

(19)



(11)

EP 2 253 744 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.11.2010 Patentblatt 2010/47

(51) Int Cl.:
C25F 3/02 (2006.01) F01D 5/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10159964.5**

(22) Anmeldetag: **15.04.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA ME RS

(30) Priorität: **15.05.2009 DE 102009021561**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)**

(72) Erfinder:
• **Secherling, Arno
61440 Oberursel (DE)**
• **Oparaugo, Morgan
63179 Obertshausen (DE)**
• **König, Reinhard
61239 Ober Mörlen (DE)**

(74) Vertreter: **Wablat Lange Karthaus
Anwaltssozietät
Potsdamer Chaussee 48
14129 Berlin (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Oberflächenätzen von integral beschauften Rotoren**

(57) Beim elektrolytischen Oberflächenätzen von integral beschauften, auf Nickelbasis ausgeführten Rotoren (6) (Blisks) für Fluggasturbinen sind zusätzlich zu den im Elektrolyten (1) angeordneten Hauptkathoden (3) im Bereich der von den elektrischen Kontaktstellen an der Rotorscheibe (7) entfernten Schaufeln (9) Hilfskathoden (10) in an die Schaufel- und Scheibengeometrie an-

passbarer Form, Anordnung und Größe angeordnet, so dass von allen Teilen des als Anode geschalteten Rotors ein gleichmäßiger Stromfluss über den Elektrolyten zu den Haupt- und Hilfskathoden erzeugt und eine intensive und gleichmäßige Ätzwirkung erzielt wird. Dadurch ist in allen Rotorbereichen und insbesondere auch im Bereich der integralen Beschauflung eine zuverlässige Gefügebeurteilung gewährleistet.

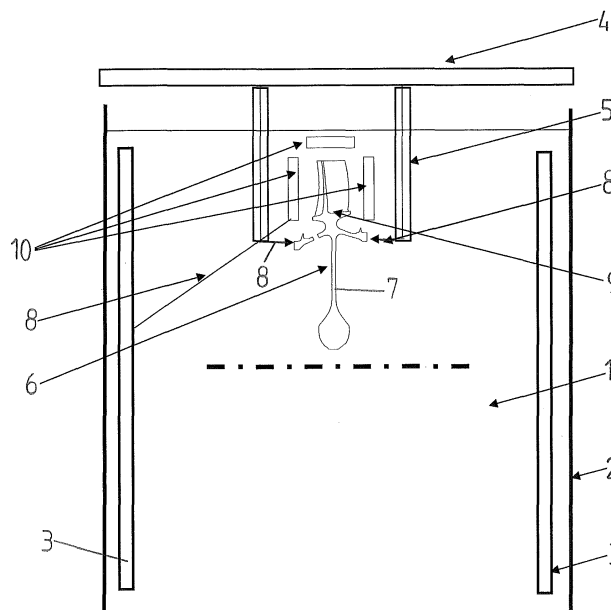


FIG. 1

EP 2 253 744 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Oberflächenätzen von integral beschauelten Rotoren (Blisks) von Fluggasturbinen.

[0002] Die Oberflächen der Rotoren von Turbinen oder Kompressoren von Fluggasturbinen werden nach der Fertigbearbeitung durch mechanische und chemische Abtragsverfahren bekanntermaßen einem Ätzprozess unterworfen, um anschließend eine Gefügebeurteilung vornehmen zu können und gegebenenfalls vorhandene Gefügefehler besser darstellen und erkennen zu können und letztlich die Sicherheit gegen das Versagen von als kritisch eingestuft rotierenden Bauteilen im Betrieb zu erhöhen. Das Oberflächenätzen von Rotoren auf Nickelbasis kann zum einen durch Eintauchen in ein Ätzmedium erfolgen. Die Ätzwirkung ist in diesem Fall jedoch nicht ausreichend intensiv, um eine zufriedenstellende Gefügebeurteilung vornehmen zu können und tatsächlich alle Gefügefehler mit Sicherheit feststellen zu können. Es wurde auch schon vorgeschlagen, die Oberfläche von unbeschauelten Rotorscheiben auf Nickelbasis elektrolytisch zu ätzen. Die elektrochemische Abtragung der Oberfläche beruht in diesem Fall auf dem elektrischen Ladungsaustausch zwischen dem metallischen Werkstoff des Werkstücks und einem flüssigen Elektrolyten. Die Rotorscheibe wird dabei in den Elektrolyten getaucht und als Anode geschaltet (Pluspol einer Gleichstromquelle). Der über den Elektrolyten und eine Kathode abfließende Strom führt in Verbindung mit dem Elektrolyten zu einem Abtrag der Metalloberfläche durch in Lösung gehen von Metallionen. Die zur Durchführung des Ätzverfahrens vorgesehene Vorrichtung umfasst einen mit dem Elektrolyten gefüllten Behälter mit an den Seitenwänden angeordneten Kathoden sowie eine an einer oberhalb des Behälters vorgesehenen, den Pluspol bildenden Kontaktschiene aufgehängte Haltevorrichtung für die - somit als Anode fungierende - Rotorscheibe. Bei unbeschauelten Scheiben wird mit dieser Vorrichtung durch elektrolytisches Ätzen eine gegenüber dem reinen Tauchätzen intensivierte Ätzwirkung und damit eine verbesserte Gefügebeurteilung erreicht. Für die Gefügebeurteilung bzw. das sichere Erkennen von Gefügefehlern von beschauelten Rotoren (Blisks) auf Nickelbasis ist das elektrolytische Ätzen unter Verwendung der bekannten Vorrichtung nur bedingt geeignet, da die Ätzwirkung im Schaufelbereich aufgrund der komplizierten Schaufelgeometrie und der auf dem Weg von den Kontakten an der Rotorscheibe bis zu den Schaufelspitzen auftretenden Stromverluste ungleichmäßig und zudem gegenüber der Scheibenoberfläche geringer ist. Das Abtragen der Oberfläche von Blisks zum Zwecke der anschließenden Gefügebeurteilung erfolgt daher mit dem zwar gleichmäßigeren, aber weniger intensiven Tauchätzen, mit dem eine zuverlässige Gefügebeurteilung nicht gewährleistet ist..

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Oberflächenätzen

von integral beschauelten Rotoren (Rotorscheiben) auf Nickelbasis so auszubilden, dass in allen Oberflächenbereichen ein zuverlässiges Erkennen von Gefügefehlern gewährleistet ist.

[0004] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und einer Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 2 gelöst.

[0005] Der Kern der Erfindung besteht darin, dass auf Nickelbasis ausgeführte, integral beschauelte Rotoren für Fluggasturbinen zur Gefügebeurteilung elektrolytisch geätzt werden, indem durch neben den Hauptkathoden angeordnete zusätzliche Hilfskathoden in den von den elektrischen Kontaktstellen an der Rotorscheibe entfernten Schaufelbereichen von allen Teilen des als Anode geschalteten Rotors ein gleichmäßiger Stromfluss über den Elektrolyten zu den Haupt- und Hilfskathoden erzeugt und somit bei auf Nickelbasis gefertigten Blisks eine ausreichend hohe und gleichmäßige Ätzwirkung erzielt wird und auch im Schaufelbereich eine zuverlässige Gefügebeurteilung gewährleistet ist.

[0006] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzielung des gleichmäßigen Stromflusses von der gesamten Oberfläche des als Anode geschalteten Rotors über den Elektrolyten umfasst einen mit dem Elektrolyten gefüllten Behälter mit in diesem angeordneten Hauptkathoden und eine an einer Kontaktschiene angehängte Haltevorrichtung mit Kontakt- und Haltestiften zur Halterung und elektrischen Kontaktierung des Rotors an der Rotorscheibe. Im Bereich der integral an die Rotorscheibe angeformten Schaufeln sind in Form, Größe und Anordnung an die Schaufelgeometrie und den zur Regelung der Ätzwirkung im Schaufelbereich über den Elektrolyten zu erzielenden Stromfluss anpassbare Hilfskathoden angeordnet. Die den Schaufeln zugeordneten Hilfskathoden sorgen neben einem gleichmäßigen Ätzangriff auch für den Schutz der Schaufelspitzen vor Verbrennung.

[0007] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die Hilfskathoden zur Beeinflussung des Stromflusses und der Ätzwirkung in einem den jeweiligen Bedingungen entsprechenden Abstand an einer oder beiden Schaufelkanten und/oder an den Schaufelspitzen und/oder jeweils zwischen den Schaufeln angeordnet.

[0008] In weiterer Ausbildung der Erfindung sind die Hilfskathoden als im Abstand von den Schaufelseitenkanten verlaufende Ringscheibe oder von den Schaufelspitzen beabstandeter Rohrabchnitt oder als Ring mit bestimmter, beispielsweise kreisförmiger Querschnittsform ausgebildet. Die Hilfskathoden können auch eine Vielzahl einzelner - neben, über, unter oder zwischen den Schaufeln angeordneter - Kathodenabschnitte umfassen.

[0009] In weiterer Ausbildung der Erfindung weist die Haltevorrichtung einen Haltebügel mit an dessen unterem Ende vorgesehenen ersten und zweiten Befestigungsarmen auf. An den zueinander weisenden freien Enden der Befestigungsarme sind die beidseitig an dem verdickten inneren Bereich der Rotorscheibe angreifen-

den, mit dem Pluspol einer Gleichstromquelle verbundenen Kontakt- und Haltestifte angeordnet. Die Benetzung des Rotors ist somit nur an den Berührungspunkten der Kontakt- und Haltestifte mit der Rotorscheibe unterbrochen.

[0010] In Ausgestaltung der Erfindung sind die Hilfskathoden elektrisch isoliert am Haltebügel angebracht und an einen am Haltebügel isoliert geführten, mit dem Minuspol einer Gleichstromquelle verbundenen elektrischen Leiter angeschlossen.

[0011] Die ersten Befestigungsarme sind unmittelbar am Haltebügel angebracht und die zweiten Befestigungsarme sind zum Einspannen der Rotorscheibe zwischen den Kontakt- und Haltestiften über eine Gewindeverbindung mit dem Haltebügel verschraubbar.

[0012] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum elektrolytischen Ätzen einer Blisk;

Fig. 2 eine Teilschnittansicht einer Blisk mit im Schaufelbereich unterschiedlich angeordneten und ausgebildeten Hilfskathoden in schematischer Darstellung; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer als Anode geschalteten Haltevorrichtung für eine Blisk mit an dieser isoliert angebrachten, dem Schaufelbereich der Blisk zugeordneten Hilfskathoden.

[0013] Die in Fig. 1 wiedergegebene Ätzvorrichtung umfasst einen mit einem Elektrolyten 1 gefüllten Behälter 2 sowie in dem Behälter 2 angeordnete, an den Minuspol einer Gleichstromquelle angeschlossene Hauptkathoden 3. An einer oberhalb des Behälters 2 angebrachten, mit dem Pluspol der Gleichstromquelle verbundenen Kontaktschiene 4 ist eine Haltevorrichtung 5 angehängt. Am unteren Ende der in den - im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus Schwefelsäure bestehenden - Elektrolyten 1 eintauchenden Haltevorrichtung 5 ist ein mit dieser leitend verbundener und somit als Anode fungierender Rotor 6 befestigt, dessen Oberfläche geätzt werden soll. Die Befestigung und leitende Verbindung zwischen der Haltevorrichtung 5 und der Rotorscheibe 7 des als Blisk ausgebildeten Rotors 6 ist mit dem Pfeil 8 angedeutet. Im Bereich der integral an die Rotorscheibe 7 angeformten Schaufeln 9 sind mit dem Minuspol der Gleichstromquelle verbundene Hilfskathoden 10 angeordnet. Die Hilfskathoden 10 sind in Fig. 2 als im Abstand seitlich der Schaufeln 9 angeordnete Ringscheiben 10a oder als im Abstand von den Schaufelspitzen umlaufender Rohrabchnitt 10b ausgebildet. Wie Fig. 2 zeigt, können die Hilfskathoden 10 auch als Ringe 10c mit kreisförmigem oder einem anderen Querschnitt ausgeführt sein oder aus zwischen benachbarten Schaufeln 9 angeordneten, in den Zwischenraum zwischen den Schaufeln ragenden Kathodenabschnitten 10d, die zudem eine

an die Schaufelkrümmung angepasste Form aufweisen, bestehen. Neben der Form kann auch die Anzahl, der Ort der Anordnung und der Abstand der Hilfskathoden 10 zum Schaufelbereich variieren. Wie Fig. 3 zeigt, kann dem Schaufelbereich bei ein und demselben Rotor (Blisk) 6 eine als Ringscheibe 10a ausgebildete Hilfskathode 10 und eine als Ring 10c mit kreisförmigem Querschnitt ausgebildete Hilfskathode 10 zugeordnet sein.

[0014] Die in Fig. 3 beispielhaft dargestellte Haltevorrichtung 5 umfasst einen an der Kontaktschiene 4 aufgehängten Haltebügel 11 mit ersten - einstückig angebrachten - Befestigungsarmen 12 und zweiten - mit dem Haltebügel 11 über eine Gewindeverbindung 13 verschraubbaren Befestigungsarmen 14. Die Rotorscheibe 7 ist zwischen an den Enden der Befestigungsarme 12, 14 ausgebildeten Kontaktstiften 15 gehalten und somit leitend an den mit der Kontaktschiene 4 verbundenen Haltebügel 11 angeschlossen. Außerdem ist die Rotorscheibe 7 über einen aus Isoliermaterial bestehenden Abstandhalter 16 am Haltebügel 11 abgestützt. Ein in Isolierblöcken 17 an dem Haltebügel 11 geführter elektrischer Leiter 18 ist einerseits mit dem Minuspol der Gleichstromquelle und andererseits mit einer an einer Seitenkante der Schaufeln 9 umlaufenden, als Ringscheibe 10a ausgebildeten Hilfskathode 10 sowie einer unterhalb der Schaufelplattformen 19 der Schaufeln 9 angeordneten, als Ring 10c ausgebildeten weiteren Hilfskathode 10 verbunden.

[0015] Der zu ätzende Rotor 6 (Blisk) wird zunächst gereinigt und nach dem Befestigen an der Haltevorrichtung und dem Einbringen in den durch ein Rührwerk (nicht dargestellt) in Bewegung gehaltenen Elektrolyten 1 sowie dem Anlegen einer bestimmten Spannung geätzt. Die Stromableitung von dem als Anode fungierenden Werkstück über den Elektrolyten zur Kathode erfolgt im Schaufelbereich nicht über die weiter entfernt angeordneten Hauptkathoden 3, sondern direkt über die den Schaufeln 9 bzw. dem Schaufelbereich unmittelbar und in bestimmtem Abstand zugeordneten und entsprechend der Schaufelgeometrie gestalteten Hilfskathoden 10, so dass über die Hilfskathodenparameter (Form, Größe, Abstand, Anordnung) in allen Schaufelteilen ein gleichmäßiger und für die Gefügebeurteilung erforderlicher Materialabtrag gezielt eingestellt werden kann. Die derart geätzten Rotoren 6 (Blisks) werden nach der Entnahme aus dem Elektrolyten 1 und der Haltevorrichtung 5 mehrfach gespült/gereinigt und anschließend getrocknet und können dann in allen Bereichen der Rotorscheibe 7 und der Schaufeln 9 einer zuverlässigen Gefügeuntersuchung unterzogen werden.

Bezugszeichenliste

[0016]

- | | |
|---|---------------|
| 1 | Elektrolyt |
| 2 | Behälter |
| 3 | Hauptkathoden |

- 4 Kontaktschiene
- 5 Haltevorrichtung
- 6 integral beschauelter Rotor (Blisk)
- 7 Rotorscheibe
- 8 Pfeil - leitende Verbindung
- 9 Schaufel
- 10 Hilfskathode
- 10a Ringscheibe
- 10b Rohrabschnitt
- 10c Ring mit Kreisquerschnitt
- 10d Kathodenabschnitte
- 11 Haltebügel
- 12 erster Befestigungsarm
- 13 Gewindeverbindung
- 14 zweiter Befestigungsarm
- 15 Kontakt- und Haltestifte
- 16 Abstandhalter
- 17 Isolierblöcke
- 18 elektr. Leiter
- 19 Schaufelplattform

gegebenen Abstand an einer oder beiden Schaufelkanten und/oder an den Schaufelspitzen und/oder jeweils zwischen den Schaufeln (9) angeordnet sind.

- 5 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hilfskathoden (10) als im Abstand von den Schaufelseitenkanten verlaufende Ringscheibe (10a) oder von den Schaufelspitzen verlaufender Rohrabschnitt (10b) oder als Ring (10c) mit bestimmter Querschnittsform ausgebildet sind oder eine Vielzahl einzelner - neben, über, unter oder zwischen den Schaufeln (9) angeordneter - Kathodenabschnitte (10d) umfassen.

- 15 5. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haltevorrichtung (5) einen Haltebügel (11) mit an dessen unterem Ende vorgesehenen ersten und zweiten Befestigungsarmen (12, 14) aufweist, an deren zueinander weisenden freien Enden die beidseitig an einem verdickten inneren Bereich der Rotorscheibe (7) angreifenden Kontakt- und Haltestifte (15) angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Oberflächenätzen von integral beschauelten, auf Nickelbasis ausgeführten Rotoren für Fluggasturbinen, **gekennzeichnet durch** ein elektrolytisches Ätzen mit in einem Elektrolyten angeordneten Hauptkathoden und einem als Anode geschalteten Rotor, bei dem **durch** Anordnung zusätzlicher, an die jeweilige Rotorgeometrie anpassbarer Hilfskathoden unmittelbar in den von den elektrischen Kontaktstellen an der Rotorscheibe entfernten Schaufelbereichen von allen Teilen des Rotors ein gleichmäßiger Stromfluss über den Elektrolyten zu den Haupt- und Hilfskathoden erzeugt und eine intensive und gleichmäßige Ätzwirkung erzielt wird.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, die einen mit einem Elektrolyten (1) gefüllten Behälter (2) mit in diesem angeordneten Hauptkathoden (3) und einer an einer Kontaktschiene (4) angehängten Haltevorrichtung (5) für einen einer Oberflächenätzung zu unterziehenden, integral beschauelten Rotor (6), der über die Rotorscheibe (7) kontaktierende Kontakt- und Haltestifte (15) als Anode geschaltet ist, umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der integral an die Rotorscheibe (7) angeformten Schaufeln (9) in Form, Größe und Anordnung an die Schaufelgeometrie und den zur Steuerung der Ätzwirkung im Schaufelbereich über den Elektrolyten zu erzielenden Stromfluss angepasste Hilfskathoden (10) angeordnet sind.

- 25 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hilfskathoden (10) elektrisch isoliert am Haltebügel (11) angebracht sind und an einen am Haltebügel (11) isoliert geführten elektrischen Leiter (18) angeschlossen sind.

- 30 7. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Befestigungsarme (12) unmittelbar am Haltebügel (11) angebracht sind und die zweiten Befestigungsarme (14) zum Einspannen der Rotorscheibe (7) zwischen den Kontakt- und Haltestiften (15) über eine Gewindeverbindung (13) mit dem Haltebügel (11) verbunden sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hilfskathoden (10) in einem vor-

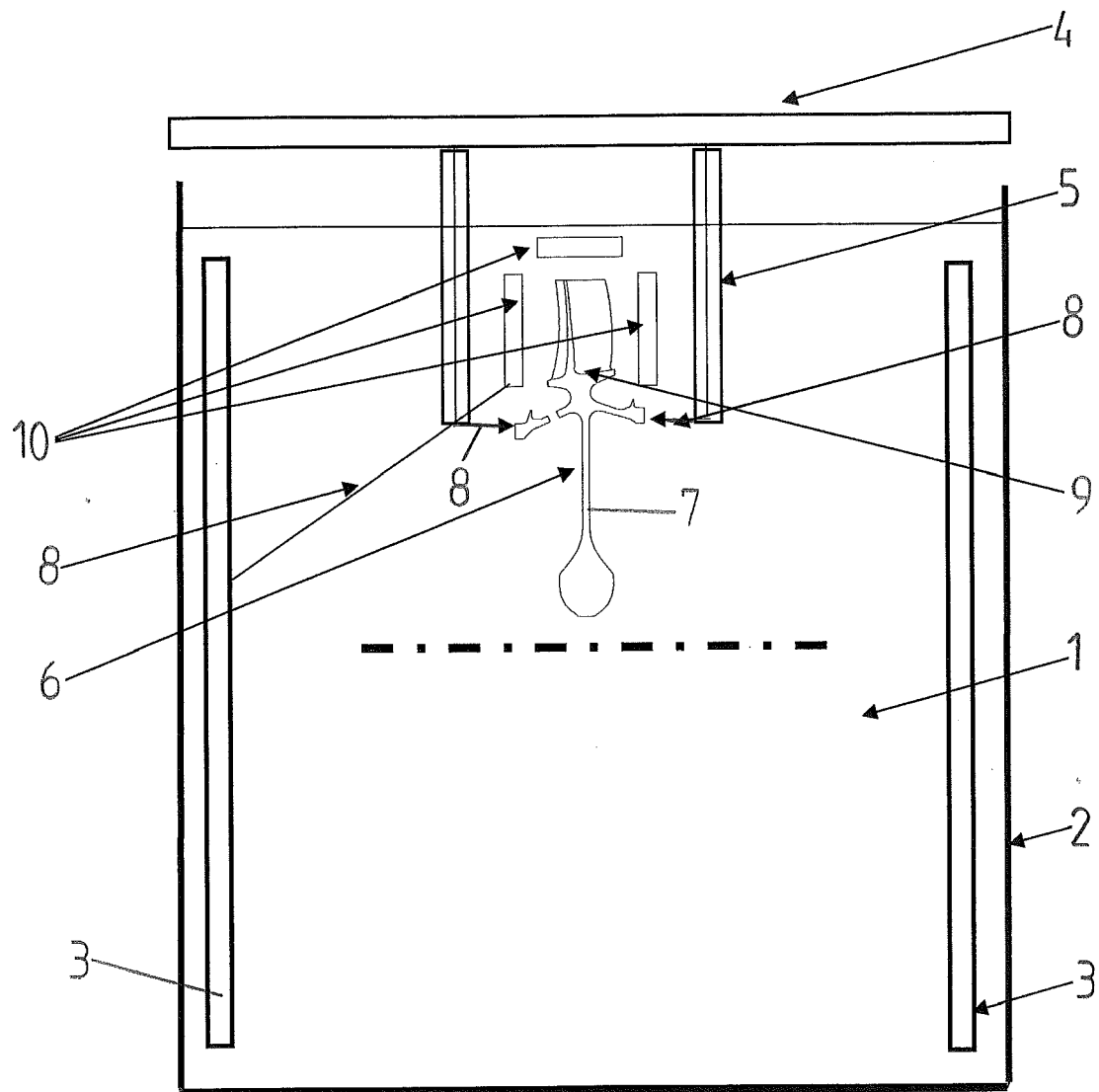


FIG. 1

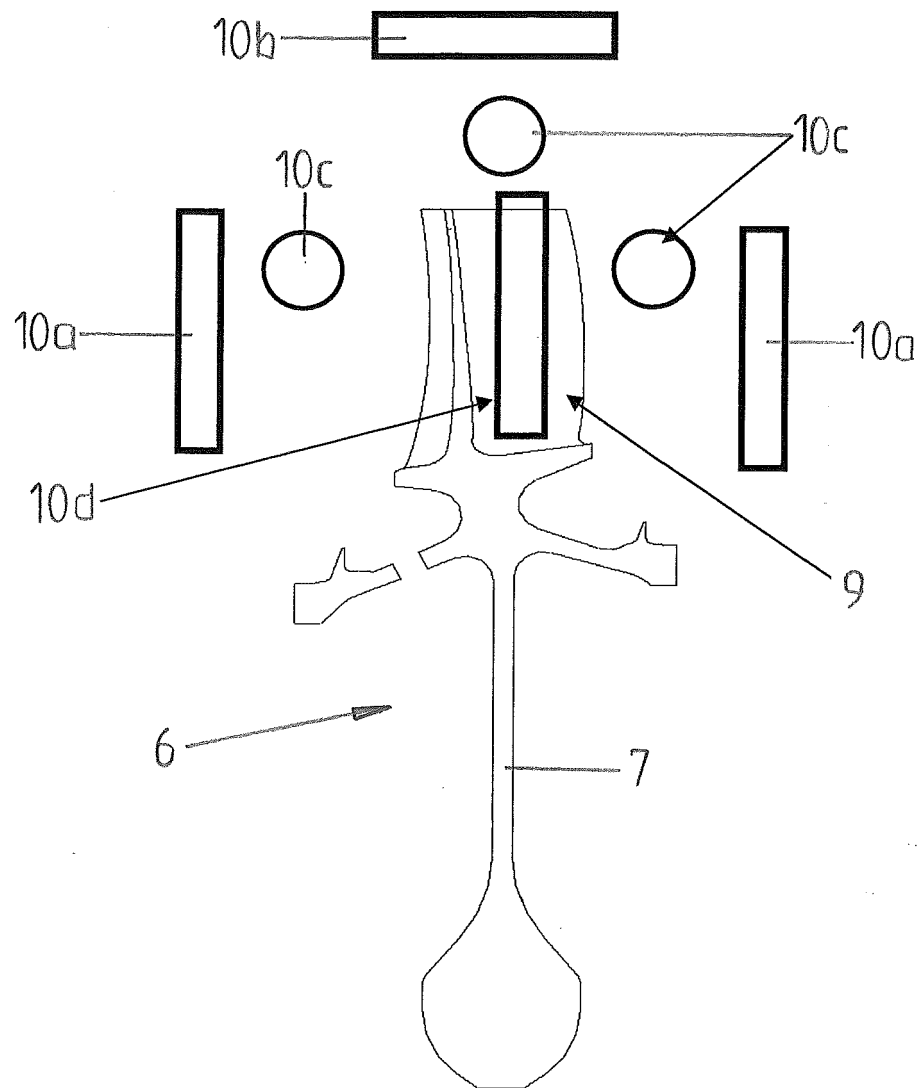


FIG. 2

