaltung der Dichtungsfunktion durch Zuführen und Kühlen von Flüssigkeit erneuert wird, ist die Abdichtung unabhängig von der Abnutzung des Dichtkörpers gegeben.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Abdichten eines Spaltes zwischen dem Gehäuse und dem Laufrad einer Turbine, insbesondere einer Überdruckturbine, wobei der Turbinen-

deckel und/oder der Leitradring eine Einrichtung zur Verfestigung eines Fluids in einem kreisringförmigen, zur Drehachse koaxialen Bereich aufweist und der Turbinendeckel und/oder der Leitradring zumindest eine kreisringförmige, zur Drehachse koaxiale, im Wesentlichen zylindrische Nut aufweist, für die zumindest eine Flüssigkeitszuführung und eine Kühleinrichtung zur Bildung eines Gleitrings in der Nut vorgesehen sind.

Weiters umfasst die Erfindung ein Verfahren zum Abdichten eines Spalts zwischen dem Gehäuse und dem Laufrad einer Turbine, wobei am Turbinendeckel in einem die Drehachse des Laufrads umschließenden ringförmigen Bereich durch Köhlen einer dort zugeführten Flüssigkeit, ein oberer Gleitring gebildet und/oder dass am Leitradring in einem die Drehachse des Laufrads umschließenden ringförmigen Bereich durch Köhlen einer dort zugeführten Flüssigkeit, insbesondere Wasser, ein unterer Gleitring gebildet wird und die Flüssigkeit durch den jeweils feststehenden Teil in eine ringförmige, die Drehachse des Laufrads umschließende Nut des feststehenden Teils zugeführt und in der Nut verfestigt wird, sodass ein Gleitring gebildet wird, und anschließend der Gleitring zum Abdichten des Raumes zwischen Laufrad und des jeweiligen feststehenden Teils gegen die Oberfläche des Laufrades bewegt wird.

Eine einfache Ausgestaltung besteht darin, dass der obere Gleitring gegen den Laufradboden und/oder der untere Gleitring gegen den Laufradkranz gepresst wird, insbesondere durch ein unter Druck stehendes Fluid. Die Vorrichtung weist daher für die Nut zumindest eine Gas- oder Flüssigkeitszuführung mit einstellbarem Druck auf.

Um die Lage der Gleitringe festzulegen, kann vorgesehen sein, dass der obere Gleitring am Turbinendeckel und/oder der untere Gleitring am Leitradring gehalten wird. Dies wird beispielsweise durch eine Verdrehsicherung erreicht, wie etwa zumindest eine achsiale Nut oder achsiale Rillen an zumindest einer Seitenwand der Nut.

Um Scheibenreibungsverluste zu vermindern, kann vorgesehen werden, dass die durch Verflüssigung des oberen Gleitrings gebildete Flüssigkeit aus dem durch Gleitring, Turbinendeckel und Laufradboden umschlossenen Raum entfernt wird. Dazu wird vorteilhafterweise zumindest eine Öffnung im Turbinendeckel radial innerhalb der Nut vorgesehen. An diese kann eine Pumpe angeschlossen werden.

Um die entsprechende Bildung des Gleitrings zu unterstützen, ist vorgesehen, dass die Kühleinrichtung ringförmig ausgebildet und an den zylindrischen Seitenwände der Nut, insbesondere im Bereich nahe der Oberfläche des Turbinendeckels bzw. des Leitadrings, angeordnet ist.

Um das Herausgleiten des gebildeten Gleitrings aus der die Nut zu erleichtern, ist vorgesehen, dass die Nut, insbesondere deren Seitenwände, zumindest teilweise mit einem Material mit niedrigem Reibungskoeffizienten ausgekleidet ist oder über ein Fördersystem zur Ausbringung des Gleitrings verfügt.

Ein weiteres Merkmal der Vorrichtung besteht darin, dass in der Nut oder an deren Außenkanten, die durch die zylindrischen Seitenwände der Nut mit der dem Laufrad zugewandten Oberfläche des Turbinendeckels bzw. des Leitadrings gebildet werden, Dichtungsmittel, wie Dichtlippen oder ein eigenes Verschlussorgan, zur Abdichtung der Nut und/oder gegebenenfalls des Spalts zwischen Gleitring und Nut angebracht sind. Dadurch wird einerseits sichergestellt, dass die für die Bildung des Gleitrings in der Nut abgekühlte Flüssigkeit nicht durch Eindringen von Spaltwasser ausgespült und damit die Bildung des Gleitrings verhindert wird. Andererseits kann, sobald der Gleitring aus der Nut hervortritt, ein gegebenenfalls vorhandener Spalt zwischen Gleitring und Nut abgedichtet werden, um ein Eindringen von Spaltwasser in die Nut zu verhindern.

Um die Angriffsfläche für das Spaltwasser so gering wie möglich zu halten und dadurch den Achsschub zu verringern, ist vorgesehen, dass für den oberen Gleitring die Nut im Bereich des äußeren Randes des Laufradbodens vorgesehen ist.

Damit eine möglichst gute Abdichtung erzielt und die Reibung am Gleitring gering gehalten werden kann, ist die am Laufradboden bzw. Laufradkranz angeordnete Laufläche, an der der Gleitring aufliegt, glatt, insbesondere poliert, ausgebildet. Im Bedarfsfall kann auch eine elastisch gebettete Gegenlaufläche vorgesehen werden, um Planlaufungenauigkeiten des Laufrades (Rotors) auszugleichen.

Der Gleitring wird aufgrund seiner Herstellung in der Nut so ausgebildet sein, dass seine radiale Dicke kleiner als seine achsiale Abmessung ist. Um den Gleitring im radialen Querschnitt möglichst nur auf Druck zu belasten, ist die Laufläche senkrecht zur Ebene des Gleitrings angeordnet.

Die Erfindung wird anhand der schematischen Figuren 1 bis 5 beispielhaft erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine Francisturbine mit erfindungsgemäßen Dichtkörpern.

Fig. 2 zeigt anhand eines vergrößerten Ausschnitts aus Fig. 1 die Bildung eines erfindungsgemäßen oberen Gleitrings, der im Turbinendeckel angebracht ist.

Fig. 3 zeigt einen erfindungsgemäßen oberen Gleitring in Betrieb, der im Turbinendeckel angebracht ist.

Fig. 4 zeigt einen erfindungsgemäßen unteren Gleitring in Betrieb, der im Leitradring angebracht ist.

Fig. 5 zeigt einen erfindungsgemäßen oberen Gleitring mit einem Fördersystem.

In Fig. 1 ist eine Francisturbine mit erfindungsgemäßen Dichtkörpern dargestellt. Das Laufrad 1 ist an der Welle 2 befestigt, die durch eine Stopfbuchse 3 abgedichtet ist und um die Drehachse 21 rotiert. Der Spalt zwischen Laufradboden 4 und Turbinendeckel 5 ist mittels eines Gleitrings 6 aus Eis abgedichtet. Zwischen Laufradboden 4 und Turbinendeckel 5 befindet sich ein Hohlraum 10. Der Spalt zwischen Laufradkranz 7 und Leitradring 8 ist mittels eines Gleitrings 9 aus Eis abgedichtet.

Bei herkömmlichen Francisturbinen sind die genannten Spalte nur mittels Zylinder- oder Treppenlabyrinthdichtungen abgedichtet. Die erfindungsgemäßen Dichtkörper können statt dieser Dichtungen, wie in Fig. 1 dargestellt, oder zusätzlich zu diesen Dichtungen angeordnet werden. Letzteres ist vorteilhaft, falls die erfindungsgemäße Dichtung ausfällt. Die Turbine kann damit aufgrund der vorgesehenen Spaltdichtungen und der vorgesehenen Druckentlastung gemäß dem Stand der Technik betrieben werden.

In Fig. 2 ist der noch nicht fertig ausgebildete obere Gleitring 6 zur Abdichtung gegen Spaltwasser zwischen Laufradboden 4 und Turbinendeckel 5 gezeigt. Die Vorrichtung zur Erzeugung des Gleitrings 6 aus Eis wird in einer kreisförmigen Nut 11 im Turbinendeckel 5 untergebracht. Sie besteht aus einem vorzugsweise isolierten Gehäuse 12, in dem an geeigneter Stelle Kühlschlangen 13, die in Material 14 mit hoher Wärmeleitfähigkeit eingebettet sind, verlaufen und das innen mit einer Auskleidung 15 aus Kunststoff (PE, PTFE oder ähnliche Materialien mit geringer Oberflächenenergie) versehen ist. Diese Auskleidung 15 muss verformbar sein, um die Volumsausdehnung beim Gefrieren des Eises 6 teilweise abzufangen und weiters für eine möglichst geringe Reibung zwischen der Auskleidung 15 und dem Eisring 6 sorgen, damit der Eisring gleichmäßig nach unten geschoben werden kann, falls keine eigene Fördereinrichtung vorgesehen ist. Die Auskleidung 15 reicht über die Oberfläche des Turbinendeckels 5 hinaus und bildet Dichtlippen 16 zur Abdichtung der Nut 11 zu Beginn der Eisringbildung.

Von oben wird das für die Eiszerzeugung erforderliche Wasser über die als Rohre 17 ausgebildete Wasserzufuhr zugeführt. Der Wasserstand darf eine gewisse Höhe nicht überschreiten und es muss stets eine kleine mittels Druckluft 18 erzeugte Luftkammer 19 vorhanden sein, damit bei zu starker Kühlung ein komplettes Zufrieren der Vorrichtung vermieden wird und am ganzen Umfang gleich viel Wasserzugeführt werden kann.

Der Eisring 6 wird erst nach dem Anfahren der Turbine gebildet. Dazu muss jedoch verhindert werden, dass das zwischen Laufradboden 4 und Turbinendeckel 5 mitrotierende Wasser den Eiszerzeugungsraum - die Nut 11 - zu stark durchspült, da sonst trotz großer Kühlleistung die Entstehung des Eisrings 6 nicht möglich wäre. Dies lässt sich durch die flexiblen Dichtlippen 16 oder ein anderes Verschlussorgan erreichen. Sobald ein genügend großes Eisvolumen vorhanden ist, kann der Eisring 6 durch Druckbeaufschlagung von oben nach unten gegen die Lauffläche 20 des Laufradbodens 4 des Laufrads gedrückt werden. Ab diesem Zeitpunkt ist die Eisringdichtung in Betrieb, was in Fig. 3 dargestellt ist.

Im Dauerbetrieb wird auf den bereits gefrorenen Eisring 6 von oben Wasser zugeführt, das dort anfriert und durch den in der Luftkammer 19 herrschenden Druck von oben gegen die Lauffläche 20 gepresst wird. Es wird gleich viel Eis erzeugt wie aufgeschmolzen wird. So wird eine Dichtwirkung wie bei einem (meist federbelastetem) Gleitring gewährleistet. Die erzeugte Eismenge muss dem an der Dichtstelle auftretendem Verschleiß entsprechen. Wassermenge, Anpressluftdruck und Kühlleistung werden entsprechend gesteuert und geregelt.

Die Lauffläche 20 am Laufradboden 4 ist zur Verbesserung der Lauf- und Dichteigenschaften poliert und steht normal zur Achse des Gleitrings, die mit der Drehachse des Laufrads zusammenfällt. Als Kühlaggregate können standardisierte Industrieprodukte, wie etwa Kühlmaschinen für

Lastkraftwagen, verwendet werden.

Um das Ausbringen des Eisrings 6 zu gewährleisten, kann alternativ zu einer Auskleidung 15 mit niedrigem Reibungskoeffizienten ein Fördersystem vorgesehen werden, siehe Fig. 5. Dieses umfasst beispielsweise zu beiden Seiten des Eisrings 6 Schleifen 22, die über Rollen 23 drehbar sind. Die dem Eisring 6 zugewandten Teile der Schleifen 23 können diesen nach unten bewegen. Durch eine entsprechende Anzahl von Schleifen 23 werden zwei Förderbänder in Form eines Vielecks gebildet, die im Wesentlichen der gewünschten Kreisform des Eisrings 6 entsprechen. Eine entsprechende Vorrichtung kann selbstverständlich auch für einen unteren Eisring 9 vorgesehen werden.

Fig. 4 zeigt den unteren Gleitring zur Abdichtung des Spaltwassers zwischen Laufradkranz 7 und Leitradring 8. Diese Vorrichtung entspricht in fast allen Punkten der Vorrichtung in Fig. 2 bzw. 3 für den oberen Gleitring 6. Der Hauptunterschied ist, dass die Luftkammer 19 entfällt und das Wasser von unten durch Leitungen 17 zugeführt wird. Eine Vereisung der Wasserzufuhr 17 oder der gesamten Vorrichtung wird dadurch vermieden, dass sich das Eis 9 aufgrund der geringeren Dichte vor allem am oberen Ende der Nut 11 bildet.

Dieser Effekt tritt natürlich auch beim oberen Gleitring 6 in Fig. 2 bzw. 3 auf, da aber die Kühlung nur in einem begrenzten Bereich, insbesondere nahe der Oberfläche des Turbinendeckels 5 erfolgt und das Eis 6 langsam nach unten bewegt wird, beeinträchtigt dies die Funktion nicht.

Die erforderliche Anpresskraft wird in Fig. 4 vom Druck des für die Eiserzeugung zugeführten Wassers 17 erzeugt.

Beim Abstellen der Turbine muß die Eiserzeugung gestoppt werden, da sonst der Eisring 6, 9 am Laufrad 1 festfrieren würde und beim Wiederaufahren Beschädigungen auftreten könnten. Dem kann abgeholfen werden, indem die Lauffläche 20 - insbesondere elektrisch - geheizt und somit losgeeist wird.

Mit der erfindungsgemäßen Turbinendichtung kann es erstmals gelingen, die Spaltverluste von Francisturbinen zu verhindern. Damit wäre eine beachtliche Wirkungsgraderhöhung sowie eine Verringerung des Achschubes zu erzielen.

Mit einer dem Prinzip der bewährten axialen Gleitringdichtung nachempfundenen Anordnung und einem kontinuierlich nachzubildendem Gleitring aus Eis lässt sich erstmals eine solche Dichtung verwirklichen. Anstelle der hoch verschleißfesten Gleitringe üblicher Gleitringdichtungen (Metalloxide, Metallkarbide, Graphit, Keramiken...) kommt ein Gleitring aus Eis zum Einsatz. Das durch die Gleitreibung abgeschmolzene Eis wird kontinuierlich nacherzeugt.

Der Gleitreibungskoeffizient von Stahl gegen Eis ist mit $\mu = 0,014$ der geringste, den es überhaupt gibt (Kufen, Schlittschuhe, Ski). Aufgrund der physikalischen Vorgänge entsteht etwa 8 mal weniger Reibung als bei anderen günstigen Gleitpaarungen (Beispiel: Teflon gegen Stahl: $\mu = 0,11$). Minimale Reibung ist gleichbedeutend mit minimalem Verschleiß und folglich minimaler Reibleistung.

Das gefürchtete Heißlaufen von Dichtungen kann nicht stattfinden. Das schmelzende Eis kühlt sich selbst. An der Dichtstelle können nur Temperaturen um 0°C herrschen.

Der sonst lebensdauerbegrenzende Verschleiß spielt keine Rolle, da der Gleitring kontinuierlich nachgebildet wird.

Wenn der Eisring zu 100 % dicht ist, kann man den Hohlraum zwischen Laufradboden 4 und Turbinendeckel 5 entwässern und vermeidet damit Scheibenreibungsverluste - damit ist eine weitere Wirkungsgradsteigerung um etwa 0,2 Prozent verbunden.

Wirtschaftlichkeitsrechnungen zeigen, dass die mit der Erfindung ermöglichte Leistungssteigerung um ein Mehrfaches größer als die für den Betrieb aufzuwendende Energie ist. Die erforderlichen Investitionskosten sind vergleichsweise gering.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Abdichten eines Raums zwischen zumindest zwei relativ zueinander bewegbaren Oberflächen, wobei zwischen einem Teilbereich der ersten Oberfläche und einem Teilbereich der zweiten Oberfläche ein Fluid durch Kühlen verfestigt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid durch die erste Oberfläche hindurch in eine Nut der

- ersten Oberfläche zugeführt, in der Nut verfestigt wird und anschließend das verfestigte Fluid zum Abdichten des Raumes zwischen den zwei relativ zueinander bewegbaren Oberflächen von der ersten Oberfläche gegen die zweite Oberfläche bewegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid eine Flüssigkeit ist.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das verbrauchte verfestigte Fluid unter Aufrechterhaltung der Dichtungsfunktion durch Zuführen und Verfestigen von Fluid in der Nut erneuert wird.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das verfestigte Fluid einen mit Flüssigkeit gefüllten Raum von einem mit Gas gefüllten Raum trennt.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid die gleiche Flüssigkeit ist wie die Flüssigkeit des mit Flüssigkeit gefüllten Raums.
 6. Verfahren zum Abdichten eines Raums (10) zwischen zumindest teilweise gegenüberliegenden Oberflächen eines ersten Teils (5, 8) und eines relativ dazu rotierenden zweiten Teils (4, 7), wobei zwischen der Oberfläche des ersten und der des zweiten Teils ein Fluid (17) durch Kühlen verfestigt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid (17) durch den ersten Teil (5, 8) in eine ringförmige, die Drehachse (21) des rotierenden zweiten Teils (4, 7) umschließende Nut des ersten Teils (5, 8) zugeführt und in der Nut verfestigt wird, sodass ein ringförmiger Dichtungskörper (6, 9), wie etwa ein Gleitring, gebildet wird, und anschließend der Dichtungskörper zum Abdichten des Raumes zwischen der Oberfläche des ersten Teils (5, 8) und der relativ dazu rotierenden Oberfläche des zweiten Teils (4, 7) von der ersten Oberfläche gegen die zweite Oberfläche bewegt wird.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dichtungskörper (6, 9) am ersten Teil (5, 8) gehalten wird.
 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dichtungskörper (6, 9) gegen den rotierenden zweiten Teil (4, 7) gepresst wird.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dichtungskörper (6, 9) durch ein unter Druck stehendes Fluid (17, 18) gegen den rotierenden zweiten Teil (4, 7) gepresst wird.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dichtungskörper (6, 9) unter Aufrechterhaltung der Dichtungsfunktion durch Zuführen und Kühlen von Flüssigkeit (17) in der Nut erneuert wird.
 11. Verfahren zum Abdichten eines Spalts zwischen dem Gehäuse (5, 8) und dem Laufrad (1, 4, 7) einer Turbine, insbesondere einer Überdruckturbine, wobei am Turbinendeckel (5) in einem die Drehachse (21) des Laufrads (1) umschließenden ringförmigen Bereich durch Kühlen einer dort zugeführten Flüssigkeit (17), insbesondere Wasser, ein oberer Gleitring (6) gebildet und/oder dass am Leitradring (8) in einem die Drehachse (21) des Laufrads (1) umschließenden ringförmigen Bereich durch Kühlen einer dort zugeführten Flüssigkeit (17), insbesondere Wasser, ein unterer Gleitring (9) gebildet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeit (17) durch den jeweils feststehenden Teil (5, 8) in eine ringförmige, die Drehachse (21) des Laufrads (1, 4, 7) umschließende Nut des feststehenden Teils (5, 8) zugeführt und in der Nut verfestigt wird, sodass ein Gleitring (6, 9) gebildet wird, und anschließend der Gleitring (6, 9) zum Abdichten des Raumes zwischen Laufrad (1, 4, 7) und dem jeweiligen feststehenden Teil (5, 8) gegen die Oberfläche des Laufrades (1, 4, 7) bewegt wird.
 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der obere Gleitring (6) gegen den Laufradboden (4) und/oder der untere Gleitring (9) gegen den Laufradkranz (7) gepresst wird, insbesondere durch ein unter Druck stehendes Fluid (17, 18).
 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der obere Gleitring (6) am Turbinendeckel (5) und/oder der untere Gleitring (9) am Leitradring (8) gehalten wird.
 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die durch Verflüssigung des oberen Gleitrings (6) gebildete Flüssigkeit aus dem durch Gleitring (6), Turbinendeckel (5) und Laufradboden (4) umschlossenen Raum (10) entfernt wird.

15. Vorrichtung zum Abdichten eines Raums (10) zwischen zumindest zwei relativ zueinander bewegbaren Oberflächen (4, 5; 7, 8), wobei an zumindest einer Oberfläche (5, 8) für zumindest einen Teilbereich eine Kühleinrichtung (13) zur Verfestigung eines Fluids (17) zwischen einem Teilbereich der ersten Oberfläche (5, 8) und einem Teilbereich der zweiten Oberfläche (4, 7) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Oberfläche (5, 8) eine Nut (11) aufweist, in welche ein Mittel (17) zum Zuführen des Fluids mündet und welche ein Mittel (13) zum Verfestigen des Fluids in der Nut (11) sowie ein Mittel (18) zum Bewegen des verfestigten Fluids (6) aus der Nut (11) von der ersten Oberfläche (5, 8) gegen die zweite Oberfläche (4, 7) aufweist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid (17) eine Flüssigkeit, insbesondere Wasser, ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der abzudichtende Raum (10) gasgefüllt und der übrige Raum flüssigkeitsgefüllt ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der abzudichtende Raum flüssigkeitsgefüllt und der übrige Raum gasgefüllt ist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid (17) die gleiche Flüssigkeit ist wie in dem flüssigkeitsgefüllten abzudichtenden Raum bzw. dem übrigen Raum.
20. Vorrichtung zum Abdichten eines Spalts zwischen dem Gehäuse (5, 8) und dem Laufrad (1, 4, 7) einer Turbine, insbesondere einer Überdruckturbine, wobei der Turbinendeckel (5) und/oder der Leitrading (8) eine Einrichtung zur Verfestigung eines Fluids in einem kreisringförmigen, zur Drehachse (21) coaxialen Bereich (11) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Turbinendeckel (5) und/oder der Leitrading (8) zumindest eine kreisringförmige, zur Drehachse koaxiale, im Wesentlichen zylindrische Nut (11) aufweist, für die zumindest eine Flüssigkeitszuführung (17) und eine Kühleinrichtung (13) zur Bildung eines Gleitrings (6, 9) in der Nut (11) vorgesehen sind.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Mittel zum Anpressen des Gleitrings an den Laufradboden (4) bzw. den Laufradkranz (7) vorgesehen ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses Mittel zumindest eine Gas- oder Flüssigkeitszuführung (17, 18) mit einstellbarem Druck umfasst.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Mittel zum Halten des Gleitrings (6, 9) vorgesehen ist.
24. Vorrichtung nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses Mittel eine Verdrehssicherung ist, wie etwa zumindest eine achsiale Nut oder achsiale Rillen an zumindest einer Seitenwand der Nut.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Mittel zum Entfernen der durch Verflüssigung des Gleitrings (6) gebildeten Flüssigkeit aus dem durch Gleitring (6), Turbinendeckel (5) und Laufradboden (4) umschlossenen Raum vorgesehen ist.
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses Mittel zumindest eine Öffnung im Turbinendeckel (5) radial innerhalb der Nut (11) umfasst.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühleinrichtung (13) ringförmig ausgebildet und an den zylindrischen Seitenwände der Nut (11), insbesondere im Bereich nahe der Oberfläche des Turbinendeckels (5) bzw. des Leitradrings (8), angeordnet ist.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nut (11), insbesondere deren Seitenwände, zumindest teilweise mit einem Material (15) mit niedrigem Reibungskoeffizienten ausgekleidet ist oder über ein Fördersystem (22, 23) zur Ausbringung des Gleitrings (6, 9) verfügt.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Nut (11) oder an deren Außenkanten, die durch die zylindrischen Seitenwände der Nut (11) mit der dem Laufrad (1) zugewandten Oberfläche des Turbinendeckels (5) bzw. des Leitradrings (8) gebildet werden, Dichtungsmittel, wie Dichtlippen (16) oder ein eigenes Verschlussorgan, zur Abdichtung der Nut (11) und/oder gegebenenfalls des Spalts zwischen Gleitring (6, 9) und Nut (11) angebracht sind.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nut (11) im Bereich des äußeren Randes des Laufradbodens (4) vorgesehen ist.
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** die am Laufradboden (4) bzw. Laufradkranz (7) angeordnete Lauffläche (20), an der der Gleitring (6, 9) aufliegt, glatt, insbesondere poliert, ausgebildet ist.
32. Vorrichtung nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lauffläche (20) senkrecht zur Ebene des Gleitrings (6, 9) angeordnet ist.

HIEZU 5 BLATT ZEICHNUNGEN

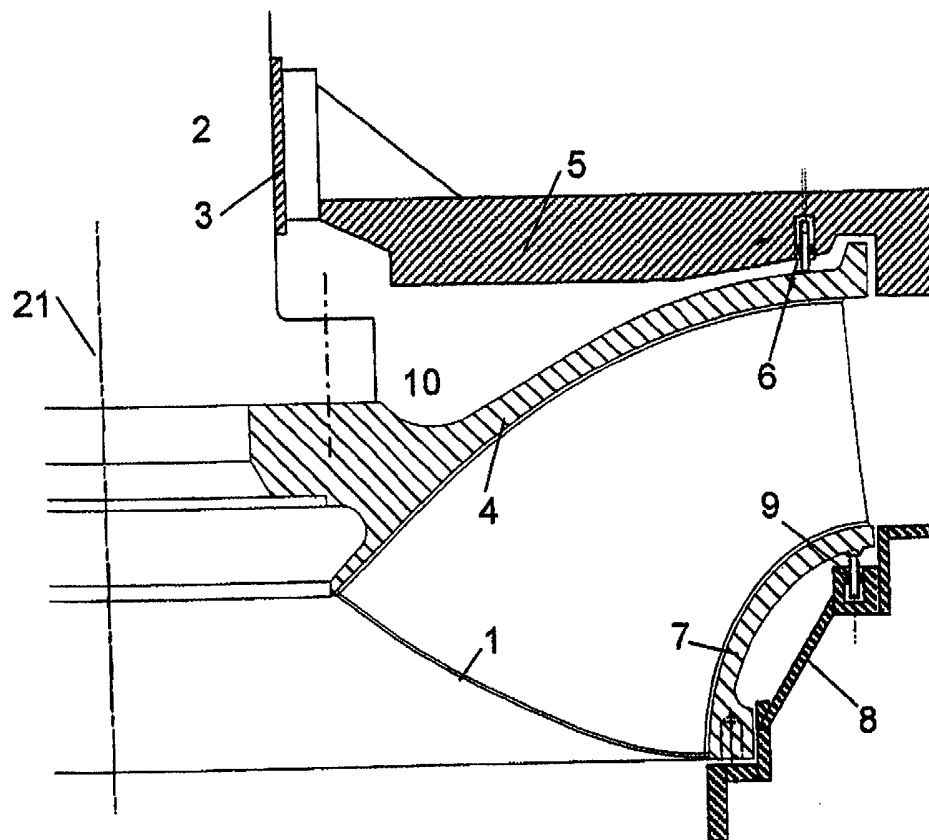


Fig. 1

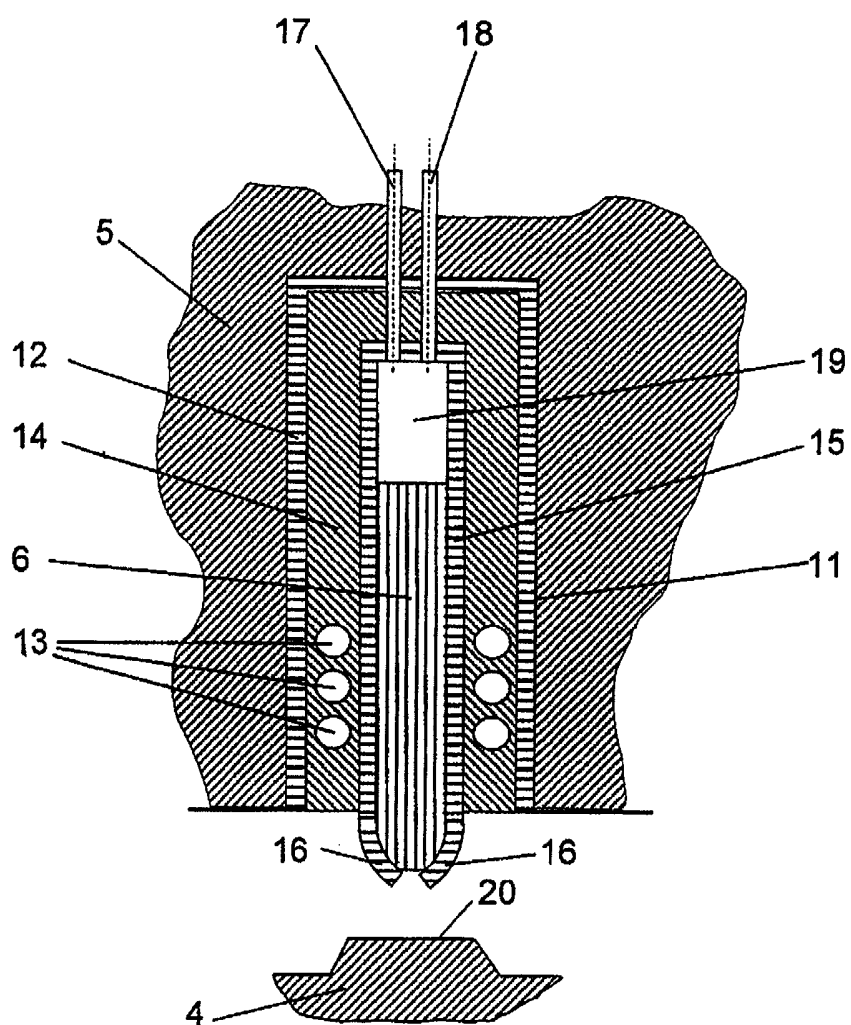


Fig. 2

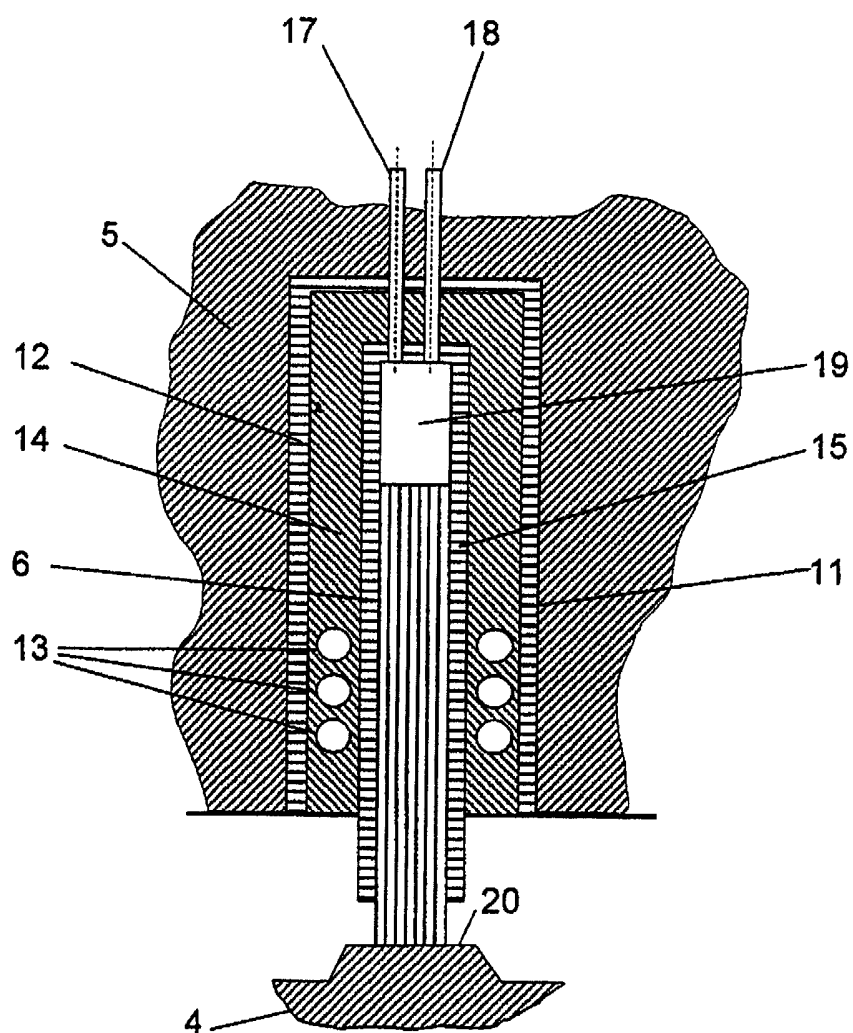


Fig. 3

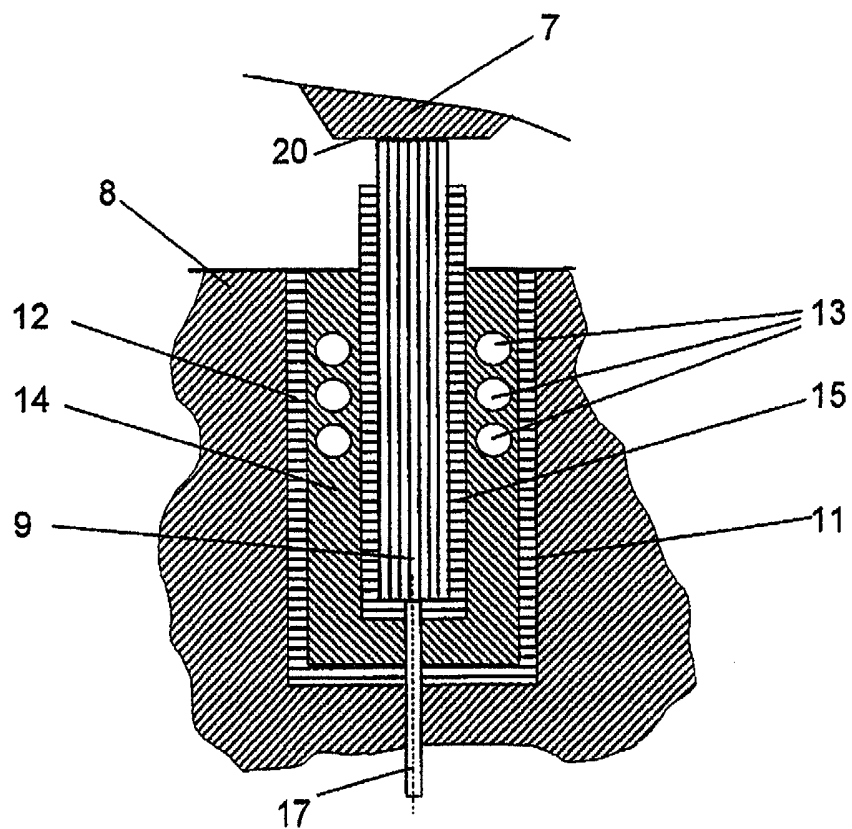


Fig. 4

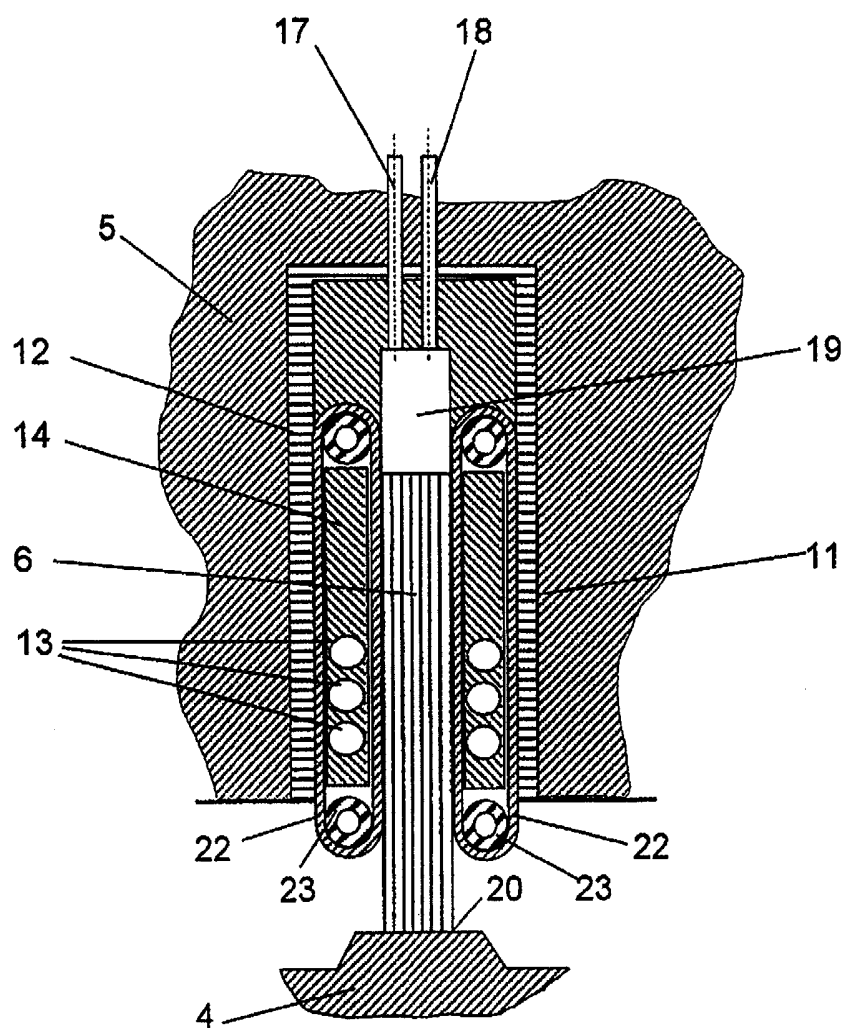


Fig. 5