



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 061 534 B3** 2007.05.03

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 061 534.1**
(22) Anmeldetag: **22.12.2005**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.05.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01M 8/04** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

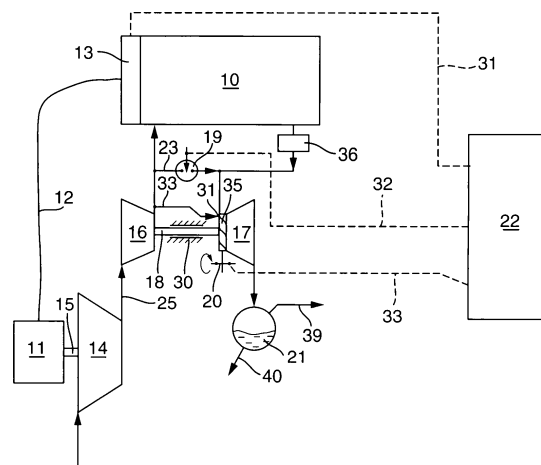
(73) Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70327 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 101 20 947 A1

(72) Erfinder:
**Löffler, Paul, Dipl.-Ing., 70199 Stuttgart, DE; Stute,
Manfred, Dipl.-Ing., 73730 Esslingen, DE; Sumser,
Siegfried, Dipl.-Ing., 70327 Stuttgart, DE**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit (10), mit wenigstens einer Turbine (17) mit um eine Achse (102) drehbar gelagerten Leitschaufeln (210) in einem Brennstoffzellenabgasstrom der Brennstoffzelleneinheit (10), wobei die Turbine (17) einen variablen Turbinenleitapparat (20) aufweist, mit dem ein Funktionsspalt (203) der Turbine (17) einstellbar ist. Erfindungsgemäß ist der Turbinenleitapparat (20) bis zu einem verschwindenden Funktionsspalt (203) regelbar oder steuerbar.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit nach dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

Stand der Technik

[0002] Aus der Offenlegungsschrift DE 101 20 947 A1 ist eine Brennstoffzellen-Luftversorgung bekannt, bei der hochtourige Strömungsmaschinen eingesetzt werden, wobei eine Expansionsturbine mit einer variablen Leitgittervorrichtung zum Einsatz kommt. Die Leitgittervorrichtung ist direkt vor dem Turbinenrad angeordnet. Ihre engsten Kanalquerschnitte werden durch rotatorische oder translatorische Bewegungen der Leitschaufeln verändert. Hierbei wird nicht nur die engste Durchströmfläche verändert, sondern auch die Zuströmrichtung zum Turbinenrad, wodurch der Wirkungsgrad der Turbine, bzw. der Energierückgewinn, und damit auch der Wirkungsgrad des Gesamtsystems beeinflusst werden kann.

Aufgabenstellung

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit zu schaffen, die Gewichts- und Volumenvorteile bei der Luftversorgung ermöglicht.

[0004] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Günstige Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen

[0005] Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit wenigstens eine Turbine mit um eine Achse drehbar gelagerten Leitschaufeln in einem Brennstoffzellenabgasstrom der Brennstoffzelleneinheit auf, wobei die Turbine einen variablen Turbinenleitapparat aufweist, mit dem ein Funktionsspalt der Turbine einstellbar ist. Der Turbinenleitapparat ist bis zu einem verschwindenden Funktionsspalt regelbar oder steuerbar. In Standard-Peripherie-Vorrichtungen der Brennstoffzellen ist üblicherweise eine der Brennstoffzelleneinheit nachgelagerte Drosselklappe eingesetzt, um den Betriebspunkt der Brennstoffzelleneinheit hinsichtlich Durchsatz von Oxidationsmittel und/oder Reduktionsmittel sowie hinsichtlich des Betriebsdrucks einzustellen. Dadurch, dass der Funktionsspalt der Turbine gezielt auf Null einstellbar ist, kann die Drosselklappe mit entsprechendem Bauraum- und Kostenvorteil entfallen. Die variable Verstelleinrichtung der Turbine kann neben der notwendigen Eintrittsdrallzeugung für das Turbinenrad zur Energierückgewinnung in der Expansionsturbine (z.B. für die Luftverdichtung) erfindungsgemäß als engster Querschnitt stromab der Brennstoffzelleneinheit eine Strömungs-

querschnittseinstellung bewirken und so den Betriebspunkt der Brennstoffzelleneinheit einstellen. Weiterhin kann die Regelung des Brennstoffzellensystems, entsprechend einer optimierten Betriebsstrategie und die Dynamik des Systems unterstützt sowie neben der Drehzahlregelung der notwendige Betriebsdruck und Massendurchsatz der Brennstoffzelleneinheit bewirkt werden. Die variable Verstelleinrichtung ist vorzugsweise möglichst nahe, besonders bevorzugt unmittelbar, strömungsmäßig vor dem Turbinenrad angeordnet.

[0006] Mit der variablen Verstelleinrichtung der Turbine mit auf Nulleinstellbarem Funktionsspalt ist man in der Lage, die notwendigen kleinen Strömungsquerschnitte bei sehr kleinen Luftmassenströmen, etwa bei Leerlauf, mit der notwendigen hohen Genauigkeit einzustellen. Weiterhin wird auch die Luftdosierung der Brennstoffzelleneinheit über den engsten Querschnitt im Luftversorgungssystem nach der Brennstoffzelleneinheit sehr stark beeinflusst. Der Turbinenleitapparat ermöglicht vorteilhafterweise die Regelung des engsten Strömungsquerschnitts bis zu den notwendigen niedrigsten Querschnitten.

[0007] Eine günstige Ausgestaltung der Turbine ist die eines Axialschiebers, der einen starren Leitring aufweist. Dabei umgreifen radial um die Drehachse der Turbine angeordnete Taschen des Axialschiebers Leitschaufeln der Turbine, wobei der Funktionsspalt zwischen den Taschen und den Leitschaufeln ausgebildet ist. Die Taschen können einen Matrizeinsatz so aufweisen, dass ein relatives Gleiten der Leitschaufeln auf dem Matrizeinsatz ermöglicht ist. Vorzugsweise weist der Matrizeinsatz eine höhere Elastizität auf als die Leitschaufeln oder umgekehrt.

[0008] Besonders bevorzugt sind der Matrizeinsatz aus Teflon und die Leitschaufeln aus Aluminiumwerkstoff gebildet.

[0009] Alternativ kann der Leitapparat einen beweglichen Ring aufweisen, der durch eine Anpresskraft auf Stirnseiten einer oder mehreren drehbaren Leitschaufeln in definierter Weise pressbar ist. Die Anpresskraft kann hydraulisch oder pneumatisch aufbringbar sein.

[0010] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung kann die Anpresskraft von einem Verdichter einer Druckluftseite der Brennstoffzelleneinheit abnehmbar sein.

[0011] Die Dichtung kann verbessert werden, wenn der Ring turbinengehäuseseitig mit wenigstens einem Kolbenring abgedichtet ist.

[0012] Vorteilhafterweise ist für diese Ausgestaltung im Brennstoffzellenabgasstrom zwischen der Brennstoffzelleneinheit und der Turbine eine Brennkam-

mer, insbesondere für Wasserstoff, angeordnet. Die Abgastemperatur beim Turbineneintritt ist dann besonders hoch.

[0013] Alternativ kann zum Aufbringen der Anpresskraft ein Federelement vorgesehen sein. Dies ist dann günstig, wenn keine Brennkammer vorgesehen ist und die Turbineneintrittstemperatur höchstens um 200°C oder darunter beträgt.

[0014] Günstigerweise kommen Turbinen mit einem variablen Leitapparat zum Einsatz, die eine zuverlässige Regelung eines minimalen Funktionsspalts ermöglichen. Eine Turbine des Typs Drehschaufler beispielsweise ermöglicht typbedingt keinen ausreichend geringen Funktionsspalt.

[0015] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit wird ein Turbinenleitapparat bis zu einem verschwindenden Funktionsspalt geregelt oder gesteuert.

[0016] Vorzugsweise wird ein Betriebspunkt der Brennstoffzelleneinheit abhängig von der Größe des Funktionsspalts eingestellt.

[0017] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand eines in der Zeichnung beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert, ohne auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt zu sein.

[0018] Dabei zeigen:

[0019] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems mit einer elektrisch antreibbaren Turbine,

[0020] [Fig. 2](#) einen Ausschnitt aus einem Schnitt durch eine bevorzugte Axialschieberturbine,

[0021] [Fig. 3a](#), b; einen Teilschnitt durch eine bevorzugte Abgasturbine (a) und ein Detail mit einem Anpressring (b), und

[0022] [Fig. 4a](#), b; einen Teilschnitt durch eine bevorzugte Abgasturbine (a) und ein Detail mit einem Federelement (b)

Ausführungsbeispiel

[0023] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine bevorzugte Vorrichtung zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit **10** mit wenigstens einer abgasseitig von der Brennstoffzelleneinheit **10** angeordneten Turbine **17**. Eingangsseitig der Brennstoffzelleneinheit **10** ist ein zweistufiger Verdichter **14**, **16** angeordnet, der durch eine auf gleicher Welle **15** mit der ersten Stufe **14** sitzenden Elektromaschine **11** antreibbar ist, die ihre elektrische Versorgung über eine Versorgungs-

leitung **12** von der Brennstoffzelleneinheit **10** bzw. einen angeschlossenen Stromspeicher **13** bezieht und der die Brennstoffzelleneinheit **10** mit Luft oder einem anderen Oxidationsmittel versorgt. Die Anordnung entspricht weitgehend derjenigen in der DE 101 20 897 A1.

[0024] Die zweite Verdichterstufe **16** sitzt auf gleicher Welle **18** wie die Turbine **17**. Die Welle **18** ist in einem Lager **30** drehbar gelagert.

[0025] Abgasseitig der Brennstoffzelleneinheit **10** ist eine Wasserstoff-Brennkammer **36** vorgesehen, deren Abgas der Turbine **17** zuführbar ist. In einer Leitung **23** zwischen der Eingangsseite und der Ausgangsseite der Brennstoffzelleneinheit **10** ist hier beispielhaft ein regelbares Ventil **19** angeordnet, das je nach Verdichterkennfeldpunkt im Bereich der Pumpgrenze eine Öffnung erfährt, damit der Massenstrom durch die Verdichter **14**, **16** größer ist als der Luftstrom in die Brennstoffzelleneinheit **10**, um ein Pumpen der Verdichter **14**, **16** auszuschließen.

[0026] Eine Betätigungsvorrichtung **20** an der Turbine **17** ermöglicht eine variable Verstellung ihres Leitapparats. Das in der Turbine **17** expandierte Abgas gelangt in einen Wasserabscheider **21**, in dem Wasser aus dem Abgas abgeschieden wird, das über einen Ausgang **40** abführbar ist und aus dem getrocknetes Abgas über einen Ausgang **39** entfernbar ist.

[0027] Eine Steuerung **22** spricht die Betätigungsvorrichtung **20** über eine Steuerleitung **33** an. Ferner ist die Steuerung **22** über eine Steuerleitung **31** mit dem Stromspeicher **13** und über eine Steuerleitung **32** mit dem Ventil **19** verbunden.

[0028] Über eine Leitung **38** und eine Turbineneintrittsöffnung **37** erfolgt eine Druckeinspeisung in die Betätigungsvorrichtung **20**, die eine variable Versteileinrichtung zum Einstellen eines Funktionsspalts der Turbine **17** darstellt. Mit **35** ist das spaltfreie Turbinenleitgitter der Turbine **17** bezeichnet. Diese Anordnung entspricht den bevorzugten Turbinen in [Fig. 3a](#), [Fig. 3b](#) und [Fig. 4a](#), [Fig. 4b](#).

[0029] In [Fig. 2](#) ist als Teilschnitt eine einfache variable Turbine **17** als Axialschieber dargestellt, die einen starren Leitgitterring **200** beinhaltet.

[0030] Die Variabilität entsteht durch einen variablen Schieber **101** (Matrize), der für die Leitschaufeln **210** des Leitgitterrings **200** angepasste Öffnungen in Form von Taschen **201** aufweist.

[0031] Der effektive Querschnitt, bzw. die Schaufelhöhe h , wird durch die Schieberposition bestimmt. Die profilierten Taschen **201** umgreifen die Schaufeln **210** mit geringst möglichen Funktionsspalten **203**.

[0032] Will man den Funktionsspalt **203** für die Bewegung der Matrize **101** zum Leitgitterring **200** sehr klein halten oder sogar bis zur Berührung der Leitschaufeln **210**, d.h. als Nullspalt, einstellen, müssen die Materialpaarungen von Matrize **101** und Leitgitterring **200** geeignet gewählt werden, um ein relatives Gleiten der Leitschaufeln **210** auf der Öffnung bzw. der Tasche **201** zu ermöglichen.

[0033] Falls keine zusätzliche Brennkammer **36** (Fig. 1) vor der Turbine **17** angeordnet ist und die Turbineneintrittstemperatur entsprechend unter 200°C gehalten werden kann, ist es günstig, die Leitschaufeln **210** aus Aluminiumwerkstoff und den Matrizeneinsatz **100**, mit nahezu Nullspalt zu den Leitschaufeln **210**, aus Teflon zu fertigen.

[0034] Generell ist eine Gleitpaarung günstig, bei der zumindest eine Seite (Leitgitterschaufel **210** oder Matrize **101** oder Matrizeneinsatz **100**) relativ große Elastizitäten für die Darstellung des Nullspalts mit einem entsprechenden Verschleißwiderstand mitbringt.

[0035] Die Fig. 3a und Fig. 3b bzw. Fig. 4a und Fig. 4b zeigen vorteilhafte spielfreie Vario-Abgasturbinen. Fig. 3b, Fig. 4b zeigen jeweils ein Detail des variablen Leitapparats der Turbine. Die Variante in Fig. 3 ist besonders für höhere Turbineneintrittstemperaturen (>200°C) geeignet, d.h. insbesondere mit einer zusätzlichen Brennkammer vor der Turbine.

[0036] Ein axial beweglicher Ring **250** ist durch eine Anpresskraft auf Stirnseiten **213** von um eine Achse **102** drehbar gelagerten Leitschaufeln **210** definiert anpressbar. Die Leitschaufeln **210** sind auf einem dem Rind **250** gegenüberliegenden nicht näher bezeichneten Leitschaufeltragering angeordnet. Der Anpressdruck ist beispielsweise pneumatisch von dem Verdichter **16** der Druckluftseite der Brennstoffzelleneinheit **10** über Leitung **38** abnehmbar (Fig. 1). Dadurch kann sich die angestrebte Spaltfreiheit für kleinste Luftmassenströme in die Brennstoffzelleneinheit **10** (Fig. 1) einstellen.

[0037] Um die Druckluftverluste so gering wie möglich zu halten, ist der Ring **250** turbinengehäuseseitig mit wenigstens einem Kolbenring **251** abgedichtet.

[0038] Für den Fall geringerer Turbineneintrittstemperaturen bis höchstens 200°C eignet sich die Ausführung in Fig. 4a, Fig. 4b, bei der der Ring **250** durch ein Federelement **103** beaufschlagbar ist, welches die notwendige Anpresskraft aufbringt.

[0039] Wird der Turbinenleitapparat **20** der Turbine **17** nach den gezeigten Ausführungsbeispielen bis zu einem verschwindenden Funktionsspalt **203** geregelt, kann darüber ein Betriebspunkt der Brennstoffzelleneinheit **10** abhängig von der Größe des Funkti-

onsspalts **203** eingestellt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit (**10**), mit wenigstens einer Turbine (**17**) mit um eine Achse (**102**) drehbar gelagerten Leitschaufeln (**210**) in einem Brennstoffzellenabgasstrom der Brennstoffzelleneinheit (**10**), wobei die Turbine (**17**) einen variablen Turbinenleitapparat (**20**) aufweist, mit dem ein Funktionsspalt (**203**) der Turbine (**17**) einstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Turbinenleitapparat (**20**) bis zu einem verschwindenden, gezielt auf Null einstellbaren Funktionsspalt (**203**) regelbar oder steuerbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Turbine (**17**) als Axialschieber (**101**) ausgebildet ist und einen starren Leitring (**200**) aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass Taschen (**201**) des Axialschiebers (**101**) Leitschaufeln (**210**) der Turbine (**17**) umgreifen, wobei der Funktionsspalt (**203**) zwischen den Taschen (**201**) und den Leitschaufeln (**210**) ausgebildet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Taschen (**201**) einen Matrizeneinsatz (**100**) so aufweisen, dass ein relatives Gleiten der Leitschaufeln (**210**) auf dem Matrizeneinsatz (**100**) ermöglicht ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Matrizeneinsatz (**100**) eine höhere Elastizität aufweist als die Leitschaufeln (**210**) oder umgekehrt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Matrizeneinsatz (**100**) aus Teflon und die Leitschaufeln (**210**) aus Aluminiumwerkstoff gebildet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leitapparat (**20**) einen beweglichen Ring (**250**) aufweist, der durch eine Anpresskraft auf Stirnseiten (**213**) einer oder mehreren drehbaren Leitschaufel(n) (**210**) pressbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpresskraft hydraulisch oder pneumatisch aufbringbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpresskraft von einem Verdichter (**16**) einer Druckluftseite der Brennstoffzelleneinheit (**10**) abnehmbar ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis

9, dadurch gekennzeichnet, dass der Ring (**250**) turbinengehäuseseitig mit wenigstens einem Kolbenring (**251**) abgedichtet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Brennstoffzellenabgasstrom zwischen der Brennstoffzelleneinheit (**10**) und der Turbine (**17**) eine Brennkammer (**36**) angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zum Aufbringen der Anpresskraft ein Federelement (**103**) vorgesehen ist.

13. Verfahren zur Luftversorgung einer Brennstoffzelleneinheit (**10**) mit wenigstens einer Turbine (**17**) in einem Brennstoffzellenabgasstrom der Brennstoffzelleneinheit (**10**), wobei die Turbine (**17**) mit einem variablen Turbinenleitapparat (**20**) einen Funktionsspalt (**203**) der Turbine (**17**) einstellt, dadurch gekennzeichnet, dass der Turbinenleitapparat (**20**) bis zu einem verschwindenden Funktionsspalt (**203**) geregelt oder gesteuert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Betriebspunkt der Brennstoffzelleneinheit (**10**) abhängig von der Größe des Funktionsspalts (**203**) eingestellt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

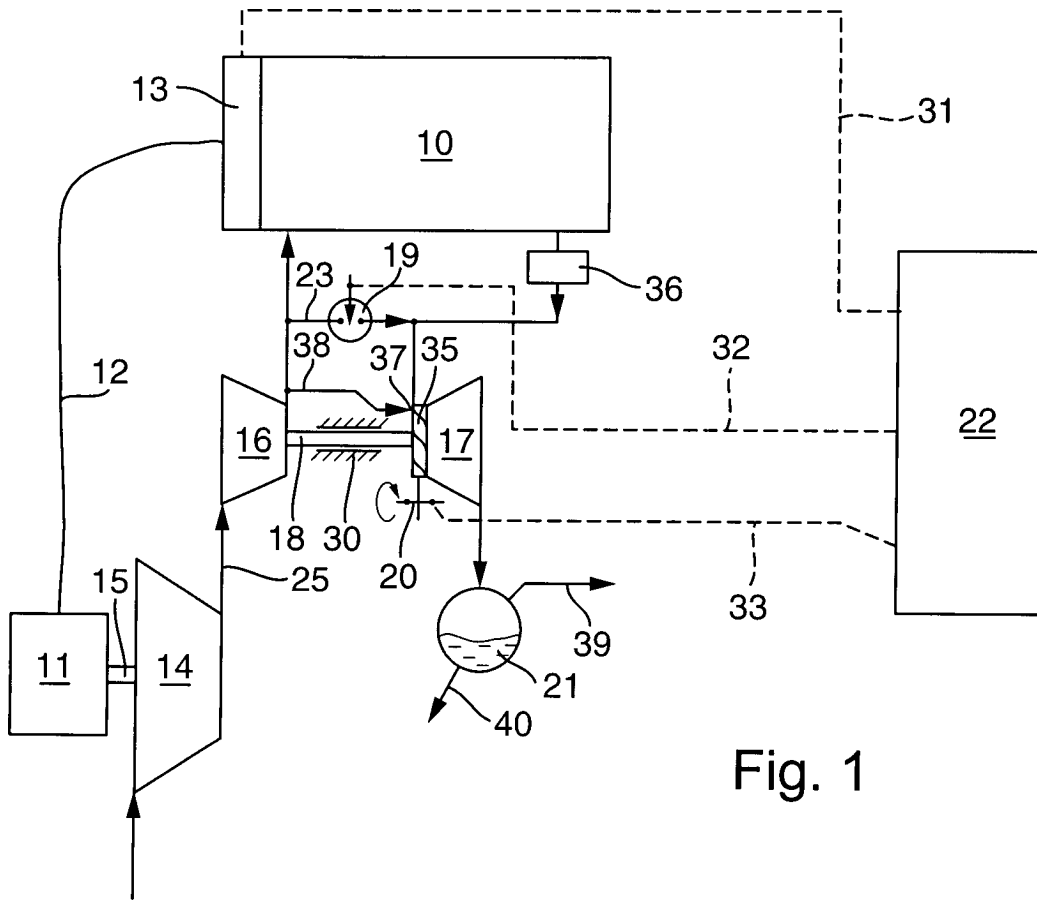


Fig. 1

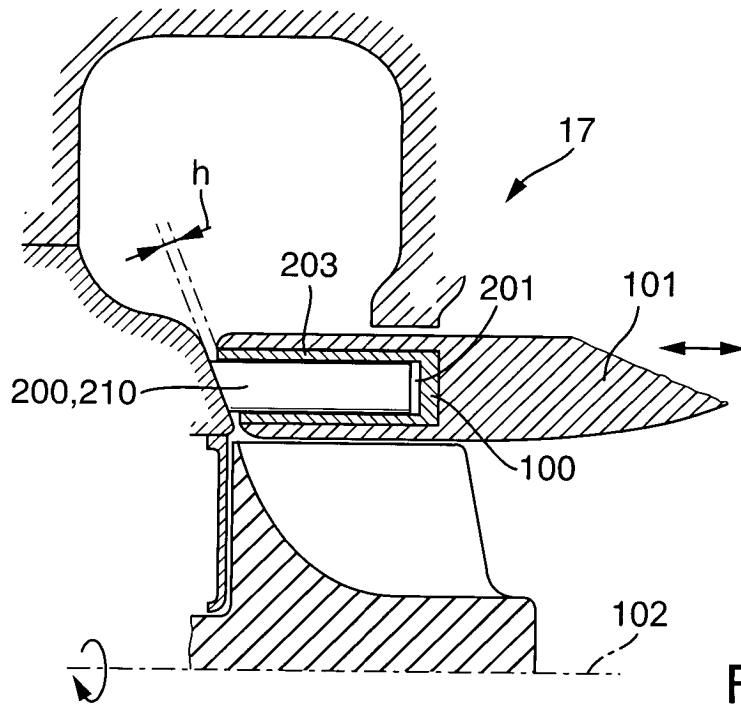


Fig. 2

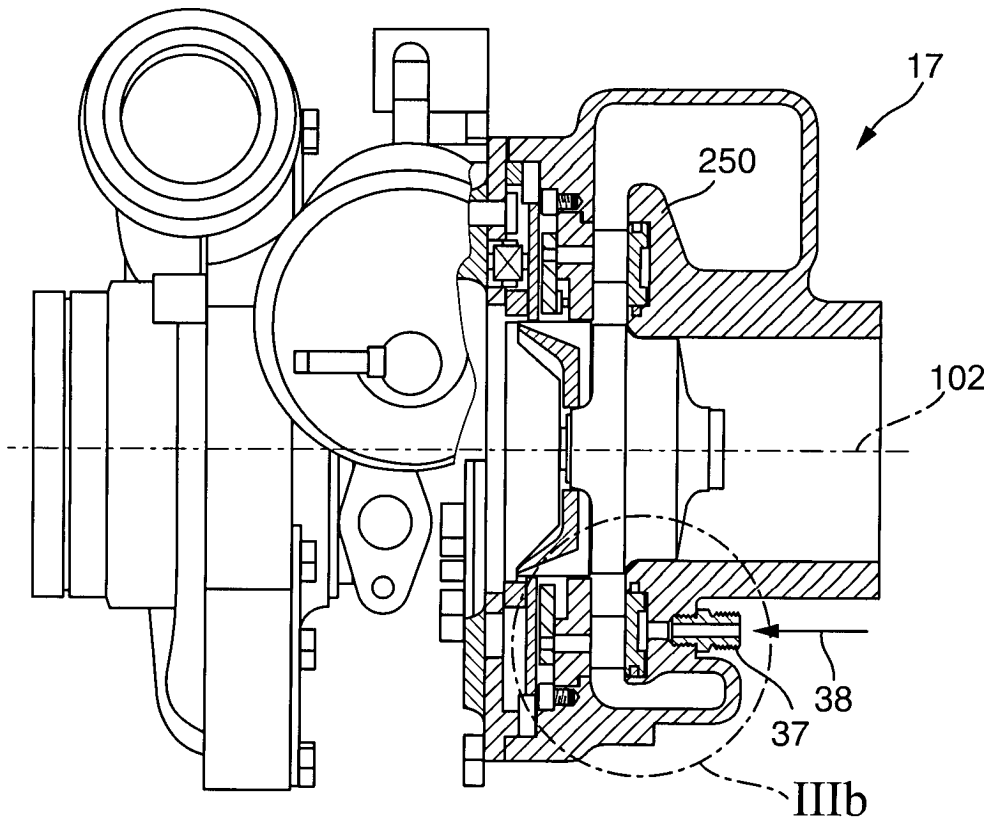


Fig. 3a

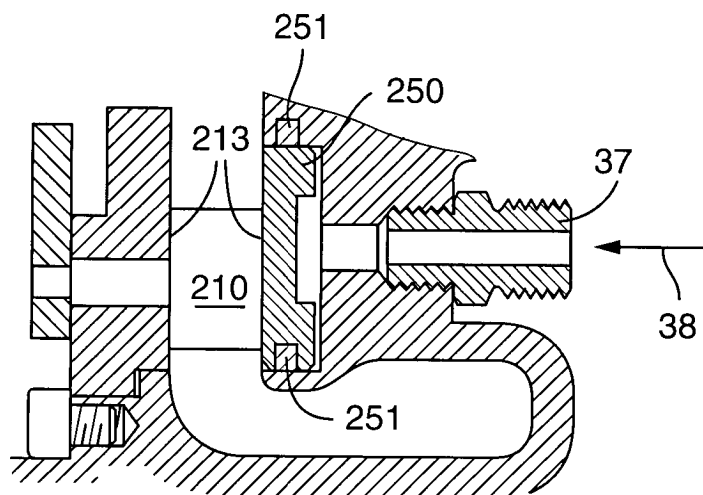


Fig. 3b

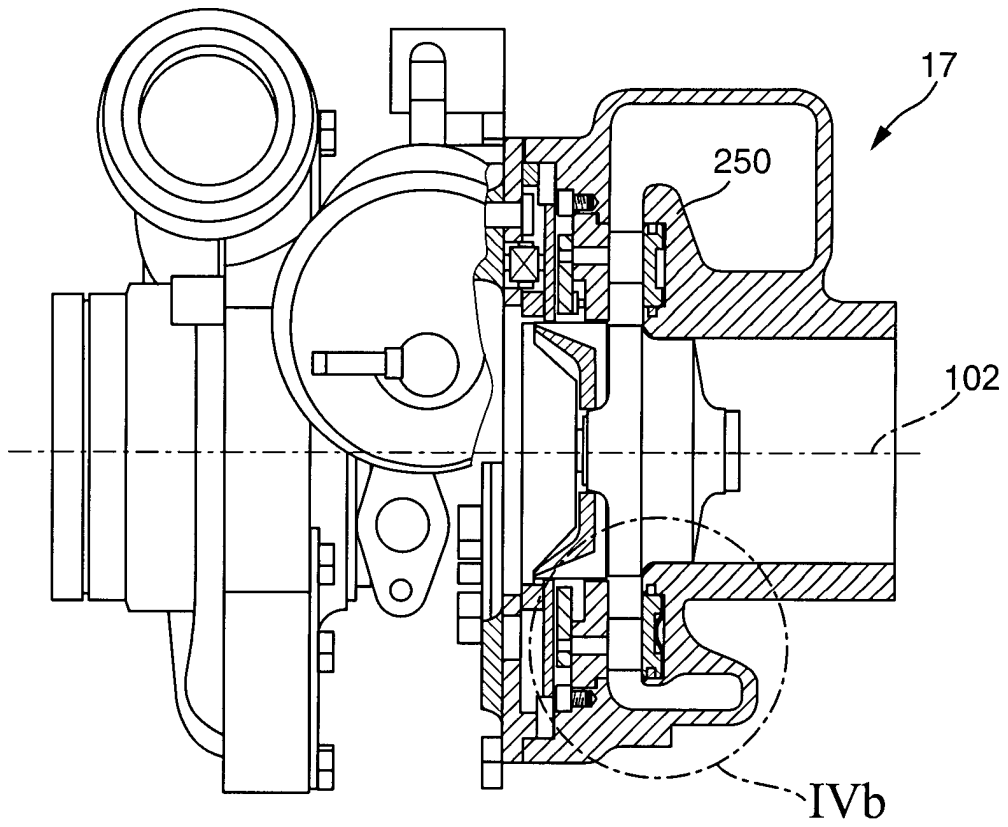


Fig. 4a

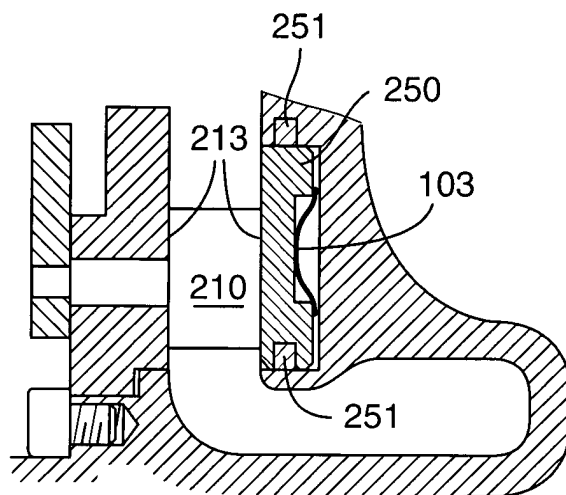


Fig. 4b