



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 733 348 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.06.2024 Patentblatt 2024/26

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B24B 31/116 (2006.01) **B24B 19/14 (2006.01)**
B24B 31/00 (2006.01) **B24B 31/14 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20156017.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B24B 31/116; B24B 19/14; B24B 31/003;
B24B 31/14

(22) Anmeldetag: **07.02.2020**

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM GLÄTTEN EINER OBERFLÄCHE EINES BAUTEILS

METHOD AND DEVICE FOR SMOOTHING THE SURFACE OF A WORKPIECE

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR LISSER LA SURFACE D'UNE PIÈCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **08.02.2019 DE 102019201656**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.11.2020 Patentblatt 2020/45

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines AG
80995 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **Fessler-Knobel, Martin
80995 München (DE)**
- **Windprechtinger, Jörg
80995 München (DE)**
- **Astl, Georg
1207 Genève (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1-102008 017 475 US-A- 5 341 602
US-A1- 2005 255 797**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung**Technisches Gebiet**

5 [0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Glätten einer Bauteiloberfläche.

Stand der Technik

10 [0002] Zum Glätten von Bauteilen sind unterschiedliche Verfahren bekannt, ein Materialabtrag kann bspw. mit einer geometrisch bestimmten oder unbestimmten Schneide spanend erfolgen. Mit dem Materialabtrag werden Unebenheiten der Oberfläche entfernt, wird diese also geglättet. Beim chemisch-mechanischen Polieren kann dies durch eine Kombination aus chemischer und mechanischer Einwirkung auf die Bauteiloberfläche erfolgen. Auf ein solches Verfahren richtet sich der vorliegende Gegenstand, wobei es im Besonderen um das Glätten von Strömungsmaschinen- bzw. Triebwerksbauteilen geht. Das Dokument US 5 341 602 A offenbart ein Verfahren sowie eine Vorrichtung, auf welchem jeweils der Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche basiert.

15 [0003] Eine Strömungsmaschine kann sich funktional in Verdichter, Brennkammer und Turbine gliedern, wobei im Falle eines Flugtriebwerks angesaugte Luft im Verdichter komprimiert und in der nachgelagerten Brennkammer mit hinzugemischem Kerosin verbrannt wird. Das entstehende Heißgas, eine Mischung aus Verbrennungsgas und Luft, durchströmt die nachgelagerte Turbine und wird dabei expandiert. Die Turbine und der Verdichter sind in der Regel jeweils mehrstufig aufgebaut, wobei eine jeweilige Stufe einen Leit- und einen Laufschaufelkranz umfasst. Jeder Schaufelkranz ist aus einer Mehrzahl umlaufend aufeinanderfolgender Schaufeln aufgebaut, die je nach Anwendung von dem Verdichter- bzw. dem Heißgas umströmt werden. Ein Glätten dieser Bauteiloberflächen kann bspw. aerodynamisch von Vorteil sein.

25 **Darstellung der Erfindung**

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein vorteilhaftes Verfahren zum Glätten einer Oberfläche eines Bauteils anzugeben.

30 [0005] Dies wird erfindungsgemäß mit dem Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Dabei wird das Bauteil in ein Behältnis (Bad) mit einem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch gegeben, und es wird eine Relativbewegung zwischen dem Gemisch und dem Bauteil erzeugt. Das Gemisch strömt entlang der zu glättenden Oberfläche, womit sich ein kombiniert chemisch-mechanischer Materialabtrag erreichen lässt, das Bauteil wird chemisch-mechanisch poliert. Erfindungsgemäß wird bzw. ist dabei in dem Bad bzw. Behältnis mit dem Gemisch eine Leitfläche vorgesehen, entlang welcher das Gemisch strömt. Die Leitfläche führt die Strömung und drückt dabei insbesondere die Festkörperkomponente zu der Bauteiloberfläche hin, überlagert ihr also eine Richtungskomponente zu der Bauteiloberfläche.

35 [0006] Mit der Leitfläche wird das Gemisch und damit insbesondere der Festkörperanteil auf die Oberfläche geführt, sodass dort ein hinreichender Druck für den Materialabtrag erreicht wird. Der Festkörperanteil kann z. B. partikel-, insbesondere kugelförmig vorgesehen sein, wobei die Kugeln aufgrund der Führung dann an der Bauteiloberfläche mit einem hinreichend großen Druck abrollen, um die gewünschte Polierwirkung zu erzielen. Der Festkörperanteil in dem Gemisch kann insbesondere so hoch sein, dass zwischen der Leitfläche und der Oberfläche des Bauteils ein zusammenhängendes Agglomerat der Partikel bzw. Kugeln vorliegt; zwischen Leitfläche und Bauteil bildet sich somit eine Kraftkette, sodass die Partikel/Kugeln zuverlässig gegen die Bauteiloberfläche gedrückt werden. Die Leitfläche kann bspw. einen über die Bauteiloberfläche hinweg gleichmäßigeren Druck ergeben bzw. einstellen helfen, was die Homogenität des Glättungsergebnisses verbessern kann.

40 [0007] Zur Illustration: würde man bspw. ein Schaufelblatt ohne Leitfläche in das Gemisch geben und in einer der Anordnung im Gaskanal vergleichbaren Weise umströmen (Anströmen an der Vorder- und Abströmen an der Hinterkante), wäre der Druck und damit der Materialabtrag an der Vorderkante hoch. Zur Hinterkante hin würde er jedoch abnehmen, was einen insgesamt ungleichmäßigen Abtrag ergeben würde. Um gleichwohl eine gewisse Vergleichmäßigung zu erreichen, muss das Bauteil ohne Leitblech dann bspw. in unterschiedlichen Orientierungen umströmt werden, was Aufwand bedeutet und die Bearbeitungsdauer erhöht. Mit der Leitfläche lässt sich die Strömung hingegen so einstellen, dass im Idealfall gar keine Umorientierung des Bauteils erforderlich ist, also in einer einzigen Relativanordnung bzw. -orientierung ein gleichmäßiger Materialabtrag erreicht wird.

45 [0008] Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung finden sich in den abhängigen Ansprüchen und der gesamten Offenbarung, wobei bei der Darstellung der Merkmale nicht immer im Einzelnen zwischen Verfahrens- und Vorrichtungsaspekten unterschieden wird; jedenfalls implizit ist die Offenbarung hinsichtlich sämtlicher Anspruchskategorien zu lesen. Werden bspw. bestimmte Mittel beschrieben, die in dem Verfahren Anwendung finden, ist dies auch als Offenbarung einer mit den entsprechenden Mitteln ausgestatteten Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu verstehen.

50 [0009] "Ein" und "eine" sind im Rahmen dieser Offenbarung als unbestimmte Artikel und damit ohne ausdrücklich

gegenteilige Angabe immer auch als "mindestens ein" bzw. "mindestens eine" zu lesen. In dem Bad können also bspw. auch mehrere Bauteile gleichzeitig angeordnet und geglättet werden. Handelt es sich bei dem Bauteil um ein Schaufelblatt, kann dieses Teil einer einzelnen Schaufel oder eines Mehrfach-Segments sein, im Prinzip kann sogar auch ein kompletter Schaufelkranz bearbeitet werden (Blisk, *Blade Integrated Disk*).

5 [0010] Wie bereits erwähnt, kann es sich bei dem Bauteil bevorzugt um ein Schaufelblatt einer Strömungsmaschine handeln, das in deren Gaskanal angeordnet und umströmt wird. Prinzipiell ist auch eine Anwendung im Turbinenbereich denkbar, kann das Schaufelblatt also im Heißgaskanal angeordnet und von Heißgas umströmt werden. Bevorzugt ist eine Anwendung im Verdichterbereich, wird das Schaufelblatt also im Verdichtergaskanal von Verdichtergas umströmt. Hierbei können die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens im Besonderen zu Tragen kommen, kann nämlich die homogen geglättete Bauteiloberfläche bspw. einem Strömungsabriß vorbeugen helfen.

10 [0011] In bevorzugter Ausgestaltung ist die Leitfläche eine Seitenfläche eines Leitkörpers, der in dem Bad umströmt wird. Letzteres meint, dass das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch nicht nur entlang der Leitfläche strömt, sondern auch entlang einer der Leitfläche entgegengesetzten Seitenfläche des Leitkörpers. Der Leitkörper ist bevorzugt aus Metall vorgesehen, es kann sich insbesondere um ein Leitblech handeln (einfache und flexible Herstellung).

15 [0012] In bevorzugter Ausgestaltung hat die Bauteiloberfläche in einer Schnittebene betrachtet einen gekrümmten Verlauf und ist die Leitfläche in derselben Schnittebene betrachtet komplementär gekrümmmt. Ist die Oberfläche also bspw. konvex, so erstreckt sich die Leitfläche konkav, und im Falle einer konkaven Bauteiloberfläche erstreckt sie sich konvex. Die besagte Schnittebene liegt bevorzugt parallel zur Umströmungsrichtung, im Falle des Schaufelblatts kann es sich bspw. um eine Tangential-Schnittebene handeln (in dieser wird das Schaufelblattprofil betrachtet, die Schnittebene liegt tangential an einem Umlauf um die Längs- bzw. Drehachse der Strömungsmaschine).

20 [0013] In bevorzugter Ausgestaltung ist die Leitfläche derart zur Bauteiloberfläche angeordnet, dass ein Abstand dazwischen in Strömungsrichtung abnimmt. Konkret wird der Abstand im Schnitt betrachtet (vgl. den vorherigen Absatz bezüglich der Schnittebene) senkrecht zu den Stromlinien zwischen der Oberfläche und der Leitfläche genommen. Bevorzugt kann ein in Strömungsrichtung stetig (ohne Sprünge/Stufen) abnehmender Abstand sein, was hinsichtlich 25 der gewünschten Homogenisierung Vorteile bieten kann.

25 [0014] Erfindungsgemäß ist in dem Bad eine weitere Leitfläche vorgesehen, die ebenfalls von einem Leitkörper, insbesondere einem Leitblech gebildet werden kann. Das Bauteil ist bzw. wird dabei, bezogen auf eine Richtung senkrecht zur Strömungsrichtung, zwischen den Leitflächen angeordnet. Die Strömung wird dann von der einen Leitfläche auf einen Oberflächenbereich des Bauteils geführt und von der anderen Leitfläche auf einen dazu entgegengesetzten 30 Oberflächenbereich. Im Falle des Schaufelblatts kann die eine Leitfläche der Saug- und die andere der Druckseitenfläche zugeordnet sein.

35 [0015] Erfindungsgemäß sind die Leitflächen, zwischen denen das Bauteil platziert ist, relativ zueinander derart angeordnet, dass ein Abstand dazwischen in Strömungsrichtung abnimmt. Konkret wird dieser Leitflächen-Abstand im Schnitt betrachtet senkrecht zu den Stromlinien zwischen den Leitflächen genommen, vgl. auch die vorstehenden Anmerkungen. Wird also bspw. ein Schaufelblatt geglättet und dazu an der Vorderkante angeströmt, nimmt der Abstand zwischen den beidseits davon angeordneten Leitflächen von der Vorder- zur Hinterkante hin ab. Bevorzugt nimmt dabei auch jeweils der Abstand zwischen Leitfläche und jeweiligem Oberflächenbereich (Saug- bzw. Druckseitenfläche) ab, siehe vorne.

40 [0016] Alternativ zu einem Schaufelblatt kann es sich bei dem Bauteil im Allgemeinen bspw. auch um eine Verkleidung, also ein *Fairing* handeln. Ebenso lassen sich Kanalplatten (*Panels*) glätten und damit hinsichtlich der Umströmung im Gaskanal optimieren. Bevorzugt ist das Bauteil jedoch ein Schaufelblatt. Zur Erzeugung der Relativbewegung zwischen dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch und dem Bauteil könnte im Allgemeinen auch eine Düse in dem Bad vorgesehen sein, durch welche das Gemisch gepumpt und damit auf das Bauteil beschleunigt wird. Letzteres würde in diesem Fall in einem ortsfesten Koordinatensystem betrachtet, also in der Bearbeitungsmaschine und damit bspw. auch in der 45 Montage- bzw. Fertigungshalle ruhen. In bevorzugter Ausgestaltung wird die Relativbewegung jedoch erreicht, indem das Bauteil durch das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch bewegt wird. In einem ortsfesten Koordinatensystem betrachtet wird dann also das Bauteil bewegt, es wird durch das Gemisch gezogen bzw. geschoben. In bevorzugter Ausbildung wird bzw. werden dabei die Leitflächen bzw. Leitkörper/Leitbleche gemeinsam mit dem Bauteil durch das Bad bewegt. Sie können bspw. an einer Halterung angeordnet sein, in welche das Bauteil gesetzt und die dann samt Bauteil durch 50 das Gemisch bewegt wird.

55 [0017] Das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch kann bspw. auf Wasserbasis vorgesehen sein. Je nach Material des Bauteils kann es bspw. eine Säure aufweisen, z. B. Wasserstoffperoxid. Ferner kann die Flüssigkomponente bspw. Silikate aufweisen. Der Festkörperbestandteil ist bevorzugt partikel- bzw. kugelförmig vorgesehen, insbesondere in Form von Glas- oder Metallkugeln. Diese können bspw. einen Durchmesser im Mikro- bzw. Millimeterbereich haben, etwa von mindestens 200 µm und z. B. höchstens 2 mm, also bspw. von rund 0,5 mm.

[0018] Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Glätten einer Bauteiloberfläche gemäß Anspruch 9.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0019] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei die einzelnen Merkmale im Rahmen der nebengeordneten Ansprüche auch in anderer Kombination erfindungswesentlich sein können und auch weiterhin nicht im Einzelnen zwischen den unterschiedlichen Anspruchskategorien unterschieden wird. Im Einzelnen zeigt

- Figur 1 eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer schematischen, teilweise geschnittenen Seitenansicht;
- Figur 2a-b verschiedene Möglichkeiten zur Anordnung von Leitflächen bzw. -körpern zur Strömungsführung in der Vorrichtung gemäß Figur 1;
- Figur 3 ein Triebwerk in einem Axialschnitt zur Illustration möglicher Anwendungen.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0020] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zum Glätten eines Bauteils 2, konkret einer Oberfläche 2.1 des Bauteils 2. Bei dem Bauteil 2 handelt es sich vorliegend um eine Schaufel bzw. ein Schaufelblatt eines Flugtriebwerks, vgl. auch Fig. 3 zur Illustration. Zum Glätten ist bzw. wird das Bauteil 2 in ein Behältnis 3 gegeben, das mit einem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch 4 gefüllt ist.

[0021] Das Bauteil 2 wird dann in dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch 4 bewegt, es wird also eine Relativbewegung 5 zwischen dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch 4 und dem Bauteil 2 erzeugt. Dadurch stellt sich eine Strömung 6 des Flüssigkeits-Festkörper-Gemisches 4 entlang der Oberfläche 2.1 des Bauteils 2 ein. Wie die vergrößerte Darstellung illustriert, ist das Gemisch 4 aus einer Flüssigkomponente 7 (vorliegend z. B. Wasser, H₂O₂, Silikate) und kugelförmigen Festkörpern 8 mit einem Durchmesser von z. B. 0,5 mm aufgebaut. Wenn das Gemisch 4 aufgrund der Relativbewegung 5 entlang der Oberfläche 2.1 strömt, rollen die Kugeln mit gewissem Druck an der Oberfläche 2.1 ab.

[0022] Um einen über die Oberfläche 2.1 gleichmäßigeren Druck zu erreichen, ist erfindungsgemäß eine Leitfläche 20 in dem Gemisch 4 angeordnet, welche der Strömung 6 eine Richtungskomponente 21 zu der Oberfläche 2.1 des Bauteils 2 hin auferlegt. Dies ist in den Fig. 2a-c veranschaulicht (im Besonderen in Fig. 2a), und zwar jeweils in einem Schnitt (bezogen auf Fig. 1 liegt die Schnittebene senkrecht zur Zeichenfläche und horizontal). In diesen Schnitten ist die Profilform des Bauteils 2, also z. B. des Schaufelblatts, zu erkennen.

[0023] Bei den Varianten gemäß den Fig. 2a,b ist jeweils noch eine weitere Leitfläche 200 vorgesehen, welche der Strömung 6 ebenfalls eine Richtungskomponente 210 zu der Bauteiloberfläche 2.1 hin auferlegt. Damit ist sowohl einer Saugseitenfläche 2.1.1 als auch einer Druckseitenfläche 2.1.2 des Schaufelblatts jeweils eine Leitfläche 20,200 zugeordnet. Jede der Leitflächen 20,200 wird jeweils von einem Leitkörper 22,220 gebildet, nämlich einem von dem Gemisch 5 umspülten Leitblech.

[0024] Die Leitflächen 20,200 sind relativ zu dem Bauteil 2 bzw. dessen Oberfläche 2.1 so angeordnet, dass ein jeweiliger Abstand 25,250 zur Oberfläche 2.1 in Strömungsrichtung 26 abnimmt. Ferner nimmt auch ein Leitflächen-Abstand 27 zwischen den Leitflächen 20,200 in Strömungsrichtung 26 ab.

[0025] In der in Fig. 2c dargestellten Situation wird das Bauteil 2, also das Schaufelblatt, beim Glätten nicht an seiner Vorder-, sondern an seiner Hinterkante angeströmt. Im Übrigen findet in diesem Fall auch nur ein einzelner Leitkörper 22 mit der Leitfläche 20 Anwendung, die der Saugseitenfläche 2.1.1 des Bauteils 2 zugeordnet ist. Generell sollen die Fig. 2a-c unterschiedliche Möglichkeiten und Optionen illustrieren.

[0026] Fig. 3 zeigt eine Strömungsmaschine 30, konkret ein Mantelstromtriebwerk, in einem Axialschnitt (die Schnittebene beinhaltet die Längsachse 31). Funktional gliedert sich die Strömungsmaschine 30 in Verdichter 32, Brennkammer 33 und Turbine 34, wobei im Verdichter 32 angesaugte Luft komprimiert wird. In der Brennkammer 33 wird sie mit hinzugemischem Kerosin verbrannt, das entstehende Heißgas wird in der Turbine 34 expandiert. Sowohl der Verdichter 32 als die Turbine 34 sind jeweils mehrstufig aufgebaut. Das Bauteil 2 (das gemäß der vorstehenden Schilderung geglättete Schaufelblatt) kann sowohl in der Turbine 34 also im Verdichter 32 Anwendung finden, bevorzugt ist Letzteres (wegen der hohen aerodynamischen Anforderungen dort).

BEZUGSZEICHENLISTE

[0027]

55	Bauteil	2
	Oberfläche (Bauteiloberfläche)	2.1
	Saugseitenfläche	2.1.1

(fortgesetzt)

	Druckseitenfläche	2.1.2
5	Behältnis	3
	Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch	4
	Relativbewegung	5
	Strömung	6
	Flüssigkomponente	7
10	Festkörper	8
	Leitfläche	20
	Richtungskomponente (zur Bauteiloberfläche)	21
	Leitkörper	22
	Abstand	25
15	Strömungsrichtung	26
	Leitflächen-Abstand	27
	Strömungsmaschine	30
	Längsachse	31
20	Verdichter	32
	Brennkammer	33
	Turbine	34
	Leitfläche (weitere)	200
	Richtungskomponente (der weiteren Leitfläche)	210
25	Leitkörper (weiterer)	220
	Abstand (der weiteren Leitfläche)	250

Patentansprüche

- 30 1. Verfahren zum Glätten einer Oberfläche (2.1) eines Bauteils (2) welches zum Anordnen in einem Gaskanal einer Strömungsmaschine (30) ausgelegt ist und das Bauteil (2) vorzugsweise ein Schaufelblatt für eine Strömungsmaschine (30) ist, wobei die Oberfläche (2.1) eine dem Gaskanal zugewandte Oberfläche (2.1) ist, bei welchem Verfahren
- 35 - das Bauteil (2) in ein Behältnis (3) mit einem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) gegeben wird,
- eine Relativbewegung (5) zwischen dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) und dem Bauteil (2) erzeugt wird, also eine Strömung (6) des Flüssigkeits-Festkörper-Gemischs (4) entlang der Oberfläche (2.1);
wobei in dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) eine Leitfläche (20) vorgesehen ist, entlang welcher das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) strömt, wobei der Strömung (6) eine Richtungskomponente (21) zu der Oberfläche (2.1) hin auferlegt wird und
bei welchem in dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) eine weitere Leitfläche (200) vorgesehen ist, entlang welcher das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) strömt, **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Bauteil (2) zwischen den Leitflächen (20,200) angeordnet ist und bei welchem die Leitflächen (20,200)
40 relativ zueinander derart angeordnet sind, dass ein Leitflächen-Abstand (27), der in einer Schnittebene betrachtet senkrecht zu einem Stromlinienprofil zwischen den Leitflächen (20,200) genommen wird, in Strömungsrichtung (26) abnimmt.
- 45 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Leitfläche (20) eine Seitenfläche eines Leitkörpers (22) ist, der in dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) umströmt wird, bei dem das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) also auch entlang einer der Leitfläche (20) entgegengesetzten Seitenfläche strömt.
- 50 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem die Oberfläche (2.1) des Bauteils (2) in einer Schnittebene betrachtet einen gekrümmten Verlauf hat und die Leitfläche (20) in derselben Schnittebene betrachtet einen komplementär gekrümmten Verlauf hat.
- 55 4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die Leitfläche (20) derart relativ zu der Oberfläche (2.1) angeordnet ist, dass ein Abstand (25), der in einer Schnittebene betrachtet senkrecht zu einem Stromlinienprofil

zwischen der Oberfläche (2.1) und der Leitfläche (20) genommen wird, in Strömungsrichtung (26) abnimmt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Oberfläche (2.1) des Bauteils (2) eine Saugseitenfläche und eine Druckseitenfläche umfasst, wobei sowohl der Saugseitenfläche als auch der Druckseitenfläche jeweils eine Leitfläche (20,200) in dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) zugeordnet ist.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem das Bauteil (2) zur Erzeugung der Relativbewegung (5) in einem ortsfesten Koordinatensystem bewegt wird, also das Bauteil (2) durch das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) bewegt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 6, bei welchem die Leitfläche (20) bzw. Leitflächen (20,200) gemeinsam mit dem Bauteil (2) durch das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) bewegt wird bzw. werden.
20. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) auf Wasserbasis mit kugelförmigen Festkörpern (8) vorgesehen ist.
25. 9. Vorrichtung zum Glätten einer Oberfläche (2.1) des Bauteils (2) zur Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung aufweist:
 - ein Behältnis (3) zum Aufnehmen des Flüssigkeits-Festkörper-Gemisches (4) und zum Anordnen des Bauteils (2);
 - eine Bewegungseinrichtung zum Erzeugen der Relativbewegung (5) zwischen dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) und dem Bauteil (2);
 - eine Leitfläche (20) in dem Behältnis (3), um der Strömung (6) die Richtungskomponente (21) zu der Oberfläche (2.1) hin aufzuerlegen und bei welchem in dem Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) eine weitere Leitfläche (200) vorgesehen ist, entlang welcher das Flüssigkeits-Festkörper-Gemisch (4) strömt, zum Anordnen des Bauteils (2) zwischen den Leitflächen (20,200), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitflächen (20,200) relativ zueinander derart angeordnet sind, dass ein Leitflächen-Abstand (27), der in einer Schnittebene betrachtet senkrecht zu einem Stromlinienprofil zwischen den Leitflächen (20,200) genommen wird, in Strömungsrichtung (26) abnimmt.

Claims

35. 1. Method for smoothing a surface (2.1) of a component (2) which is designed to be arranged in a gas channel of a turbomachine (30) and which component (2) is preferably an airfoil for a turbomachine (30), the surface (2.1) being a surface (2.1) facing the gas channel, in which method
 - the component (2) is placed in a container (3) with a liquid-solids mixture (4);
 - a relative movement (5) is generated between the liquid-solids mixture (4) and the component (2), i.e. a flow (6) of the liquid-solids mixture (4) along the surface (2.1);
 - a guide surface (20) being provided in the liquid-solids mixture (4), along which the liquid-solids mixture (4) flows, a directional component (21) toward the surface (2.1) being imposed on the flow (6), and
 - in which a further guide surface (200) is provided in the liquid-solids mixture (4), along which the liquid-solids mixture (4) flows, **characterized in that**
 - the component (2) is arranged between the guide surfaces (20, 200), and in which the guide surfaces (20, 200) are arranged relative to one another such that a guide surface distance (27), which, viewed in a sectional plane, is taken perpendicular to a streamline profile between the guide surfaces (20, 200), decreases in the flow direction (26).
40. 2. Method according to claim 1, in which the guide surface (20) is a lateral surface of a guide body (22) around which the liquid-solids mixture (4) flows, and wherein the liquid-solids mixture (4) therefore also flows along a lateral surface opposite the guide surface (20).
45. 3. Method according to claim 1 or 2, in which the surface (2.1) of the component (2) has a curved profile when viewed in a sectional plane, and the guide surface (20) has a complementarily curved profile when viewed in the same sectional plane.

4. Method according to any of the preceding claims, in which the guide surface (20) is arranged relative to the surface (2.1) such that a distance (25) which, viewed in a sectional plane, is taken perpendicular to a streamline profile between the surface (2.1) and the guide surface (20), decreases in the flow direction (26).
5. Method according to claim 1, in which the surface (2.1) of the component (2) comprises a suction-side surface and a pressure-side surface, wherein both the suction-side surface and the pressure-side surface are each assigned a guide surface (20, 200) in the liquid-solids mixture (4).
10. 6. Method according to any of the preceding claims, in which the component (2) is moved in a stationary coordinate system to generate the relative movement (5), i.e. the component (2) is moved through the liquid-solids mixture (4).
7. Method according to claim 6, in which the guide surface (20) or guide surfaces (20, 200) is or are moved together with the component (2) through the liquid-solids mixture (4).
15. 8. Method according to any of the preceding claims, in which the liquid-solids mixture (4) is water-based with spherical solids (8).
9. Device for smoothing a surface (2.1) of the component (2), for carrying out a method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the device comprises:
20. - a container (3) for receiving the liquid-solids mixture (4) and for arranging the component (2);
- a movement apparatus for generating the relative movement (5) between the liquid-solids mixture (4) and the component (2);

25. - a guide surface (20) in the container (3), in order to impose the directional component (21) toward the surface (2.1) on the flow (6), and in which a further guide surface (200) is provided in the liquid-solids mixture (4), along which the liquid-solids mixture (4) flows, for arranging the component (2) between the guide surfaces (20, 200), **characterized in that** the guide surfaces (20, 200) are arranged relative to one another such that a guide surface distance (27), which, viewed in a sectional plane, is taken perpendicular to a streamline profile between the guide surfaces (20, 200), decreases in the flow direction (26).

30.

Revendications

1. Procédé permettant le lissage d'une surface (2.1) d'une pièce (2) qui est conçue pour être disposée dans un canal de gaz d'une turbomachine (30) et la pièce (2) est de préférence une pale d'aube pour une turbomachine (30), dans lequel la surface (2.1) est une surface (2.1) tournée vers le canal de gaz, dans lequel procédé
35. - la pièce (2) est placée dans un récipient (3) comportant un mélange liquide-solides (4) ;
- un déplacement relatif (5) est généré entre le mélange liquide-solides (4) et la pièce (2), c'est-à-dire un écoulement (6) du mélange liquide-solides (4) le long de la surface (2.1) ;
dans lequel une surface de guidage (20) est prévue dans le mélange liquide-solides (4), le long de laquelle s'écoule le mélange liquide-solides (4), dans lequel une composante directionnelle (21) est imposée à l'écoulement (6) en direction de la surface (2.1) et
dans lequel une autre surface de guidage (200) est prévue dans le mélange liquide-solides (4), le long de laquelle s'écoule le mélange liquide-solides (4), **caractérisé en ce que**
la pièce (2) est disposée entre les surfaces de guidage (20, 200) et dans lequel les surfaces de guidage (20, 200) sont disposées l'une par rapport à l'autre de telle sorte qu'une distance entre les surfaces de guidage (27), laquelle est prise, vue dans un plan de coupe, perpendiculairement à un profil de lignes de courant entre les surfaces de guidage (20, 200), diminue dans le sens d'écoulement (26).
- 40.
- 45.
50. 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la surface de guidage (20) est une surface latérale d'un corps de guidage (22) autour duquel s'écoule le mélange liquide-solides (4), dans lequel le mélange liquide-solides (4) s'écoule donc également le long d'une surface latérale opposée à la surface de guidage (20).
55. 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la surface (2.1) de la pièce (2), vue dans un plan de coupe, a un tracé courbe et la surface de guidage (20), vue dans le même plan de coupe, a un tracé courbe complémentaire.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la surface de guidage (20) est disposée par rapport

à la surface (2.1) de telle sorte qu'une distance (25) prise, vue dans un plan de coupe, perpendiculairement à un profil de lignes de courant entre la surface (2.1) et la surface de guidage (20), diminue dans le sens d'écoulement (26).

5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la surface (2.1) de la pièce (2) comprend une surface latérale d'aspiration et une surface latérale de pression, dans lequel respectivement une surface de guidage (20, 200) dans le mélange liquide-solides (4) est associée à la fois à la surface latérale d'aspiration et à la surface latérale de pression.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la pièce (2) est déplacée dans un système de coordonnées fixe pour générer le déplacement relatif (5), c'est-à-dire que la pièce (2) est déplacée par le mélange liquide-solides (4).

15. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la surface de guidage (20) ou les surfaces de guidage (20, 200) sont déplacées conjointement avec la pièce (2) par le mélange liquide-solides (4).

20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le mélange liquide-solides (4) est prévu à base d'eau avec des solides sphériques (8).

25. Dispositif permettant le lissage d'une surface (2.1) de la pièce (2) pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif présente :

- un récipient (3) permettant de recevoir le mélange liquide-solides (4) et permettant de disposer la pièce (2) ;
- un appareil de déplacement permettant de générer le déplacement relatif (5) entre le mélange liquide-solides (4) et la pièce (2) ;
- une surface de guidage (20) dans le récipient (3) pour imposer à l'écoulement (6) la composante directionnelle (21) vers la surface (2.1) et dans lequel une autre surface de guidage (200) est prévue dans le mélange liquide-solides (4), le long de laquelle s'écoule le mélange liquide-solides (4), pour disposer la pièce (2) entre les surfaces de guidage (20, 200),

30. **caractérisé en ce que** les surfaces de guidage (20, 200) sont disposées l'une par rapport à l'autre de telle sorte qu'une distance entre les surfaces de guidage (27), laquelle est prise, vue dans un plan de coupe, perpendiculairement à un profil de lignes de courant entre les surfaces de guidage (20, 200), diminue dans le sens d'écoulement (26).

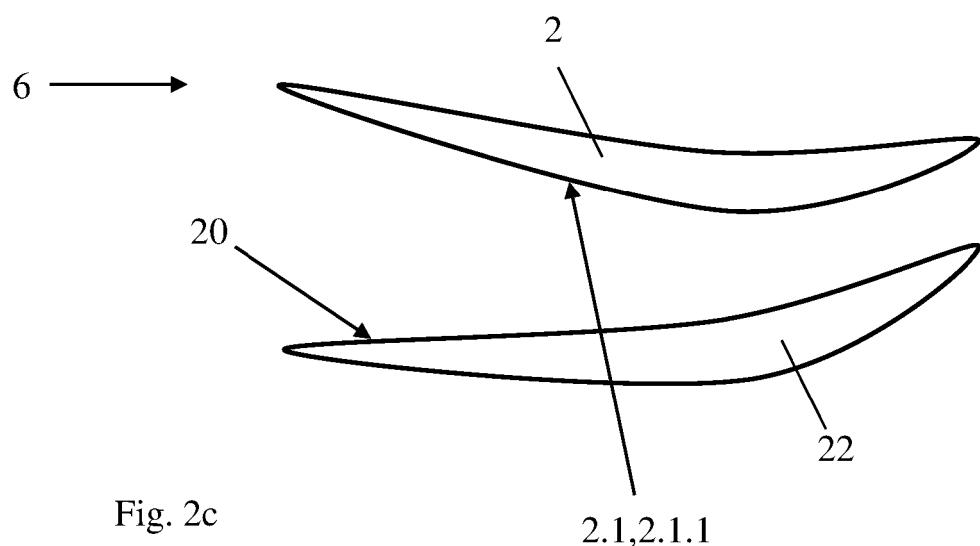
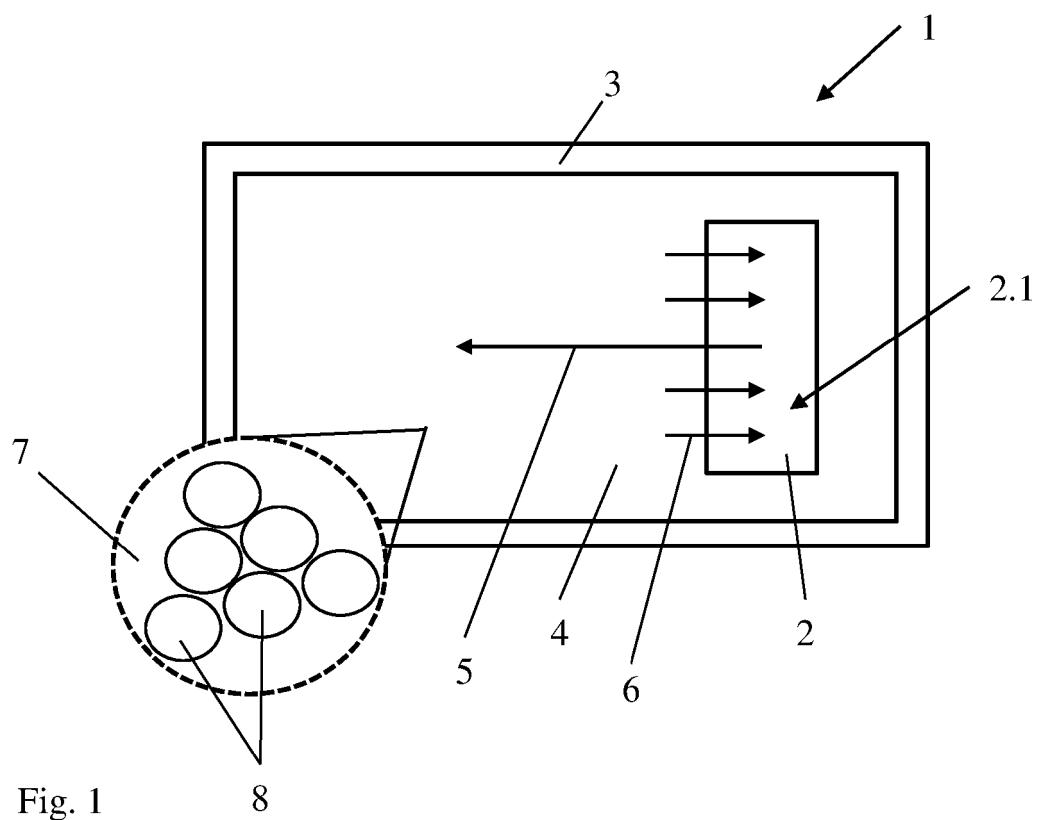
35

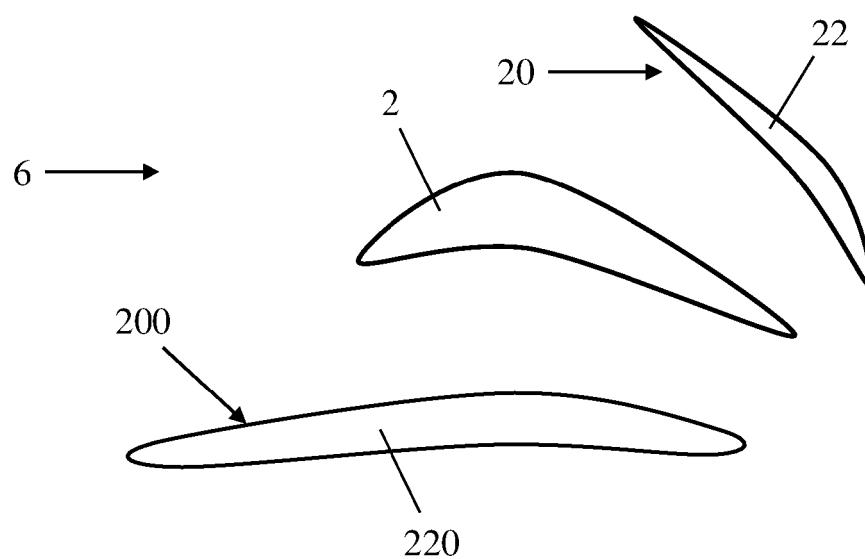
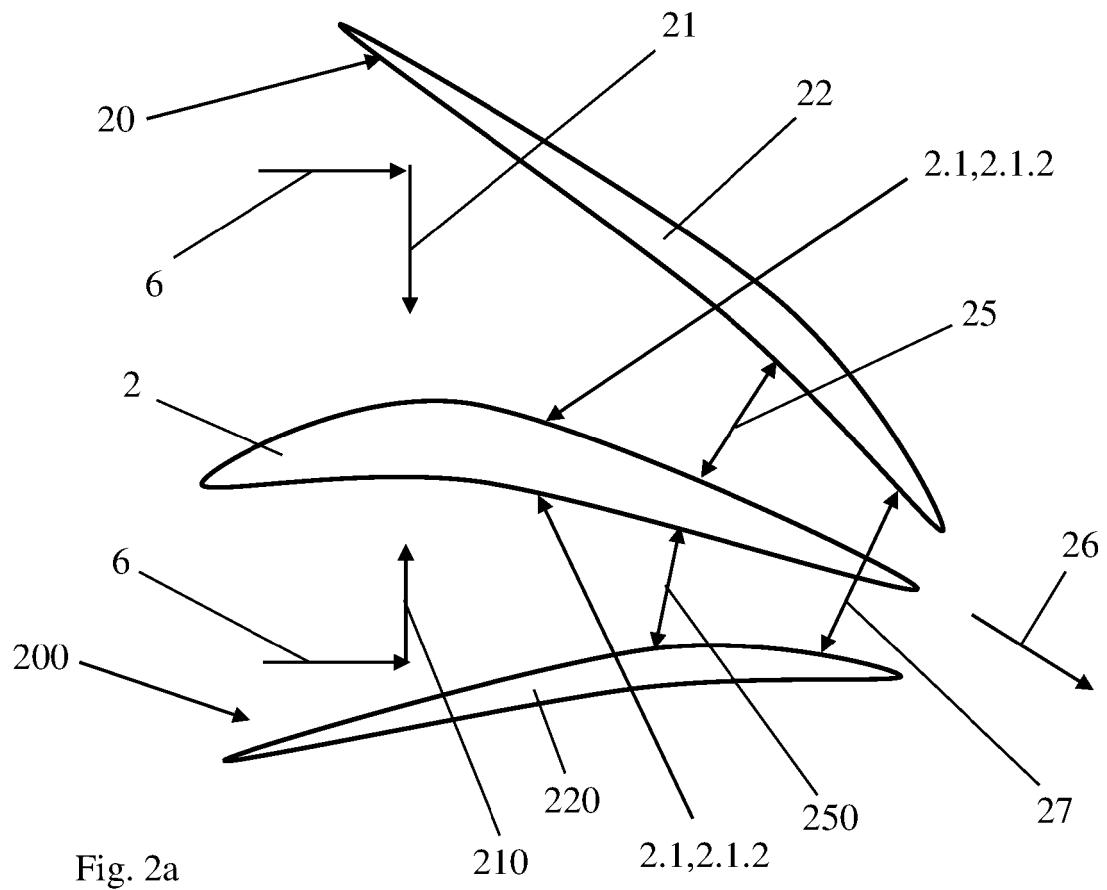
40

45

50

55





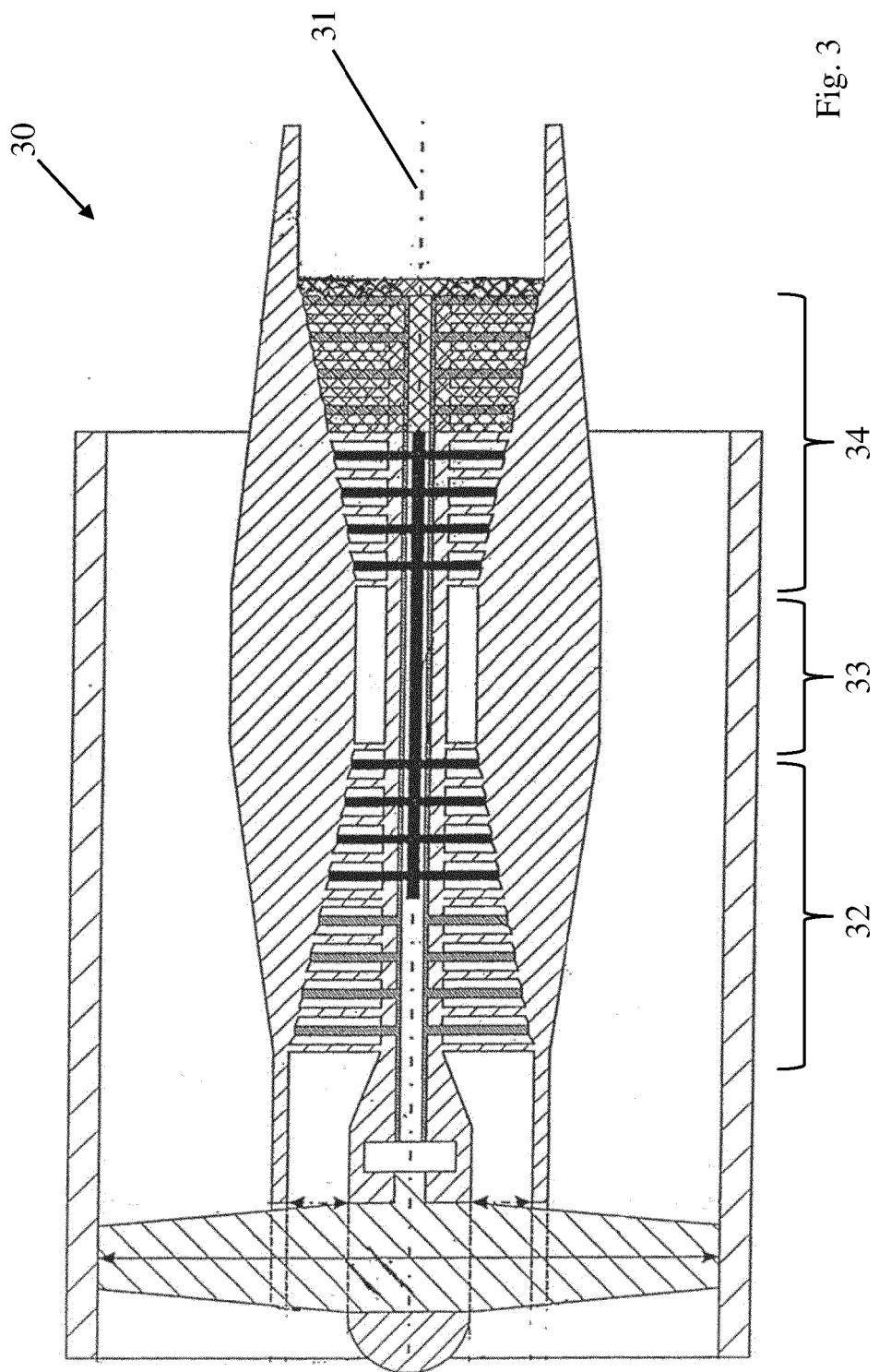


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5341602 A [0002]