



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 007 743 T2 2007.12.06**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 535 692 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 007 743.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 256 749.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **02.11.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.06.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.07.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 20/12 (2006.01)**

B23K 20/24 (2006.01)

B23P 15/04 (2006.01)

B23Q 3/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0327552 27.11.2003 GB

(73) Patentinhaber:

Rolls-Royce plc, London, GB

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Wallach, Koch & Partner, 80339
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Clark, Daniel, Belper, Derby, DE56 1GS, GB; Allen,
Jeffrey, Littleover, Derby, DE23 3RJ, GB**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung oder Reparatur einer Baugruppe**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung oder Reparatur einer Baugruppe, die bei Gasturbinenriebwerken benutzt wird. Das Verfahren ist insbesondere geeignet zur Herstellung oder Reparatur von Rotor-Baugruppen, bei denen die Laufschaufeln getrennt hergestellt und mit dem Rotor verbunden werden.

[0002] Integrierte Laufschaufelrotor-Baugruppen werden im Kompressorsteil und im Turbinenteil eines Gasturbinenriebwerks benutzt. Diese Baugruppen können dadurch hergestellt oder repariert werden, dass getrennt hergestellte Laufschaufeln mit einer Scheibe oder einem Ring verbunden werden.

[0003] Eine Technik, die zur Verbindung der Laufschaufeln mit der Scheibe oder dem Ring benutzt werden kann, ist eine Friktionsverschweißung. Bei der Friktionsverschweißung werden entweder die Laufschaufel oder die Scheibe oder beide relativ zueinander bewegt, während sie mit genügender Kraft zusammengedrückt werden, um eine Reibungserhitzung herbeizuführen. Auf diese Weise wird eine Vielzahl von Laufschaufeln mit der Scheibe verbunden.

[0004] Die WO 03 068 457 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Halterung eines Bauteils, während er mit einem anderen Bauteil durch Friktionsverschweißung verbunden wird. Eine Turbinenlaufschaufel wird in einer Schaumstruktur verkapselt, die fast perfekt der Oberfläche der Laufschaufel angepasst ist. Die verkapselte Laufschaufel kann dann durch Friktionsverschweißung mit einer Scheibe verbunden werden, ohne dass die Gefahr einer Beschädigung des aerodynamischen Profils der Laufschaufel besteht. Bei Vollendung des Schweißprozesses werden Gehäuse und Schaum entfernt.

[0005] Die Schaufeln werden durch Friktionsverschweißung mit Stummelansätzen aus einem Material verbunden, das vom Umfang der Scheibe vorsteht. Die Geometrie der Stummelansätze ist jedoch derart, dass sie eine unzureichende Steifheit für den Schweißprozess haben.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Stummelansatz zu schaffen, der eine genügende Steifheit besitzt, um den örtlichen Druckschwingungen und der Reibungserhitzung zu widerstehen.

[0007] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft diese ein Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: es werden ein erster und ein zweiter Bauteil hergestellt; es wird ein Metallpulver auf einen Abschnitt des ersten Bauteils aufgesprüht, der mit dem zweiten Bauteil zu verbinden ist; das aufge-

sprühte Metallpulver bewirkt eine Verstärkung des Abschnitts des ersten Bauteils, der mit dem zweiten Bauteil verbunden werden soll; es wird das aufgesprühte Metallpulver eingespannt, um eine Bewegung des Metallpulvers zu verhindern; es wird der zweite Bauteil auf dem besprühten Abschnitt des ersten Bauteils durch Friktionsverschweißung festgelegt, und anschließend wird die Einspannung und das aufgesprühte Metallpulver entfernt.

[0008] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zur Reparatur einer Baugruppe die folgenden Schritte: es wird ein beschädigter Bauteil von der Baugruppe entfernt; es wird ein Metallpulver auf jenen Abschnitt der Baugruppe aufgesprüht, von dem der beschädigte Bauteil entfernt wurde; wobei das aufgesprühte Metallpulver zur Verstärkung jenes Abschnitts der Baugruppe dient, von dem der beschädigte Bauteil entfernt wurde; es wird das aufgesprühte Metallpulver eingespannt, um eine Bewegung dieses Metallpulvers zu vermeiden; es wird ein neuer Bauteil auf den besprühten Abschnitt der Baugruppe durch Friktionsverschweißung festgelegt, und es wird die Einspannung mit dem aufgesprühten Metallpulver entfernt.

[0009] Das aufgesprühte Metallpulver ist vorzugsweise ein Titanpulver mit einer Partikelgröße in der Größenordnung von 1 bis 100 µm.

[0010] Gemäß den bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird das Material bei niedriger Temperatur im Bereich zwischen 0 und 700°C aufgesprüht, und zwar vorzugsweise unter Benutzung entweder eines dynamischen Kaltgas-Sprühverfahrens oder unter Benutzung eines Hochgeschwindigkeits-Flammenverbrennungs-Sprühverfahrens.

[0011] Es werden Platten auf die Scheibe geklemmt, die als Einspannung wirken, um eine Bewegung und ein Abblättern des aufgesprühten Materials während der Friktionsverschweißung zu verhindern.

[0012] Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

[0013] [Fig. 1](#) ist eine Teilansicht einer beschaufelten Rotorbaugruppe;

[0014] [Fig. 2](#) veranschaulicht die Friktionsverschweißung einer Laufschaufel, um eine Rotorbaugruppe gemäß [Fig. 1](#) zu erzeugen;

[0015] [Fig. 3](#) ist eine schematische Ansicht der Vorrichtung, die zur dynamischen Kaltgasversprühung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung geeignet ist;

[0016] **Fig. 4** ist eine Schnittansicht einer Düse, die geeignet ist zur Hochgeschwindigkeits-Flammenverbrennungs-Ablagerung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0017] **Fig. 5** veranschaulicht eine Kompressivlast, die auf ein Metall ausgeübt wird, das auf einen Stummelansatz auf einer Rotorscheibe aufgebracht ist.

[0018] In **Fig. 1** ist eine beschauelte Rotorscheibe **10** dargestellt, die geeignet ist zur Benutzung im Kompressorabschnitt oder im Turbinenabschnitt eines Gasturbinentriebwerks. Die beschauelte Rotorscheibe **10** besteht aus einer Vielzahl von Laufschaufeln **14**, die am äußeren Umfang einer Rotorscheibe **12** derart festgelegt sind, dass sie sich von dieser radial nach außen erstrecken.

[0019] Die Laufschaufeln **14** werden getrennt von der Rotorscheibe **12** hergestellt, und sie werden an dieser durch Friktionsverschweißung festgelegt. Während des Friktionsschweißverfahrens werden die Schaufeln **14** relativ zur Rotorscheibe **12** in Schwingungen versetzt, wie dies aus **Fig. 2** hervorgeht. Jede Laufschaufel **14** wird tangential, wie durch den Pfeil **15** angedeutet, gegen einen Stummelansatz **13** am äußeren Umfang der Rotorscheibe **12** in Schwingungen versetzt, während eine Radialbelastung **16** ausgeübt wird. Die durch die Schwingungen **15** erzeugte Hitze führt zusammen mit der Belastung **16** zu einer Verschweißung zwischen dem Stummelansatz **13** und der Laufschaufel **14**. Die beschauelte Rotorscheibe **10** wird dann spanabhebend bearbeitet, um all jenes Material zu entfernen, das während des Schweißprozesses extrudiert wurde und um dem Stummelansatz **13** und der Laufschaufel **14** ihre endgültige Form zu verleihen.

[0020] Es haben sich Schwierigkeiten ergeben, wenn die Laufschaufeln **14** auf ihrer Rotorscheibe **12** durch Friktionsverschweißung festgelegt wurden. Die Geometrie der Stummelansätze **13** ist derart, dass sie nicht steif genug sind, um den örtlichen Druckschwingungen und der Reibungserhitzung zu widerstehen. Um dieses Problem zu lösen, wird ein Metallüberzug **18** über den Stummelansatz **13** gespritzt, um diesen während des Friktionsschweißverfahrens zu verstärken (**Fig. 5**).

[0021] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein Metallüberzug **18** auf den Stummelansatz **13** unter Benutzung eines Verfahrens gespritzt, das als dynamisches Kaltgas-Sprühverfahren bekannt ist (**Fig. 3**). Bei diesem Verfahren wird ein komprimiertes Gas aus einer Hochdruckgasquelle **30** einem Gassteuermodul **32** zugeführt. Das Gas ist Helium, jedoch kann auch Argon, Stickstoff oder eine Mischung dieser Gase benutzt werden. Das benutzte Gas wird auf einen Druck von 100 bis 500 Pfund pro Quadratzoll gebracht.

[0022] Das Gassteuermodul **32** spaltet jene komprimierte Gasströmung in zwei Anteile auf. Ein kleiner Anteil des komprimierten Gases gelangt zu einem Pulverfüllschacht **34**, der ein Metallpulver enthält. Das benutzte Metallpulver hängt von der speziellen Anwendung ab, aber gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Erfindung wird ein Titanpulver benutzt, das eine Partikelgröße in der Größenordnung von 1 bis 50 µm hat. Das Gas nimmt das Pulver aus dem Füllschacht **34** auf und überführt dies in eine Vorkammer **35** einer Überschalldüse **36**. Die Pulverzuführungsrate liegt in der Größenordnung zwischen 500 und 1000 g/h.

[0023] Die übrige Gasströmung gelangt nach einer durch Widerstand erhitzten Rohrschlange **38**. Das Gas wird auf eine Temperatur von etwa 500°C durch die Rohrschlange **38** erhitzt. Dann gelangt das Gas nach der Vorkammer **35**, wo es mit dem Trägergas vermischt wird, das das Titanpulver enthält. Das expandierende Gas und der Partikelstrom treten aus der Düse **36** mit einer Geschwindigkeit zwischen 300 und 1200 m/s aus.

[0024] Das Titanpulver wird als Überzug **18** auf dem Stummelansatz **13** auf der Scheibe **12** abgelagert. Die Düse **36** wird in einer Sprühdistanz zwischen 12 und 50 mm gehalten, und der Überzug **18** wird auf beiden Seiten des Stummelansatzes **13** aufgebaut, um ihn zu verstärken.

[0025] Ein Computer **39** steuert das dynamische Kaltgas-Sprühverfahren gemäß **Fig. 3**. Der Computer **39** ist so programmiert, dass er das Gassteuermodul **32**, den Pulverfüllschacht **34**, das Gaserhitzungsmodul **38**, die Düse **36** und die gesamte Messwerterfassung steuert.

[0026] Das dynamische Kaltgas-Sprühverfahren hat den Vorteil, dass der Überzug **18** die Eigenschaften der ursprünglichen Titanpartikel aufrecht erhält. Der Überzug **18** wird bei einer niedrigen Temperatur zwischen 0 bis 700°C abgelagert und hat so eine niedrige Restspannung und erhitzt den Stummelansatz **13** oder die Scheibe **12** nicht, auf denen der Überzug abgelagert ist.

[0027] Stattdessen kann Titanpulver mit einer Partikelgröße von 10 bis 100 µm auf den Stummelansatz **13** unter Benutzung eines Hochgeschwindigkeits-Flammenverbrennungs-Sprühverfahrens aufgebracht werden. Bei diesem Prozess wird eine Düse **40** benutzt, wie diese in **Fig. 4** dargestellt ist.

[0028] Sauerstoff, Wasserstoff und ein Brennstoff werden an die Düse **40** abgegeben und dann mit dem Titanpulver vermischt. Die Düse **40** wird durch eine Wasserumhüllung gekühlt, und sie besitzt einen konvergierenden/divergierenden Abschnitt, der das Titanpulver auf eine Geschwindigkeit in der Größen-

ordnung von 350 m/s beschleunigt. Die Düse **40** sprüht das Pulver auf den Stummelansatz **13**. Die Düse **40** wird auf einer Sprühdistanz in der Größenordnung von 400 mm gehalten und unter einem Winkel von 45° bis 90° gegenüber der Oberfläche ange stellt. Der Überzug **18** wird bei einer Temperatur von 200°C bei einer Rate von 500 bis 1000 g/h abgelagert.

[0029] Nachdem der Stummelansatz **13** mit der Pulverbesprühung überzogen ist, entweder unter Benutzung des dynamischen Kaltgas-Sprühverfahrens oder unter Benutzung einer Hochgeschwindigkeits-Flammenverbrennungsdüse **40**, wird das Pulver zur Verhinderung einer Bewegung eingespannt. Zu diesem Zweck werden Platten **20** auf die Stirnseiten der Rotorscheibe **12** aufgeklemmt, und diese spannen den Überzug **18** ein, wie dies aus [Fig. 5](#) ersichtlich ist, um eine Abblätterung des Überzuges **18** während des Friktionsschweißverfahrens zu verhindern.

[0030] Dann werden die Laufschaufeln **14** auf die Rotorscheiben-Stummelansätze **13** unter Benutzung einer herkömmlichen Friktionsschweißtechnik aufgeschweißt. Die Laufschaufeln **14** werden relativ zur Rotorscheibe **12** in Schwingungen versetzt, während eine Radialkraft **16** ausgeübt wird. Nachdem jede der Laufschaufeln **14** auf den jeweiligen Stummelansatz **13** aufgeschweißt ist, werden die Klemmplatten **20** entfernt, und der aufgesprühte Überzug **18** wird spanabhebend abgetragen.

[0031] Das beschriebene Verfahren bezieht sich auf die Herstellung eines neuen beschau felten Rotors, jedoch ist es klar, dass das Verfahren auch benutzt werden kann, um einen beschau felten Rotor zu reparieren, der beschädigte Laufschaufeln aufweist. Dazu werden die beschädigten Laufschaufeln entfernt, und zwar unter Belassung eines Stummelansatzes, auf den der Metallüberzug aufgesprüht wird. Der aufgesprühte Überzug wird dann eingespannt, während eine neue Laufschaufel durch Friktionsverschweißung auf dem Stummelansatz festgelegt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe (**10**), bei dem zunächst ein erster Bauteil (**12**) und ein zweiter Bauteil (**14**) hergestellt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Metallpulver (**18**) auf einen Abschnitt des ersten Bauteils (**12**) aufgesprüht wird, der mit dem zweiten Bauteil (**14**) verbunden werden soll, wobei das aufgesprühte Metallpulver (**18**) als Verstärkung für jenen Abschnitt (**13**) des ersten Bauteils (**12**) dient, der mit dem zweiten Bauteil (**14**) verbunden werden soll, und dass dann das aufgesprühte Metallpulver (**18**) mit einer Einspannung (**20**) versehen wird, um eine Bewegung des Metallpulvers zu vermeiden, worauf der zweite Bauteil (**14**) auf dem

besprühten Abschnitt (**13**) des ersten Bauteils (**12**) durch Friktionsverschweißung festgelegt wird und danach die Einspannung (**20**) und das aufgesprühte Metallpulver (**18**) entfernt werden.

2. Verfahren zur Reparatur einer Baugruppe (**10**), bei dem zunächst der beschädigte Bauteil von der Baugruppe (**10**) entfernt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Metallpulver (**18**) auf den Abschnitt (**13**) der Baugruppe (**10**) aufgesprüht wird, von der der beschädigte Bauteil entfernt wurde, wobei das aufgesprühte Metallpulver (**18**) zur Verstärkung des Abschnitts (**13**) der Baugruppe (**10**) dient, von der der beschädigte Bauteil entfernt wurde, und dass das aufgesprühte Metallpulver (**18**) mit einer Einspannung (**20**) versehen wurde, um eine Bewegung des Metallpulvers zu verhindern, worauf ein neuer Bauteil (**14**) auf den aufgesprühten Abschnitt (**13**) der Baugruppe (**10**) durch Reibungsverschweißung festgelegt wird und die Einspannung (**20**) und das aufgesprühte Metallpulver (**18**) entfernt werden.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallpulver (**18**) bei niedrigen Temperaturen aufgesprüht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur in dem Bereich zwischen 0 und 700°C liegt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallpulver Titan ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Titanpulver eine Partikelgröße in der Größenordnung zwischen 1 und 100 µm hat.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallpulver (**18**) unter Benutzung eines dynamischen Kaltgas-Sprühverfahrens aufgesprüht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallpulver (**18**) unter Benutzung eines Hochgeschwindigkeits-Flammenverbrennungs-Sprühverfahrens aufgebracht wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspannung (**20**) aus Platten besteht, zwischen denen das aufgesprühte Metallpulver (**18**) eingeklemmt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Baugruppe (**10**) ein beschau felter Rotor ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

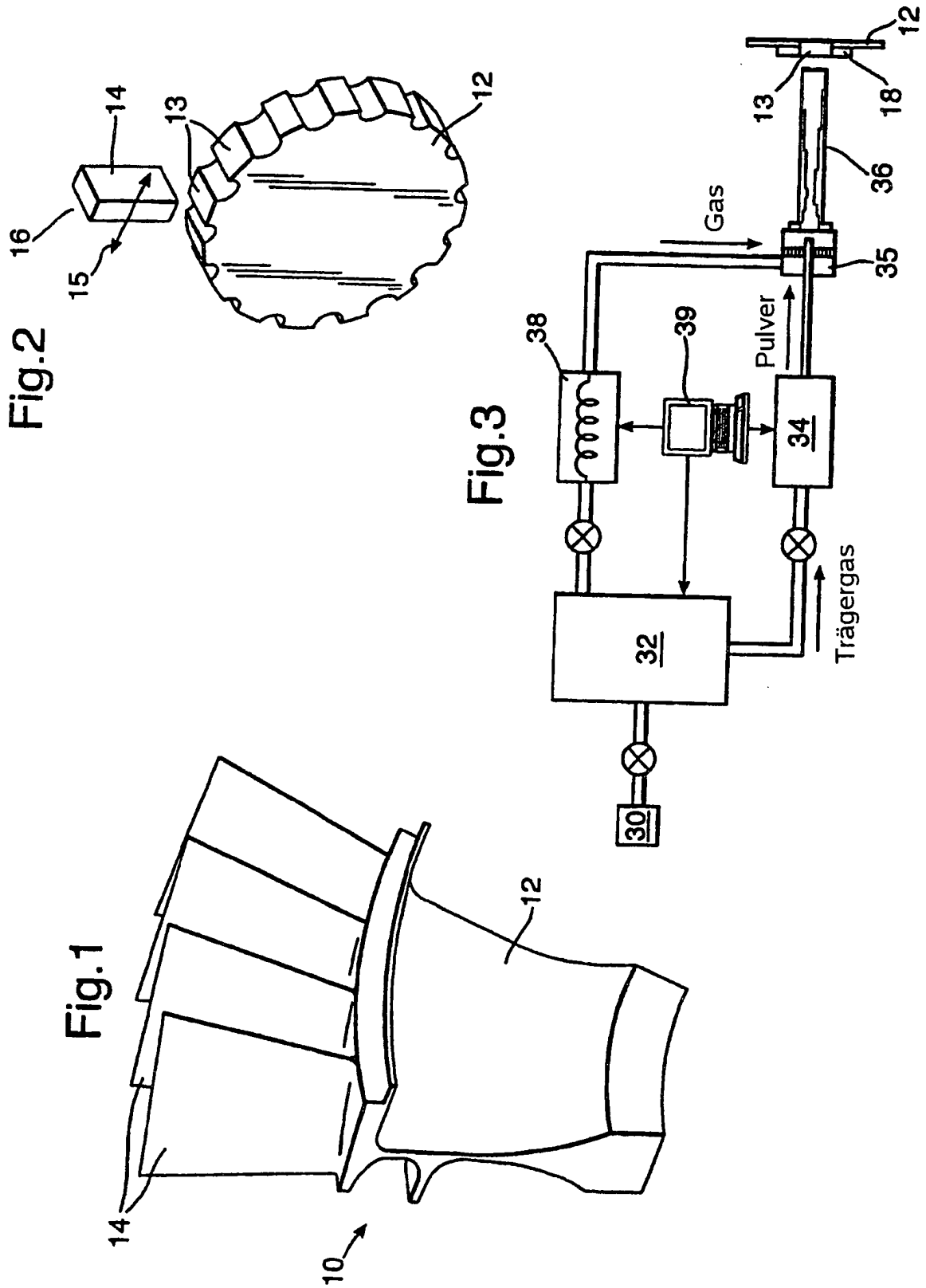


Fig.4

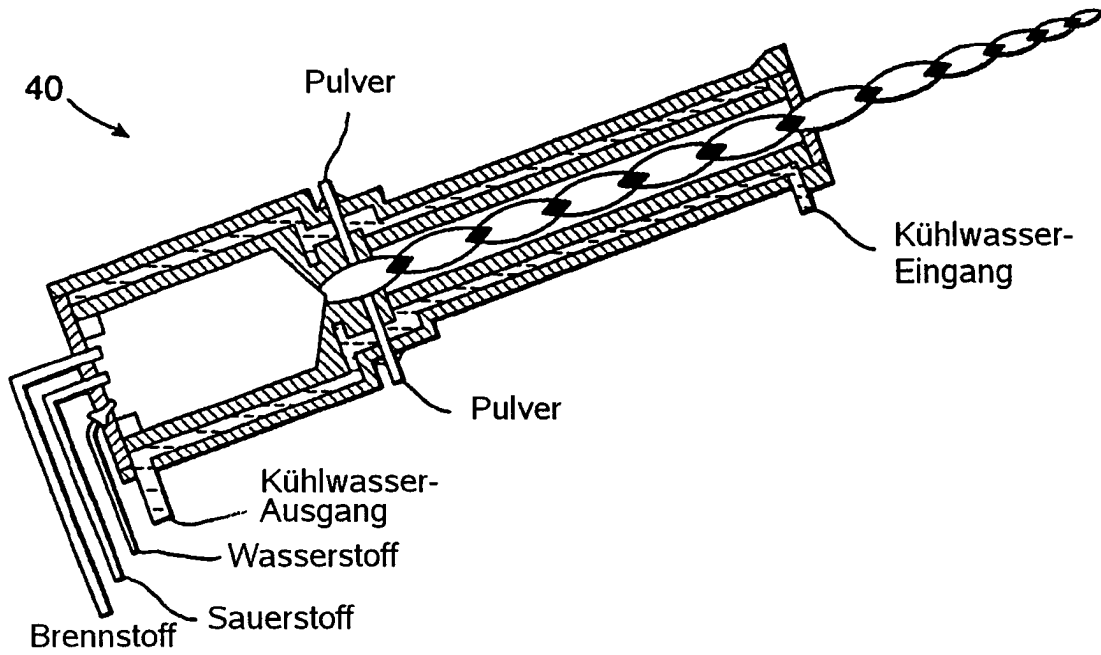


Fig.5

