



(10) **DE 11 2017 001 657 T5** 2018.12.20

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/169537**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 001 657.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2017/008808**
(86) PCT-Anmeldetag: **06.03.2017**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.10.2017**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **20.12.2018**

(51) Int Cl.: **F01D 25/00** (2006.01)
C21D 3/06 (2006.01)
C21D 9/00 (2006.01)
F01D 9/02 (2006.01)
F01D 25/10 (2006.01)
F01K 13/02 (2006.01)
F01K 21/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2016-071719 **31.03.2016** **JP**

(71) Anmelder:
MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.,
Yokohama-shi, Kanagawa, JP

(74) Vertreter:
Patentanwälte Henkel, Breuer & Partner mbB,
80333 München, DE

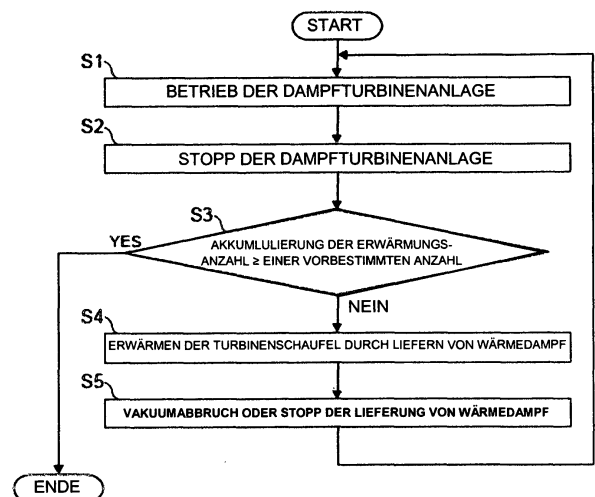
(72) Erfinder:
Shimizu, Yuichi, Tokyo, JP; Furukawa, Tatsuya,
Yokohama-shi, Kanagawa, JP; Matsubara,
Ryuichi, Tokyo, JP; Sato, Kenji, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM DURCHFÜHREN EINER WASSERSTOFFENTZIEHUNG FÜR
TURBINENSCHAUFELN**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel einer Dampfturbine weist auf: einen Schritt des Erwärms der Turbinenschaufel durch Liefern von Erwärmungsdampf in ein Gehäuse der Dampfturbine, wenn eine Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird.



Beschreibung**Lösung des Problems****TECHNISCHES GEBIET**

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf ein Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für Turbinenschaufeln einer Dampfturbine.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] Typischerweise wird für Turbinenschaufeln einer Dampfturbine Stahl verwendet. Beispielsweise offenbart das Patentedokument 1 eine Turbinenschaufel, die martensitischen rostfreien Stahl offenbart. In solchen Turbinenschaufeln besteht ein Risiko des Einschlusses von Wasserstoff im Stahl in Abhängigkeit des Bearbeitungsverfahrens. Wenn Stahl, welcher für Turbinenschaufeln verwendet wird, Wasserstoff einschließt, können die Turbinenschaufeln aufgrund des Effekts von Wasserstoff spröde werden.

Zitierungsliste**Patentliteratur**

[0003] Patentedokument 1: JPH6-306550A

ZUSAMMENFASSUNG**Zu lösende Probleme**

[0004] Indessen ist als ein übliches Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für Stahl, das Backen bekannt, wobei Stahl erwärmt wird, um eingeschlossenen Wasserstoff freizusetzen.

[0005] Jedoch in einem Fall, wo große Turbinenschaufeln in der Nähe einer Endstufe einer Dampfturbine durch einen thermischen Prozess gehen, wird es notwendig, eine große thermische Bearbeitungsvorrichtung vorzusehen, und eine relevante Menge Zeit ist notwendig, um die thermische Behandlung fertigzustellen, für nur eine begrenzte Anzahl von Turbinenschaufeln, die gleichzeitig behandelt werden können.

[0006] Deshalb wird ein Verfahren verlangt, wobei es möglich ist, eine Wasserstoffversprödung von Turbinenschaufeln zu verhindern, ohne dass komplizierte Arbeiten durchgeführt werden müssen.

[0007] Eine Aufgabe wenigstens einiger Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für Turbinenschaufeln vorzusehen, wobei es möglich ist, die Wasserstoffversprödung von Turbinenschaufeln ohne die Ausführung von arbeitsintensiven Arbeiten, durchzuführen.

[0008] (1) Gemäß wenigstens einiger Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, weist ein Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel einer Dampfturbine auf: einen Schritt des Erwärms der Turbinenschaufel durch Liefern von Erwärmungsdampf in ein Gehäuse der Dampfturbine, wenn eine Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird.

[0009] Während des Betriebes einer Dampfturbinenanlage ist die Dampftemperatur an jeder Position innerhalb des Gehäuses im Wesentlichen fest. Deswegen wirkt abhängig von der Position innerhalb des Gehäuses, Dampf mit einer relativ niedrigen Temperatur auf die Turbinenschaufeln ein, und eine Freisetzung von Wasserstoff von den Turbinenschaufeln kann während des Betriebs der Dampfturbinenanlage kaum erwartet werden. Gemäß obigem Verfahren (1) wird Erwärmungsdampf in das Gehäuse geliefert, wenn die Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird, und deswegen ist es möglich, Erwärmungsdampf, der eine ausreichende Temperatur zur Durchführung der Wasserstoffentziehung hat, im Gegensatz dazu, wenn die Dampfanlage im Betrieb ist, zu verwenden. Deswegen ist es auch für Turbinenschaufeln, die während des Betriebs der Dampfturbinenanlage kaum Wasserstoff abgeben, möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung durchzuführen, dadurch, dass die Turbinenschaufeln in Kontakt mit Erwärmungsdampf gebracht werden, wenn die Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird.

[0010] Dementsprechend ist es möglich, Wasserstoffversprödung der Turbinenschaufeln ohne komplizierte Arbeiten auszuführen, wie z.B. das Entfernen der Turbinenschaufeln, zu verhindern.

[0011] (2) Bei einigen Ausführungsformen hat im obigen Verfahren (1) der Erwärmungsdampf eine höhere Temperatur als Dampf, der durch die Turbinenschaufel während des Betriebs der Dampfturbine (Arbeitsdampf) gelangt.

[0012] Weiterhin ist es durch Verwendung des Erwärmungsdampfes, der eine höhere Temperatur hat als Arbeitsdampf, der durch die Turbinenschaufeln strömt, um entwasserstofft (erwärmt) zu werden, während des Betriebs der Dampfturbinenanlage (d. h. die Arbeitsdampftemperatur an der Stelle der Turbinenschaufeln, die entwasserstofft werden sollen), möglich, die Temperatur der Turbinenschaufeln leichter anzuheben, um deswegen die Wasserstoffentziehung der Turbinenschaufeln zu fördern. Hierin können, in einem Fall, wo eine Vielzahl von Stufen von Turbinenschaufeln im Gehäuse vorgesehen sind, eine oder mehrere Stufen der Turbinenschaufeln umfassend die Endstufe (die Stufe mit dem nied-

rigsten Druck) als die Turbinenschaufeln festgelegt werden, die entwasserstofft (erwärmt) werden sollen, und die Temperatur des Erwärmungsdampfes kann festgelegt werden, dass sie höher als die Arbeitsdampftemperatur an der Stelle der Turbinenschaufeln der Stufe ist, die erwärmt werden soll. In diesem Fall kann der Erwärmungsdampftemperatur niedriger sein als die Temperatur des Arbeitsdampfes, der durch die Stufen stromaufwärts von den zu erwärmenden Stufen strömt.

[0013] (3) Bei einigen Ausführungsformen umfasst im obigen Verfahren (1) oder (2) der Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel das Liefern von Buchsendampf als den Erwärmungsdampf zum Gehäuse über einen Buchsendichtabschnitt der Dampfturbine.

[0014] In einer typischen Dampfturbine werden Buchsendichtabschnitte mit Buchsendampf beaufschlagt, um Leakage von Dampf vom Gehäuseinnenraum zur Gehäuseumgebung über eine Lücke zwischen dem Gehäuse und dem Rotor oder einen Eintritt von Luft von der Gehäuseumgebung in den Gehäuseinnenraum zu verhindern. Gemäß obigem Verfahren (3) ist es durch die Verwendung von Buchsendichtabschnitten und dem Buchsendampfsystem, welche in einer typischen Dampfturbineneinrichtung vorgesehen sind, möglich, Buchsendampf (Erwärmungsdampf) in das Gehäuse fertig über die Buchsendichtabschnitte einzuleiten, wenn die Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird, und der Druck des Gehäuses abfällt. Deswegen ist es möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung für die Turbinenschaufeln auszuführen, ohne eine spezielle Ausrüstung, um Erwärmungsdampf in das Gehäuse zu liefern, vorzusehen.

[0015] (4) Bei einigen Ausführungsformen umfasst im obigen Verfahren (3) der Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel das Setzen der Temperatur des Buchsendampfes derart, dass er höher ist als Buchsendampf während des Betriebs der Dampfturbine.

[0016] Gemäß obigem Verfahren (4) ist es durch das Setzen der Temperatur des Buchsendampfes derart, dass sie höher als im Betrieb der Dampfturbine ist, möglich, die Turbinenschaufeln auf eine sogar höhere Temperatur zu erwärmen und hierbei die Durchführung der Wasserstoffentziehung für die Turbinenschaufeln effektiv durchzuführen.

[0017] (5) Bei einigen Ausführungsformen wird im obigen Verfahren (3) oder (4) die Temperatur des Buchsendampfes durch einen Temperatureinsteller, der in einer Buchsendampfleitung zum Liefern des Buchsendampfes an den Buchsendichtabschnitt angeordnet ist, eingestellt.

[0018] Gemäß obigem Verfahren (5) ist es durch das Einstellen der Temperatur des Buchsendampfes, der

zum Buchsendichtabschnitt geliefert werden soll, mit dem Temperatureinsteller, der in der Buchsendampfleitung angeordnet ist, möglich, die Temperatur der Turbinenschaufeln bei der Durchführung der Wasserstoffentziehung zu steuern und die Durchführung der Wasserstoffentziehung effektiv durchzuführen. Weiterhin ist es möglich, einen übermäßigen Anstieg der Temperatur des Buchsendampfes zu verhindern und beispielsweise einen Betrieb der Sperre in Bezug auf die Buchsendampftemperatur, zu verhindern.

[0019] (6) Bei einigen Ausführungsformen des obigen Verfahrens (5) ist der Temperatureinsteller ein Dampfkühler, der in der Buchsendampfleitung zwischen einem Buchsendampfsammler und dem Buchsendichtabschnitt angeordnet ist und der Dampfkühler ist eingerichtet, um den Temperaturabnahmebeitrag des Buchsendampfes einzustellen.

[0020] Gemäß obigem Verfahren (6) ist es möglich, die Temperatur des Buchsendampfes, der zum Buchsendichtabschnitt vom Buchsendampfsammler strömt, mit dem Dampfkühler in geeigneter Weise einzustellen und hierbei ist es möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung zu fördern und einen Betrieb der Sperre in Bezug auf die Buchsendampftemperatur gleichzeitig zu verhindern.

[0021] (7) Bei einigen Ausführungsformen weist im obigen Verfahren (6) der Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel das Erhöhen eines Temperatursatzwertes des Buchsendampfes am Dampfkühler im Vergleich zu während des Betriebs der Dampfturbine auf.

[0022] Gemäß obigem Verfahren (7) ist es durch das Setzen des Temperatursatzwertes des Buchsendampfes am Dampfkühler derart, dass er höher ist als im Betrieb der Dampfturbine, möglich, die Turbinenschaufeln sogar auf eine höhere Temperatur zu erwärmen, und hierdurch die Durchführung der Wasserstoffentziehung effektiv auszuführen.

[0023] (8) Bei einigen Ausführungsformen in irgendeinem der obigen Verfahren (3) bis (7), weist das Verfahren außerdem auf: Einführen des Buchsendampfes in das Gehäuse durch Liefern des Buchsendampfes in den Buchsendichtabschnitt während des Aufrechterhaltens eines Druckes innerhalb des Gehäuses derart, dass er kleiner ist als ein Atmosphärendruck; und, nach dem Erwärmen der Turbinenschaufel, das Erhöhen des Druckes innerhalb des Gehäuses auf den Atmosphärendruck, oder das Anhalten der Lieferung des Buchsendampfes zum Buchsendichtabschnitt.

[0024] Gemäß obigem Verfahren (8) ist es möglich, Buchsendampf einfach in das Gehäuse durch Liefern von Buchsendampf in die Buchsendichtabschnitte einzuführen, während der Druck im Gehä-

se derart aufrechterhalten wird, dass er geringer ist als der Atmosphärendruck. Deswegen ist es möglich, das Gehäuse mit Hoch-Temperatur-Buchsendampf zu füllen, und die Turbinenschaufeln effektiv mit dem Buchsendampf zu erwärmen.

[0025] (9) Bei einigen Ausführungsformen weist bei irgendeinem der obigen Verfahren (1) bis (8) der Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel das Erwärmen der Turbinenschaufel bis zu einer Temperatur von 120°C oder höher auf.

[0026] Als Ergebnis intensiver Forschung der vorliegenden Erfinder konnte gefunden werden, dass der Wasserstoffgehalt in den Turbinenschaufeln durch das Erwärmen der Turbinenschaufeln auf eine Temperatur von 120 °C oder größer signifikant abnimmt. Deswegen ist es gemäß dem obigen Verfahren (9) möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung an den Turbinenschaufeln durch Erhöhen der Temperatur der Turbinenschaufeln auf 120°C oder höher effektiv durchzuführen.

[0027] (10) Bei einigen Ausführungsformen umfasst bei irgendeinem der obigen Verfahren (1) bis (9) das Verfahren außerdem das mehrfache Wiederholen eines Vorganges des Lieferns des Erwärmungsdampfes in das Gehäuse.

[0028] Als Ergebnis intensiver Forschung der vorliegenden Erfinder konnte gefunden werden, dass der Wasserstoffgehalt in den Turbinenschaufeln durch das mehrfache Wiederholen des Erwärmungsvorganges der Turbinenschaufeln maßgeblich abnimmt.

[0029] Gemäß obigem Verfahren (10) ist es möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung an den Turbinenschaufeln durch das mehrfache Wiederholen des Erwärmungsvorganges für die Turbinenschaufeln effektiv durchzuführen.

[0030] (11) Bei einigen Ausführungsformen weist im obigen Verfahren (10) das Verfahren weiter auf ein mehrfaches Wiederholen des Vorganges des Lieferns von Erwärmungsdampf in das Gehäuse wenn die Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird, bis eine akkumulierte Ausführungsanzahl des Vorganges eine vorbestimmte Anzahl erreicht.

[0031] Gemäß obigem Verfahren (11) ist es möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung für die Turbinenschaufeln durch Wiederholen des Erwärmungsvorganges für die Turbinenschaufeln, bis eine akkumulierte Ausführungsanzahl des Erwärmungsvorganges eine vorbestimmte Anzahl erreicht, effektiv durchzuführen.

[0032] Hierin bedeutet „vorbestimmte Anzahl“ typischerweise zwei oder mehr und kann individuell in Abhängigkeit des Typs der Dampfturbine, der Buch-

sendampftemperatur und dergleichen gesetzt werden.

[0033] (12) Bei einigen Ausführungsformen weist bei irgendeinem der obigen Verfahren (1) bis (11) eine zu erwärmende Turbinenschaufel auch eine Endstufenschaufel einer Niederdruckdampfturbine auf.

[0034] Während des Betriebs der Dampfturbine wirkt ein Dampf mit einer niedrigen Temperatur, wie z. B. ungefähr 50°C, auf die Endstufenschaufeln der Niederdruckdampfturbine ein. Deswegen kann eine Freisetzung von Wasserstoff aus den Turbinenschaufeln während des Betriebs der Dampfturbine kaum erwartet werden. Diesbezüglich ist es gemäß obigem Verfahren (12), wie oben beschrieben (1), möglich, die Wasserstoffversprödung der Endstufenschaufeln der Niederdruck-Turbine, ohne komplizierte Arbeiten auszuführen, wie z. B. das Entfernen der Turbinenschaufeln, durch Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse zu unterdrücken, wenn die Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird.

[0035] (13) Bei einigen Ausführungsformen ist bei irgendeinem der obigen Verfahren (1) bis (12) die Turbinenschaufel aus martensitischen rostfreien Stahl gebildet.

[0036] Gemäß den Erkenntnissen der vorliegenden Erfinder neigt martensitischer rostfreier Stahl, der zur Herstellung der Turbinenschaufeln verwendet wird, dazu, spröde zu werden, wenn der Wasserstoffgehalt steigt. Diesbezüglich ist es gemäß obigem Verfahren (13), wie oben beschrieben (1), möglich, eine Beschädigung/Zerstörung aufgrund von Wasserstoffversprödung der Turbinenschaufeln, die aus martensitischen rostfreien Stahl hergestellt sind, durch Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse wenn die Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird zu verhindern, ohne komplizierte Arbeiten auszuführen, wie z. B. das Entfernen der Turbinenschaufeln.

Vorteilhafte Effekte der Erfindung

[0037] Gemäß wenigstens einiger Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist es auch für die Turbinenschaufeln, die während des Betriebs der Dampfturbinenanlage kaum Wasserstoff abgeben, möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung durchzuführen durch das Veranlassen der Turbinenschaufeln, dass sie in Kontakt gelangen mit Erwärmungsdampf, wenn die Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird. Dementsprechend ist es möglich, Wasserstoffversprödung der Turbinenschaufeln zu unterdrücken, ohne komplizierte Arbeiten auszuführen, wie z. B. das Entfernen der Turbinenschaufeln.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht einer Dampfturbine gemäß einer Ausführungsform. **Fig. 2** ist ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für Turbinenschaufeln gemäß einer Ausführungsform. **Fig. 3** ist ein Graph, der ein Beispiel für eine zeitliche Änderung der Turbinenschaufel-Temperatur und der Drehgeschwindigkeit der Dampfturbine zeigt. **Fig. 4** ist ein Graph, der eine zeitliche Änderung der Turbinenschaufel-Temperatur, der Drehgeschwindigkeit der Dampfturbine, den Grad des Gehäusevakuum (wenn die Lieferung von Erwärmungsdampf gestoppt wird) gemäß einer Ausführungsform zeigt. **Fig. 5** ist ein Graph, der eine zeitliche Änderung der Turbinenschaufel-Temperatur, der Drehgeschwindigkeit der Dampfturbine, den Grad des Gehäusevakuum (wenn die Lieferung Erwärmungsdampf gestoppt wird) gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt. **Fig. 6** ist ein Graph, der ein Ergebnis eines Evaluationstests eines Wasserstoffentziehungseffekts an Turbinenschaufeln zeigt.

Fig. 7 ist eine schematische Zusammenstellungsdarstellung eines Buchsensystems (im Hochlastbetrieb) gemäß einer Ausführungsform. **Fig. 8** ist eine schematische Zusammenstellungsdarstellung eines Buchsensystems (während der Erwärmung der Turbinenschaufeln) gemäß einer Ausführungsform.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0038] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nunmehr im Detail unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen beschrieben werden. Es ist jedoch beabsichtigt, dass, außer wenn besonders erwähnt, Dimensionen, Materialien, Formen, relative Positionen und dergleichen von Komponenten, die in den Ausführungsformen beschrieben sind, lediglich als illustrative interpretiert werden sollen und es ist nicht beabsichtigt, den Gehalt der vorliegenden Erfindung zu begrenzen.

[0039] Als erstes wird unter Bezugnahme auf **Fig. 1** eine schematische Konfiguration einer Dampfturbine **1** als Beispiel einer Anwendung des Verfahrens zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für Turbinenschaufeln gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben werden. Hierin ist **Fig. 1** eine Querschnittsansicht einer Dampfturbine **1** gemäß einer Ausführungsform. Die Dampfturbine **1** ist vorgesehen für eine Anlage, wie z. B. eine thermische Energieerzeugungsanlage.

[0040] Bei einigen Ausführungsformen weist die Dampfturbine **1** ein Gehäuse **2**, einen Rotor **5**, der derart angeordnet ist, dass er durch das Gehäuse **2**

hindurch geht, Turbinenschaufeln **10** umfassend eine Vielzahl von Rotorlaufschaufeln **8** und eine Vielzahl von stillstehenden Leitschaufeln **9** und Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** zum Unterdrücken einer Dampfleckage aus einem Gehäuseinnenraum **3** auf.

[0041] Das Gehäuse **2** weist auf einen Gehäuseeinlass **2a**, der auf der ersten Seite in der axialen Richtung des Rotors **5** zum Einführen von Dampf in das Gehäuse **2** angeordnet ist, und einen Gehäuseauslass **2b**, der auf der zweiten Seite zum Entladen von Dampf, nachdem dieser Arbeit verrichtet hat, angeordnet ist. Der Rotor **5** ist unterstützt durch Lager **7a**, **7b** derart, dass er um die Achse **O** drehbar ist. Die Vielzahl von Rotorlaufschaufeln **8** ist am Rotor **5** über eine Turbinenscheibe **6** montiert, derart, dass sie in der Umfangsrichtung des Rotors **5** angeordnet sind. Die Vielzahl von Rotorlaufschaufeln **8** sind in einer Vielzahl von Stufen in der axialen Richtung des Rotors **5** angeordnet, wodurch sie Rotorlaufschaufelreihen bilden. Die Vielzahl von stillstehenden Leitschaufeln **9** sind an der inneren Oberfläche des Gehäuses **2** montiert, derart, dass sie in einer Umfangsrichtung des Gehäuses **2** angeordnet sind. Die Vielzahl von stillstehenden Leitschaufeln **9** ist in einer Vielzahl von Stufen abwechselnd mit den Rotorlaufschaufelreihen in der axialen Richtung des Rotors **5** angeordnet, wobei sie hierdurch stillstehende Leitschaufelreihen bilden. Der Gehäuseauslass **2b** der Dampfturbine **1** kann mit einem Kondensator (nicht gezeigt) kommunizieren.

[0042] Die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** sind vorgesehen, um eine Leckage von Dampf vom Gehäuseinnenraum **3** zur Gehäuseumgebung **4** über eine Lücke zwischen dem Gehäuse **2** und dem Rotor **5** oder einen Eintritt einer Luft von der Gehäuseumgebung **4** zum Gehäuseinnenraum **3** zu unterdrücken. Die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** sind auf der ersten Seite (die Seite des Gehäuseeinlasses **2a**) und der zweiten Seite (die Seite des Gehäuseauslasses **2b**) des Gehäuses **2** entsprechend in der axialen Richtung des Rotors **5** angeordnet. Die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** sind in Buchsengehäusen **23a**, **23b** angeordnet, welche entsprechend zwischen dem Rotordurchgangsloch des Gehäuses **2** und der äußeren Umfangsoberfläche des Rotors **5** angeordnet sind. Im gezeigten Beispiel ist der hochdruckseitige Buchsenabschnitt **22a** auf der Hochdruckseite (die Seite des Gehäuseeinlasses **2a**) des Gehäuseinnenraums **3** angeordnet, und der niederdruckseitige Buchsenabschnitt **22b** ist auf der Niederdruckseite (die Seite des Gehäuseauslasses **2b**) des Gehäuseinnenraums **3** angeordnet.

[0043] In der Dampfturbine **1**, die die obige Konfiguration hat, strömt im Normalbetrieb Dampf, der in dem Gehäuseinnenraum **3** eingeführt wird, vom Gehäuseeinlass **2a** durch den Gehäuseinnenraum **3**, während er durch die Vielzahl von Turbinenschaufeln **10**

(Rotorlaufschaufeln **8** und stillstehende Leitschaufeln **9**) gelangt, und hierdurch wird eine Drehkraft auf den Rotor **5** erzeugt. Außerdem wird Dampf, nachdem er Arbeit verrichtet hat, zur Außenseite vom Gehäuseinnenraum **3** durch den Gehäuseauslass **2b** entladen.

[0044] Zu dieser Zeit werden die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** mit Buchsendampf versorgt. Dementsprechend ist es möglich, die Dichtleistung der Lücke zwischen dem Gehäuse **2** und dem Rotor **5** sicherzustellen, wobei eine Leckage von Dampf vom Gehäuseinnenraum **3** zur Gehäuseumgebung **4** oder der Eintritt von Luft von der Gehäuseumgebung **4** zum Gehäuseinnenraum **3** unterdrückt wird.

[0045] Als nächstes wird unter Bezugnahme auf **Fig. 2** das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für Turbinenschaufeln gemäß einiger Ausführungsformen beschrieben werden. Hierin ist **Fig. 2** ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für Turbinenschaufeln gemäß einer Ausführungsform. In der folgenden Beschreibung ist jede Komponente der Dampfturbine **1** mit der gleichen Bezugsziffer, die in **Fig. 1** gezeigt ist, versehen.

[0046] In der Ausführungsform gezeigt in **Fig. 2**, ist eine beispielhafte Ausführungsform gezeigt, wo die Turbinenschaufeln **10** erwärmt werden, wenn die Dampfturbine **1** gestoppt wird. Nichts desto trotz können in einer anderen Ausführungsform die Turbinenschaufeln **10** erwärmt werden, wenn die Dampfturbine **1** gestartet wird.

[0047] Wie gezeigt in **Fig. 2**, weist das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für Turbinenschaufeln gemäß einigen Ausführungsformen einen Schritt (**S4**) des Erwärms der Turbinenschaufeln **10** durch Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** der Dampfturbine **1** auf, wenn die Dampfturbine **1** gestoppt wird (**S2**) oder gestartet wird.

[0048] Beispielsweise wird in der Ausführungsform gezeigt in **Fig. 2** die Dampfturbine **1** betrieben (**S1**), und dann wird die Dampfturbine **1** gestoppt (**S2**). Nachdem die Dampfturbine **1** gestoppt wird, wird Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** der Dampfturbine **1** geliefert, um die Turbinenschaufeln **10** zu erwärmen (**S4**).

[0049] Im obigen Verfahren kann Erwärmungsdampf, der in das Gehäuse **2** der Dampfturbine **1** geliefert wird, eine höhere Temperatur haben als Dampf, der durch die Turbinenschaufeln **10** während des Betriebes der Dampfturbine **1** (Arbeitsdampf) gelangt. Insbesondere kann der Erwärmungsdampf an einer Stelle, an der der Erwärmungsdampf geliefert wird, eine höhere Temperatur haben als Arbeitsdampf.

[0050] Der Erwärmungsdampf, der in das Gehäuse **2** der Dampfturbine **1** geliefert wird, ist nicht besonders begrenzt und kann der unten beschriebene Buchsendampf oder ein anderer Dampf sein, der in der Anlage, in der die Dampfturbine **1** installiert ist, erzeugt wird. Der andere Dampf kann Dampf sein, der von einem Hilfsdampfsystem der Anlage beispielsweise bezogen wird oder Dampf, der von einer Mitteldruckturbine oder einer Hochdruckturbine entzogen wird.

[0051] Außerdem kann die Erwärmungsdauer der Turbinenschaufeln **10**, d. h. die Dauer des Liefers des Erwärmungsdampfs in das Gehäuse **2** länger sein als in einem Fall, wo die Durchführung der Wasserstoffentziehung an den Turbinenschaufeln **10** nicht durchgeführt wird. Insbesondere kann die Erwärmungszeit der Turbinenschaufeln **10** derart gesetzt werden, dass sie auf der Basis wenigstens einer aus der Konzentration von Wasserstoff, der in den Turbinenschaufeln **10** enthalten ist, auf der Basis der Dicke der Turbinenschaufeln **10**, auf der Basis der Temperatur des Erwärmungsdampfes oder der Strömungsrate des Erwärmungsdampfes festgelegt wird. Beispielsweise kann die Erwärmungsdauer der Turbinenschaufeln **10** nicht kürzer als 12 Stunden und nicht länger als 24 Stunden sein.

[0052] Während des Betriebs der Dampfturbine **1** ist die Dampfturbine an jeder Stelle innerhalb des Gehäuses im Wesentlichen fixiert. Deswegen wirkt in Abhängigkeit der Stelle innerhalb des Gehäuses **2** Dampf mit einer relativ niedrigen Temperatur auf die Turbinenschaufeln **10** ein und eine Freisetzung von Wasserstoff aus den Turbinenschaufeln **10** kann während des Betriebs der Dampfturbine **1** kaum erwartet werden. Gemäß obigem Verfahren wird Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** geliefert, wenn die Dampfturbine **1** gestartet wird oder gestoppt wird. Deswegen ist es möglich, Erwärmungsdampf, der eine geeignete Temperatur zur Durchführung der Wasserstoffentziehung hat, zu verwenden, nicht so wie wenn Dampfturbine **1** in Betrieb ist. Deshalb ist es auch für Turbinenschaufeln **10**, die kaum Wasserstoff während des Betriebs der Dampfturbine **1** abgeben, möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung durch Veranlassen der Turbinenschaufeln **10** derart, dass sie in Kontakt gelangen mit dem Erwärmungsdampf, wenn die Dampfturbine **1** gestartet oder gestoppt wird. Insbesondere tendieren die Rotorlaufschaufeln **8** zur Zeit der Herstellung dazu, Wasserstoff einzulagern und deswegen ist es möglich, Wasserstoff effektiv von den Rotorlaufschaufeln **8** durch die obige Methode zu entfernen.

[0053] Dementsprechend ist es möglich, Wasserstoffversprödung der Turbinenschaufeln **10**, ohne komplizierte Arbeiten auszuführen, wie z.B. das Entfernen der Turbinenschaufeln **10** zu unterdrücken. Außerdem ist es durch die Verwendung von Erwärmungsdampf möglich, die Wasserstoffversprödung zu unterdrücken.

mungsdampf, der eine höhere Temperatur hat als Arbeitsdampf, möglich, die Temperatur der Turbinenschaufeln **10** leichter zu erhöhen und die Wasserstoffentziehung der Turbinenschaufeln **10** zu fördern.

[0054] In einer Ausführungsform können bei dem Schritt des Erwärms der Turbinenschaufeln **10**, wie gezeigt in **Fig. 2 (S4)**, die Turbinenschaufeln **10** auf eine Temperatur von 120°C oder höher erwärmt werden (siehe **Fig. 3** bis **Fig. 5**). Beispielsweise, wie gezeigt in **Fig. 3**, verringert sich die Drehgeschwindigkeit der Dampfturbine **1** schnell, wenn die Lieferung des Dampfes zur Dampfturbine **1** gestoppt ist. Dann, wenn der Erwärmungsdampf zum Gehäuse **2** geliefert wird, erhöht sich die Turbinenschaufel-Temperatur nach einem Halt graduell mit der Zeit. Hierin ist **Fig. 3** ein Graph, der ein Beispiel einer zeitlichen Änderung der Turbinenschaufel-Temperatur und der Drehgeschwindigkeit der Dampfturbine zeigt.

[0055] Als Ergebnis intensiver Forschung der vorliegenden Erfinder konnte gefunden werden, dass der Wasserstoffgehalt in den Turbinenschaufeln **10** signifikant abnimmt, indem die Turbinenschaufeln **10** auf eine Temperatur von 120 °C oder höher erwärmt werden. Deswegen ist es gemäß obigem Verfahren möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung an den Turbinenschaufeln **10** durch Erhöhen der Temperatur der Turbinenschaufeln **10** auf 120°C oder höher effektiv durchzuführen. Außerdem kann mit Blick auf die Wärmewiderstandseigenschaften der Turbinenschaufeln **10** und anderer Komponenten des Gehäuses der Erwärmungsdampf derart geliefert werden, dass die Temperatur der Turbinenschaufeln **10** 180°C nicht überschreitet.

[0056] Im Schritt des Erwärms der Turbinenschaufeln **10 (S4)** kann der Vorgang des Liefers von Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** mehrfach wiederholt werden. In diesem Fall kann der Vorgang des Liefers von Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** wiederholt werden, bis die akkumulierte Ausführungsanzahl des Erwärmungsvorgangs (**S4**) der Turbinenschaufeln **10** eine vorbestimmte Anzahl erreicht hat.

[0057] Beispielsweise wird in der Ausführungsform gezeigt in **Fig. 2** nach dem Anhaltebetrieb der Dampfturbine **1 (S2)**, bestimmt, ob die akkumulierte Ausführungsanzahl des Erwärmungsvorgangs (**S4**) der Turbinenschaufeln **10** nach dem Anfangszustand der Dampfturbine **1** nicht kleiner als eine vorbestimmte Anzahl (**S3**) ist. Wenn die akkumulierte Ausführungsanzahl des Erwärmungsvorgangs für die Turbinenschaufeln **10** nicht kleiner als eine vorbestimmte Anzahl ist, wird der Erwärmungsvorgang der Turbinenschaufeln **10 (S4)** nicht ausgeführt. Auf der anderen Seite, wenn die akkumulierte Ausführungsanzahl des Erwärmungsvorgangs für die Turbinenschaufeln **10** kleiner als eine vorbestimmte Anzahl ist, wird der

Erwärmungsvorgang der Turbinenschaufeln **10 (S4)** durch Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** durchgeführt. Außerdem wird nach Verstreichen einer Setzzeit des Heizens der Turbinenschaufeln **10** ein Vakuumabbruch durchgeführt oder die Lieferung des Erwärmungsdampfes wird gestoppt (**S5**). Danach wird der Betrieb der Dampfturbine **1** wieder gestartet sofern benötigt (**S1**), und wenn die Dampfturbine **1** gestoppt werden soll (**S2**), wird erneut bestimmt, ob die akkumulierte Ausführungsanzahl des Erwärmungsvorgangs für die Turbinenschaufeln **10** nicht kleiner ist als die vorbestimmte Anzahl (**S3**). Die obigen Schritte werden wiederholt bis die akkumulierte Ausführungsanzahl des Erwärmungsvorgangs für die Turbinenschaufeln **10** die vorbestimmte Anzahl erreicht. Hierin bedeutet „vorbestimmte Anzahl“ typischerweise zwei oder mehr und kann individuell in Abhängigkeit des Typs der Dampfturbine, der Buchsendampftemperatur und dergleichen gesetzt werden.

[0058] **Fig. 4** ist ein Graph, der eine zeitliche Änderung der Turbinenschaufel-Temperatur, der Drehgeschwindigkeit der Dampfturbine, des Gehäuse-Vakuumgrades (wenn die Lieferung von Erwärmungsdampf gestoppt wird) gemäß einer Ausführungsform zeigt. **Fig. 5** ist ein Graph, der eine zeitliche Änderung der Turbinenschaufel-Temperatur, der Drehgeschwindigkeit der Dampfturbine, des Gehäuse-Vakuumgrades (wenn die Lieferung von Erwärmungsdampf gestoppt wird) gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt.

[0059] In der Ausführungsform gezeigt in **Fig. 4** wird, nachdem der Betrieb der Dampfturbine **1** gestoppt wird, Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** geliefert und die Lieferung von Erwärmungsdampf wird nach einer vorbestimmten Zeitperiode angehalten. Durch Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** steigt die Turbinenschaufel-Temperatur graduell an und wenn einmal die Lieferung des Erwärmungsdampfes gestoppt wird, nimmt die Turbinenschaufel-Temperatur ab. In der Ausführungsform gezeigt in **Fig. 5** wird, nachdem der Betrieb der Dampfturbine **1** gestoppt wird, Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** geliefert und ein Vakuumabbruch wird nach einer vorbestimmten Zeitperiode durchgeführt. Durch Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** steigt die Turbinenschaufel-Temperatur graduell an und nach dem Vakuumabbruch fällt die Turbinenschaufel-Temperatur ab. In diesem Fall kann die Lieferung des Erwärmungsdampfes nach dem Vakuumabbruch angehalten werden. Hierin bezieht sich der Vakuumabbruch in einem Fall, wo ein Kondensator (nicht gezeigt) in einer späteren Stufe der Dampfturbine **1** angeordnet ist, auf das Öffnen eines Vakuumabbruch-Ventils des Kondensators, um den Druck innerhalb des Gehäuses **2** näher an den Atmosphärendruck zu bringen.

[0060] Als Ergebnis intensiver Forschung der vorliegenden Erfinder konnte gefunden werden, dass der Wasserstoffgehalt in den Turbinenschaufeln **10** durch das mehrfache Wiederholen des Erwärmungsvorgang der Turbinenschaufeln **10** maßgeblich abfällt. Hier zeigt **Fig. 6** ein Ergebnis eines Evaluierungstests des Wasserstoffentziehungseffekts, der durch den oben beschriebenen Erwärmungsvorgang an den Turbinenschaufeln **10** erreicht wird. **Fig. 6** zeigt eine Wasserstoffkonzentration zu einer Zeit, wenn rostfreier Stahl, der 4.3ppm Wasserstoff aufgenommen hat, auf eine Temperatur höher als 120°C erwärmt wird. Wie im Graph gezeigt, nimmt die Wasserstoffkonzentration auf 0.24ppm ab, wenn der Erwärmungsvorgang einmal durchgeführt wird und auf 0.03ppm ab, wenn der Erwärmungsvorgang fünfmal wiederholt wird. Gemäß obigem Verfahren, ist es möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung an den Turbinenschaufeln **10** effektiv durch das mehrfache Wiederholen des Erwärmungsvorgangs für die Turbinenschaufeln durchzuführen. Außerdem ist es möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung für Turbinenschaufeln **10** durch das Wiederholen des Erwärmungsvorgang bis die akkumulierte Ausführungsanzahl des Erwärmungsvorgang für die Turbinenschaufeln **10** eine vorbestimmte Anzahl erreicht, effektiv durchzuführen.

[0061] Außerdem kann der Erwärmungsvorgang nicht so häufig durchgeführt werden, wenn die Turbinenschaufeln **10** in ihrem Ausgangszustand eine niedrige Wasserstoffkonzentration haben oder wenn die Turbinenschaufeln **10** eine relativ kleine Dicke haben.

[0062] Im obigen Verfahren können die Turbinenschaufeln **10**, die erwärmt werden sollen, auch Endstufenschaufeln der Niederdruckdampfturbine umfassen (Endstufen-Rotorlaufschaufeln **8a** gezeigt in **Fig. 1**). Während des Betriebs der Dampfturbine **1** wirkt Dampf, der eine niedrige Temperatur, wie z. B. ungefähr 50°C hat, auf die Endstufenschaufeln der Niederdruckdampfturbine ein. Deswegen kann während des Betriebs der Dampfturbine **1** eine Freisetzung von Wasserstoff aus den Turbinenschaufeln **10** kaum erwartet werden. Diesbezüglich ist es gemäß obigem Verfahren, wie oben beschrieben, möglich, durch Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2**, wenn die Dampfturbine **1** gestartet oder gestoppt wird, die Wasserstoffversprödung der Endstufenschaufeln der Niederdruckdampfturbine zu verhindern, ohne komplizierte Arbeiten auszuführen, wie z.B. das Entfernen der Turbinenschaufeln **10**.

[0063] Im obigen Verfahren können die Turbinenschaufeln **10** martensitischer rostfreier Stahl sein. Beispielsweise weist martensitischer rostfreier Stahl Ph13-8Mo-Stahl, 17-4PH-Stahl und 12cr-Stahl auf. Gemäß den Erkenntnissen der vorliegenden Erfinder neigt martensitischer rostfreier Stahl, der zur Herstel-

lung der Turbinenschaufeln **10** verwendet wird, dazu, spröde zu werden, wenn der Wasserstoffgehalt steigt.

[0064] Diesbezüglich ist es, wie oben beschrieben, möglich, durch Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse, wenn die Dampfturbine **1** gestartet oder gestoppt wird, eine Beschädigung/Zerstörung der Turbinenschaufeln **10**, hergestellt aus martensitischem rostfreiem Stahl, aufgrund von Wasserstoffversprödung, zu verhindern, ohne komplizierte Arbeiten auszuführen, wie z.B. das Entfernen der Turbinenschaufeln **10**.

[0065] Im oben beschriebenen Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufeln **10** (**S4**), wie gezeigt in **Fig. 7** und **Fig. 8**, kann Buchsendampf in das Gehäuse **2** als Erwärmungsdampf über die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** der Dampfturbine **1** geliefert werden.

[0066] Als nächstes wird unter Bezugnahme auf **Fig. 7** und **Fig. 8** ein bestimmtes Konfigurationsbeispiel eines Buchsensystems **20** beschrieben werden. **Fig. 7** ist eine schematische Konfigurationsdarstellung eines Buchsensystems (im Hochlastbetrieb) **20** gemäß einer Ausführungsform. **Fig. 8** ist eine schematisches Konfigurationsdiagramm eines Buchsensystems (wenn die Turbinenschaufeln erwärmt werden) **20** gemäß einer Ausführungsform. In der folgenden Beschreibung wird, wo passend jede Komponente der Dampfturbine **1** mit den gleichen Bezugszeichen, wie gezeigt in **Fig. 1**, versehen.

[0067] Wie gezeigt in den **Fig. 7** und **Fig. 8** als Beispiel, weist das Buchsensystem **20** gemäß einigen Ausführungsformen die oben beschriebenen Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b**, einen Buchsendampfsammler **24** zum Speichern von Buchsendampf der zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** geliefert werden soll, und Buchsendampfleitungen **28**, **29**, die zwischen dem Buchsendampfsammler **24** und den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** angeordnet sind, auf. In der vorliegenden Ausführungsform bezieht sich Buchsendampf auf Dampf, der durch die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** strömt, und hierbei zur Sicherstellung der Dichtleistung zwischen dem Gehäuseinnenraum **3** und der Gehäuseumgebung **4** funktioniert. Das bedeutet, dass Buchsendampf Dampf umfasst, der entsprechend von dem Gehäuseinnenraum **3** zur Gehäuseumgebung **4** über die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** strömt.

[0068] Der Buchsendampfsammler **24** ist eingerichtet, um Buchsendampf zu speichern, welcher zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** geliefert werden soll. Beispielsweise kann Buchsendampf, der in dem Buchsendampfsammler **24** gespeichert ist, Dampf sein, der von einem Hilfsdampfsystem der Anlage bezogen wird, kann Dampf sein, der beispielsweise

aus einer Mitteldruckturbine oder einer Hochdruckturbine entnommen wurde, oder kann Dampf sein, der durch das Druckvermindern eines Turbineneinlass-Dampfes erhalten wird. Weiterhin kann Buchsendampf Dampf enthalten, der von einem hochdruckseitigen Buchsenabschnitt **22a** zu einer Hochlastzeit zurückgewonnen wurde. Darüber hinaus kann Buchsendampf eine Kombination von mehr als einem Typ von Dampf von verschiedenen Quellen, wie oben beschrieben, aufweisen.

[0069] Wie gezeigt in **Fig. 7**, ist während des Hochlastbetriebes der Dampfturbine **1** der Gehäuseinnendruck relativ hoch und deswegen strömt Dampf (Buchsendampf), vom Gehäuseinnenraum **3** zur Gehäuseumgebung **4** am hochdruckseitigen Buchsenabschnitt **22a** aus. Wenigstens ein Teil des Buchsendampfes wird durch den Buchsendampfsammler **24** über die Buchsendampfleitung **28** zurückgewonnen. Außerdem kann wenigstens ein anderer Teil des Buchsendampfes zu einem Buchsenkondensator geleitet werden, um kondensiert zu werden. Beispielsweise wird ein Teil des ausgeströmten Buchsendampfes durch den Buchsendampfsammler **24** von dem gehäuseseitigen Abschnitt X des hochdruckseitigen Buchsenabschnitts **22a** zurückgewonnen und ein Rest des ausgeströmten Dampfes wird von dem atmosphärensseitigen Abschnitt Y zum Buchsenkondensator geleitet.

[0070] Außerdem wird der niederdruckseitige Buchsenabschnitt **22b** mit Dampf vom Buchsendampfsammler **24** beliefert. Weiterhin kann wenigstens ein anderer Teil des Buchsendampfes, der von dem niederdruckseitigen Buchsenabschnitt **22b** auströmt, zu einem Buchsenkondensator geleitet werden. Beispielsweise wird Buchsendampf vom Buchsendampfsammler **24** zum gehäuseseitigen Abschnitt X des niederdruckseitigen Buchsenabschnittes **22b** geliefert und ein Teil des gelieferten Buchsendampfes (enthaltend Luft) wird von dem atmosphärensseitigen Abschnitt Y des niederdruckseitigen Buchsenabschnitt **22b** zum Buchsenkondensator geleitet. Außerdem wird während eines Niederlastbetriebes oder eines Null-Last-Betriebes der Dampfturbine **1** der hochdruckseitige Buchsenabschnitt **22a** auch mit Buchsendampf von dem Buchsendampfsammler **24** versorgt.

[0071] Wie gezeigt in **Fig. 8** wird im Erwärmungsvorgang für die Turbinenschaufeln **10**, der Buchsendampf vom Buchsendampfsammler **24** zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** über die Buchsendampfleitungen **28**, **29** geliefert. Zu dieser Zeit ist der Gehäuseinnendruck relativ niedrig und deswegen wird der Buchsendampf in das Gehäuse **2** über die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** geliefert. Beispielsweise wird Buchsendampf von dem Buchsendampfsammler **24** zum gehäuseseitigen Abschnitt X des hochdruckseitigen Buchsenabschnitts **22a** und

dem gehäuseseitigen Abschnitt X des niederdruckseitigen Buchsenabschnitts **22b** geliefert. Außerdem wird ein Teil des gelieferten Buchsendampfes (der Luft enthält) vom atmosphärensseitigen Abschnitt Y des hochdruckseitigen Buchsenabschnitts **22a** und vom atmosphärensseitigen Abschnitt Y des niederdruckseitigen Buchsenabschnitts **22b** zum Buchsenkondensator geleitet.

[0072] Gemäß diesem Verfahren ist es unter Verwendung der Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** und des Buchsendampfsystems (Buchsendampfsammler **24**, Buchsendampfleitungen **28**, **29**, etc.), welche bei einer typischen Dampfturbineneinrichtung vorgesehen sind, möglich, Buchsendampf (Erwärmungsdampf) in das Gehäuse **2** ohne Weiteres über die Buchsendichtabschnitte **22a**, **22b** einzuleiten, wenn die Dampfturbine **1** gestartet oder gestoppt wird und der Druck des Gehäuses **2** abnimmt. Deswegen ist es möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung für die Turbinenschaufeln **10** durchzuführen, ohne spezielle Ausrüstungen zur Lieferung von Erwärmungsdampf in das Gehäuse **2** vorzusehen.

[0073] Wie gezeigt in den **Fig. 7** und **Fig. 8** kann eine Entladungsleitung **25**, die ein Ablassventil **26** hat, mit dem Buchsendampfsammler **24** verbunden sein, um einen übermäßigen Druckanstieg innerhalb des Buchsendampfsammlers **24** zu vermeiden. In diesem Fall, wenn der Druck in den Buchsendampfsammler **24** einen Setzwert überschreitet, öffnet das Ablassventil **26** und entlädt Buchsendampf von der Entladungsleitung **25**.

[0074] Im obigen Verfahren kann im Erwärmungsvorgang für die Turbinenschaufeln **10** die Temperatur des Buchsendampfes derart gesetzt werden, dass sie höher ist als diejenige während des Betriebs der Dampfturbine **1**. Das bedeutet, die Temperatur des Buchsendampfes, der im Erwärmungsvorgang für die Turbinenschaufeln **10** verwendet wird, wird derart gesetzt, dass sie höher ist als die Temperatur des Dampfes, die zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** während des Betriebs der Dampfturbine **1** geliefert wird. Beispielsweise kann Dampf, der zu dem Buchsendampfsammler **24** geliefert wird, eine höhere Temperatur haben, als diejenige während des Betriebs der Dampfturbine **1**, oder der Buchsendampf kann zwischen dem Buchsendampfsammler **24** und den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** wie unten beschrieben erwärmt werden, wenn er geliefert wird.

[0075] Dementsprechend ist es durch das Setzen der Temperatur des Buchsendampfes derart, dass sie höher ist als diejenige während des Betriebs der Dampfturbine **1** möglich, die Turbinenschaufeln **10** sogar auf eine höhere Temperatur zu erwärmen und hierbei die Durchführung der Wasserstoffentziehung für die Turbinenschaufeln **10** effektiv durchzuführen.

[0076] Außerdem kann die Temperatur des Buchsendampfes durch einen Temperatureinsteller, der in der Buchsendampfleitung **29** angeordnet ist, für die Lieferung von Buchsendampf zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** angepasst werden. In diesem Fall, wie gezeigt in **Fig. 8**, kann der Temperatureinsteller ein Dampfkühler **30**, der in der Buchsendampfleitung **29** zwischen den Buchsendampfsammler **24** und den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** angeordnet ist, sein, und der Temperaturabnahmebetrag des Buchsendampfes kann durch den Dampfkühler **30** angepasst werden. Beispielsweise kann der Dampfkühler **30** den Buchsendampf durch indirekten Wärmeaustausch mit Kühlwasser kühlen. In diesem Fall kann die Temperatur der Turbinenschaufeln **10** durch den Temperatursensor **36** detektiert werden und der Öffnungsgrad eines Strömungsrateinstellventils **31** kann gesteuert werden über eine Steuervorrichtung **35** auf der Basis der Temperatur, um die Strömungsrate des Kühlwassers zum Kühlen des Buchsendampfes einzustellen. In einer anderen, nicht gezeigten Ausführungsform kann der Temperatureinsteller ein Heizer zum Aufheizen des Buchsendampfes sein.

[0077] Dementsprechend ist es möglich, durch das Anpassen der Temperatur des Buchsendampfes, der zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** geliefert werden soll, mit dem Temperatureinsteller, der in der Buchsendampfleitung **29** angeordnet ist, die Temperatur der Turbinenschaufeln **10** während der Durchführung der Wasserstoffentziehung zu steuern und die Durchführung der Wasserstoffentziehung effektiv durchzuführen. Außerdem ist es möglich, einen übermäßigen Anstieg der Temperatur des Buchsendampfes zu vermeiden und einen Betrieb der Sperre in Bezug auf die Buchsendampftemperatur beispielsweise zu verhindern.

[0078] Außerdem ist es durch die Verwendung des Dampfkühlers **30** als den Temperatureinsteller möglich, die Temperatur des Buchsendampfes, der zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** vom Buchsendampfsammler strömt, geeignet mit dem Dampfkühler **30** anzupassen und hierdurch ist es möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung zu fördern und einen Betrieb der Sperre in Bezug auf die Buchsendampftemperatur gleichzeitig zu verhindern.

[0079] Im obigen Verfahren kann im Erwärmungsvorgang der Turbinenschaufeln **10** der Temperatursetzwert des Buchsendampfes im Dampfkühler **30** höher sein als diejenige während des Betriebs der Dampfturbine **1**. Dementsprechend ist es durch Festsetzen des Temperatursetzwertes des Buchsendampfes im Dampfkühler **30** derart, dass er höher ist als im Betrieb der Dampfturbine **1**, möglich, die Turbinenschaufeln **10** sogar auf eine höhere Temperatur zu erwärmen und hierdurch die Durchführung der Wasserstoffentziehung effektiv auszuführen.

[0080] Wie gezeigt in **Fig. 8**, kann ein Abwassertrenner **32** in der Buchsendampfleitung **29** auf der Seite näher bei dem niederdruckseitigen Buchsenabschnitt **22b** als der Dampfkühler **30** angeordnet sein. Der Abwassertrenner **32** ist eingerichtet, Abwasser, welches durch die Kondensation eines Teils des Buchsendampfes im Dampfkühler **30** erzeugt wurde, zu trennen. Dementsprechend ist es durch das Trennen von Abwasser, welches durch Kondensation eines Teils des Buchsendampfes im Dampfkühler **30** erzeugt wurde, mit dem Abwassertrenner **32** möglich, den Eintritt von Abwasser ins Gehäuse **2** zu verhindern.

[0081] In der Ausführungsform gezeigt in den **Fig. 7** und **Fig. 8** sind der Dampfkühler **30** und der Abwassertrenner **32** nur in der Buchsendampfleitung **29** zum Liefern von Buchsendampf im niederdruckseitigen Buchsenabschnitt **22b** angeordnet. Nichts desto trotz können der Dampfkühler **30** und der Abwassertrenner **32** auch in der Buchsendampfleitung **28** zum Liefern von Buchsendampf zum hochdruckseitigen Buchsenabschnitt **22a** angeordnet sein.

[0082] Außerdem kann im obigen Verfahren Buchsendampf zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** geliefert werden, während der Druck innerhalb des Gehäuses **2** derart aufrecht erhalten wird, dass er geringer ist als Atmosphärendruck, um Buchsendampf in das Gehäuse **2** strömen zu lassen und den Druck innerhalb des Gehäuses **2** auf Atmosphärendruck nach dem Erwärmen der Turbinenschaufeln **10** zu erhöhen oder die Lieferung von Buchsendampf zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** zu stoppen (siehe **Fig. 5**).

[0083] Gemäß diesem Verfahren ist es möglich, gleich Buchsendampf in das Gehäuse **2** durch Liefern von Buchsendampf zu den Buchsendichtabschnitten **22a**, **22b** während des Aufrechterhaltens des Drucks in den Gehäuse **2** derart, dass er geringer ist als der Atmosphärendruck, zuzuführen. Deswegen ist es möglich, das Gehäuse **2** mit Hochtemperatur-Buchsendampf zu füllen und die Turbinenschaufeln **10** effektiv mit Buchsendampf zu erwärmen.

[0084] Wie oben beschrieben, ist es bei wenigstens einigen der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auch für die Turbinenschaufeln **10**, die kaum Wasserstoff während des Betriebs der Dampfturbine **1** abgeben, möglich, die Durchführung der Wasserstoffentziehung durchzuführen, indem die Turbinenschaufeln **10** veranlasst werden, in Kontakt zu geraten mit Erwärmungsdampf, wenn die Dampfturbine **1** gestartet oder gestoppt wird. Dementsprechend ist es möglich, die Wasserstoffversprödung der Turbinenschaufeln **10** zu verhindern, ohne komplizierte Arbeiten auszuführen, wie z.B. das Entfernen der Turbinenschaufeln **10**.

[0085] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurden oben im Detail beschrieben, aber die vorliegende Erfindung ist nicht hierauf begrenzt und verschiedene Änderungen und Abwandlungen können implementiert werden. Beispielsweise kann, während eine Einzelströmungs-Dampfturbine in **Fig. 1** dargestellt ist, wo Arbeitsdampf vom Gehäuseeinlass **2a** eintritt und dann in eine Einzelrichtung (in der Zeichnung von links nach rechts) strömt, die obige Beschreibung der Ausführungsformen auch angewendet werden auf eine Doppelstrom-Dampfturbine, wo Arbeitsdampf über einen Gehäuseeinlass eintritt und in beide Richtungen strömt.

[0086] Beispielsweise soll ein Ausdruck von einem gleichen Zustand, wie z.B. „gleich“ und „gleichartig“ nicht dahingehend angenommen werden, dass nur der Zustand, in dem das Merkmal genau gleich ist, gemeint ist, sondern auch einen Zustand umfasst, in dem eine Toleranz vorliegt oder ein Unterschied, der immer noch die gleiche Funktion erfüllen kann.

[0087] Auf der anderen Seite sind Ausdrücke, wie z. B. „umfassen“, „aufweisen“, „haben“, „enthalten“ und „bestehen aus“ nicht dazu gedacht, dass sie andere Komponenten nicht enthalten können.

Bezugszeichenliste

1	Dampfturbine
2	Gehäuse
5	Rotor
8	Rotorlaufschaufel
9	Stillstehende Leitschaufel
10	Turbinenschaufel
20	Buchsensystem
22a	Hochdruckseitiger Buchsenabschnitt
22b	Niederdruckseitiger Buchsenabschnitt
23a, 23b	Buchsengehäuse
24	Buchsendampfsammler
28, 29	Buchsendampfleitung
30	Dampfkühler
31	Strömungsrateneinstellventil
32	Abwassertrenner

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel einer Dampfturbine, wobei das Verfahren umfasst:

einen Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel durch Liefern von Erwärmungsdampf in ein Gehäuse der Dampfturbine, wenn eine Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird.

2. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel nach Anspruch 1, wobei der Erwärmungsdampf eine höhere Temperatur hat als der Dampf, welcher während des Betriebs der Dampfturbine durch die Turbinenschaufel gelangt.

3. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel aufweist: das Liefern von Buchsendampf als den Erwärmungsdampf in das Gehäuse über den Buchsendichtabschnitt der Dampfturbine.

4. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel nach Anspruch 3, wobei der Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel aufweist: ein Festlegen der Temperatur des Buchsendampfes als den Erwärmungsdampf, derart, dass sie höher ist als die des Buchsendampfes während des Betriebs der Dampfturbine.

5. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Temperatur des Buchsendampfes durch einen Temperatureinsteller angepasst wird, der in einer Buchsendampfleitung zum Liefern des Buchsendampfes zum Buchsendichtabschnitt angeordnet ist.

6. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel nach Anspruch 5, wobei der Temperatureinsteller ein Dampfkühler ist, der in der Buchsendampfleitung zwischen einem Buchsendampfsammler und dem Buchsendichtabschnitt angeordnet ist, und wobei der Dampfkühler derart eingerichtet ist, dass er einen Temperaturabnahmebetrag des Buchsendampfes einstellt.

7. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel nach Anspruch 6, wobei der Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel aufweist: das Anheben eines Temperatursatzwertes des Buchsendampfes am Dampfkühler im Vergleich zu während des Betriebes der Dampfturbine.

8. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel gemäß einem der Ansprüche 3 bis 7, außerdem umfassend: die Einführung des Buchsendampfes in das Gehäuse durch Liefern von Buchsendampf in den Buchsendichtabschnitt während des Aufrechterhaltens eines

Druckes innerhalb des Gehäuses, der niedriger ist als ein Atmosphärendruck; und
nach dem Erwärmen der Turbinenschaufel, das Anheben des Drucks innerhalb des Gehäuses auf den Atmosphärendruck oder das Stoppen der Lieferung des Buchsendampfes zum Buchsendichtabschnitt.

9. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Schritt des Erwärmens der Turbinenschaufel aufweist das Erwärmen der Turbinenschaufel auf eine Temperatur von 120°C oder höher.

10. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, außerdem umfassend: mehrfaches Wiederholen eines Vorganges des Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse.

11. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel nach Anspruch 10, außerdem umfassend: mehrfaches Wiederholen des Vorganges des Liefern von Erwärmungsdampf in das Gehäuse, wenn die Dampfturbinenanlage gestartet oder gestoppt wird, bis eine akkumulierte Ausführungsanzahl des Vorganges eine vorbestimmte Anzahl erreicht.

12. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die zu erwärmende Turbinenschaufel eine Endstufenschaufel einer Niederdruck-Dampfturbine umfasst.

13. Das Verfahren zum Durchführen einer Wasserstoffentziehung für eine Turbinenschaufel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Turbinenschaufel aus martensitischem rostfreiem Stahl hergestellt ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

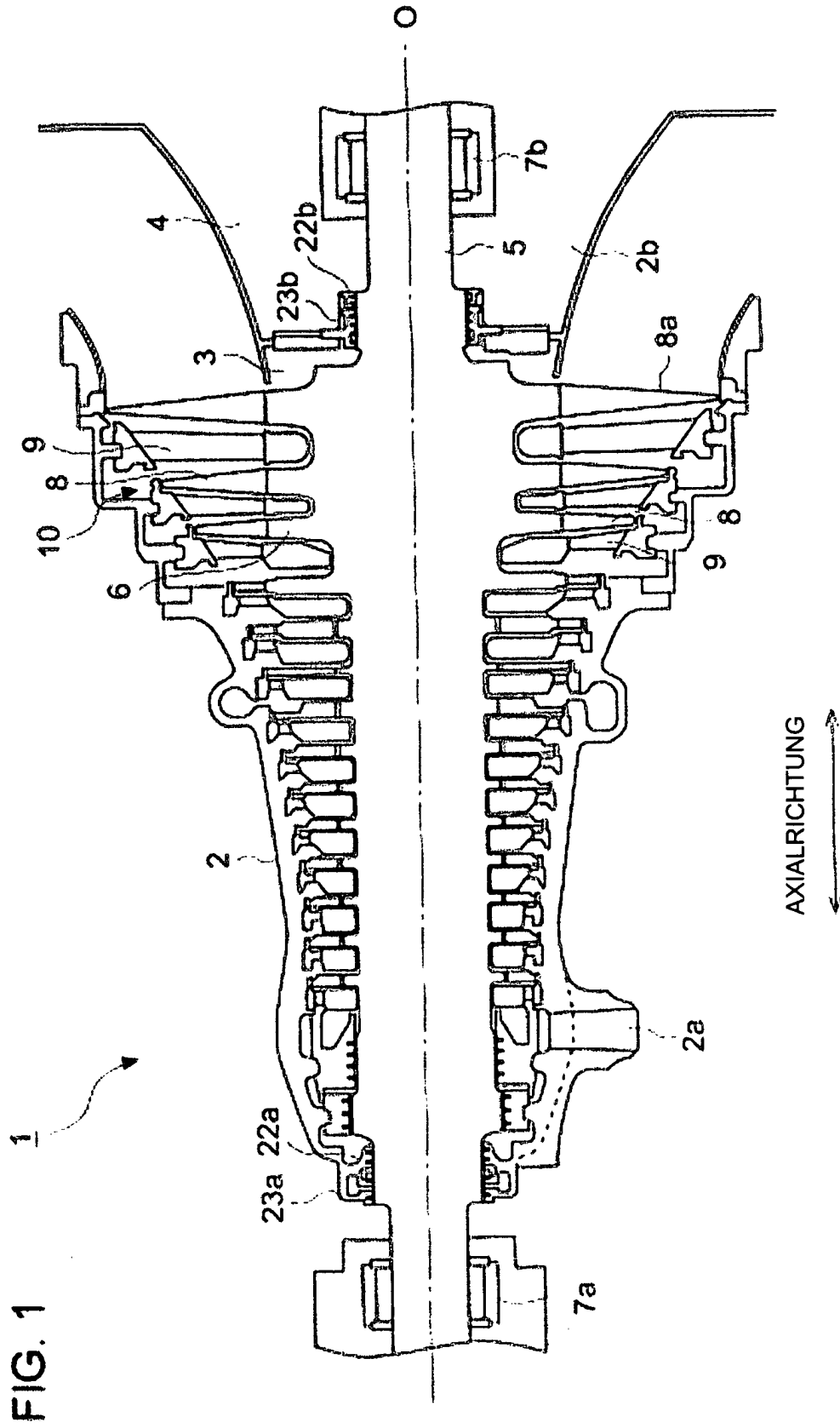


FIG. 2

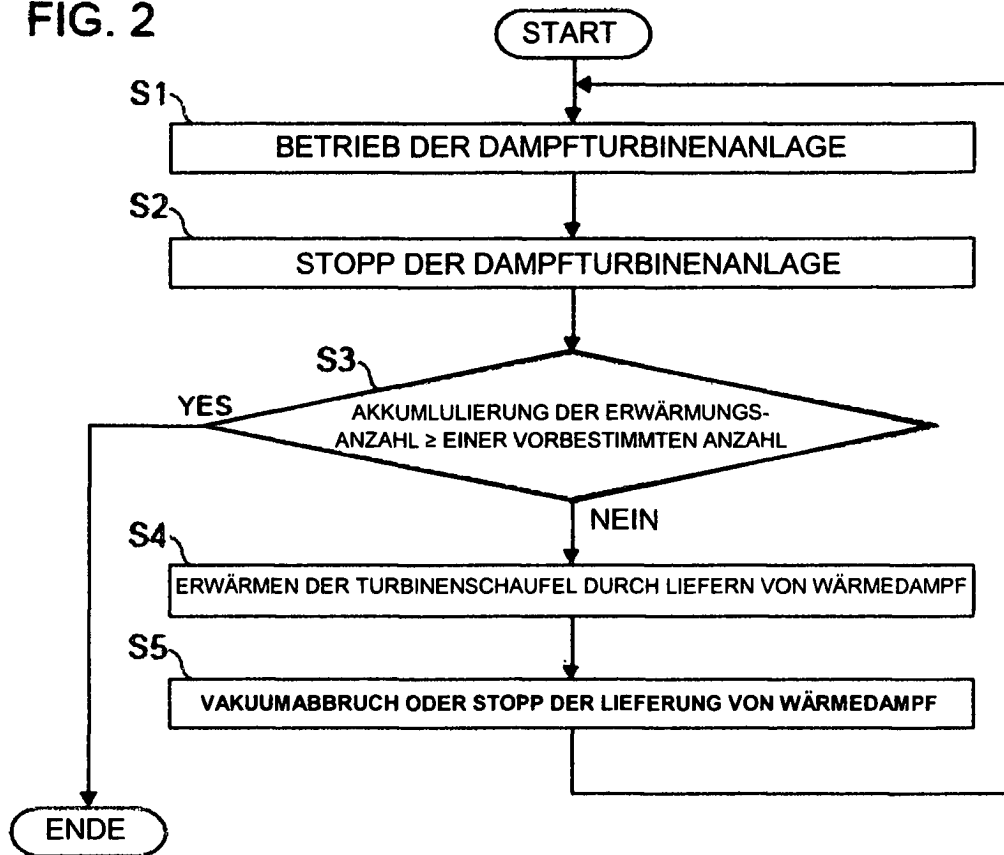


FIG. 3

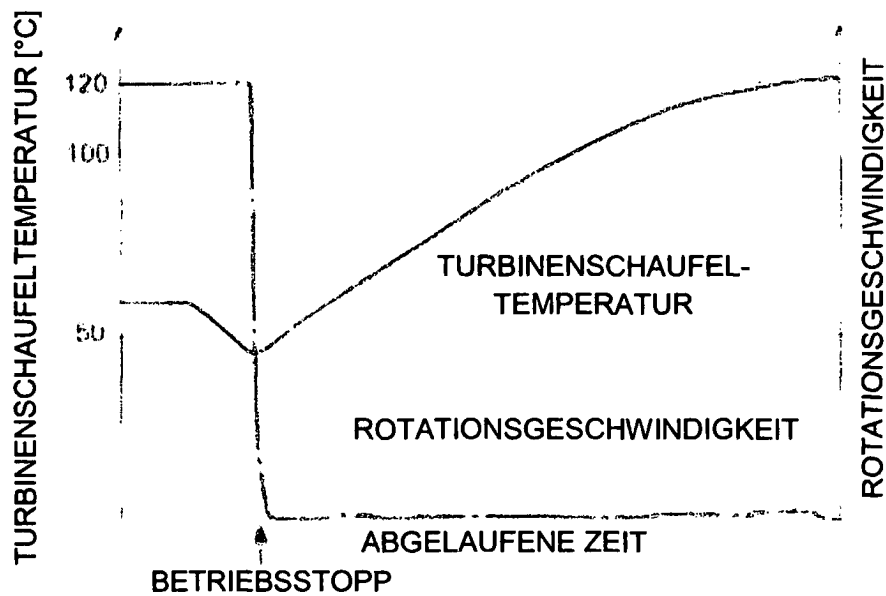


FIG. 4

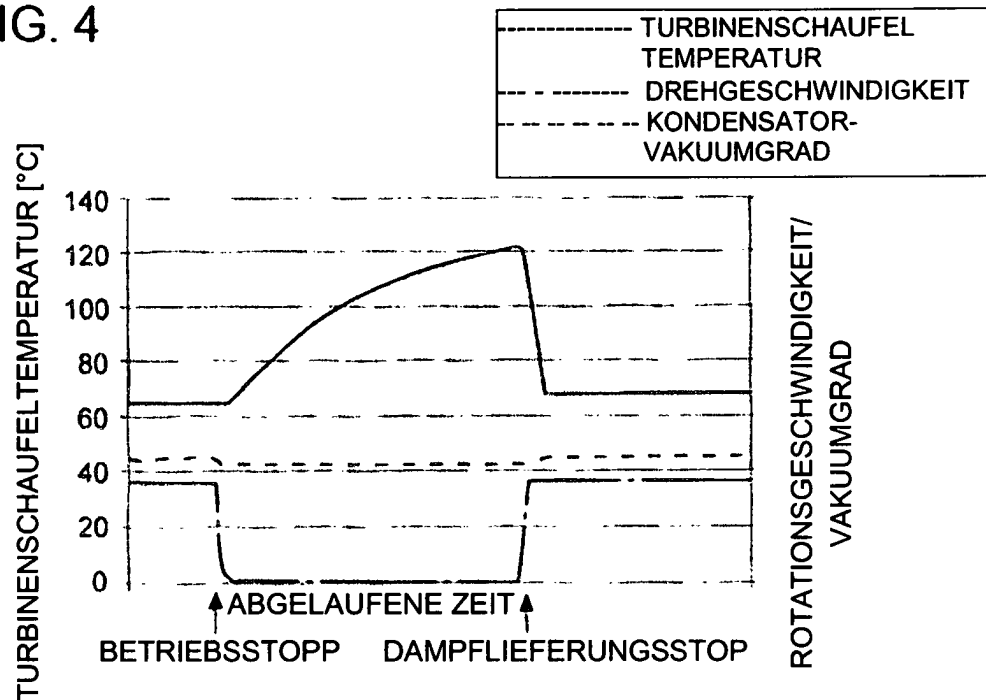


FIG. 5

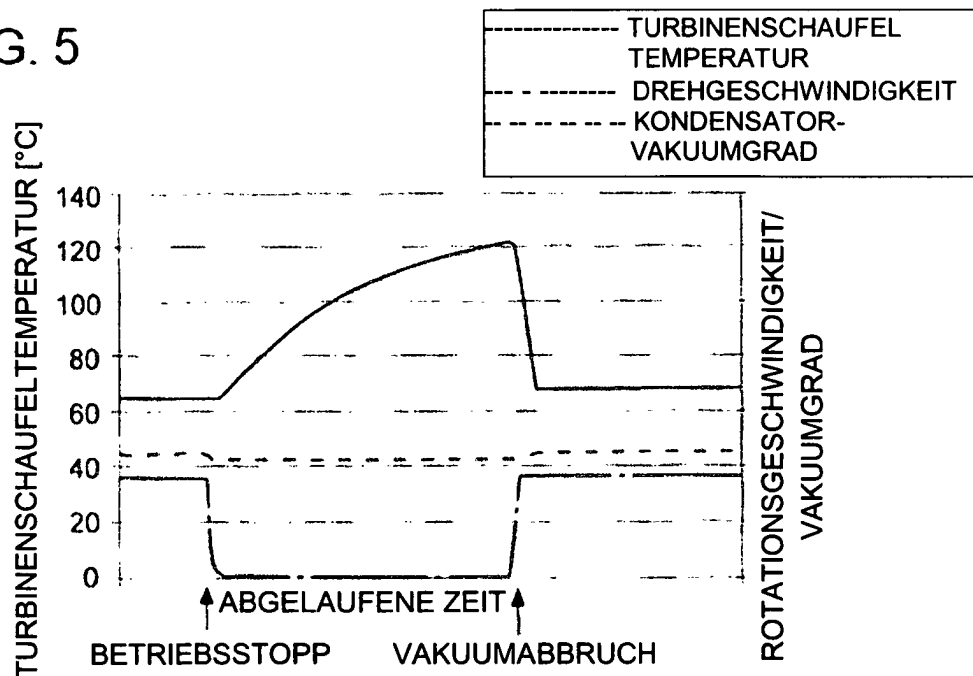


FIG. 6

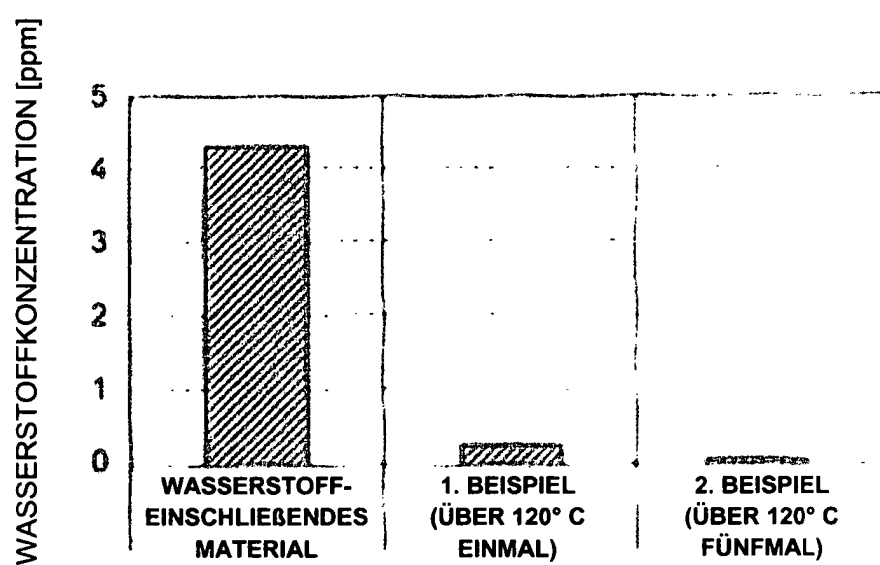


FIG. 7

