



(11)

EP 1 393 857 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.07.2009 Patentblatt 2009/27

(51) Int Cl.:
B24B 31/00 (2006.01) **B24B 31/06** (2006.01)
B24B 41/06 (2006.01) **B24B 19/14** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03405550.9**

(22) Anmeldetag: **18.07.2003**

(54) **Führungsvorrichtung für ein Werkstück mit einer porösen Oberflächenbeschichtung, sowie ein Verfahren zum Polieren eines solchen Werkstücks**

Holder for a workpiece with a porous coating on its surface, and a method to polish this workpiece

Support de pièce comportant une surface à revêtement poreux, et un procédé de polissage de cette pièce

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **27.08.2002 EP 02405726**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.2004 Patentblatt 2004/10

(73) Patentinhaber: **Sulzer Metco AG
5610 Wohlen (CH)**

(72) Erfinder: **Tanner, Bruno
8400 Winterthur (CH)**

(74) Vertreter: **Sulzer Management AG
Patentabteilung / 0067
Zürcherstrasse 12
8401 Winterthur (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**CH-A- 169 778 US-A- 1 482 923
US-A- 4 447 992 US-A- 6 165 600**

EP 1 393 857 B1

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 eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vibrationspoliervorrichtung umfassend eine Führungsvorrichtung zur Führung eines Werkstücks mit einer porösen Oberflächenbeschichtung in einem Polierbehälter, ein Verfahren zum Polieren einer porösen Oberflächenschicht, sowie die Verwendung des Verfahrens zum Polieren einer porösen Wärmedämmschicht einer Turbinenschaufel und eine nach dem Verfahren polierte Turbinenschaufel, gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs der jeweiligen Kategorie, (siehe z.B. US-1 482 923).

[0002] Zum Polieren von Oberflächenschichten von Werkstücken sind je nach Anforderung, Material und Struktur der Oberflächenschicht eine ganze Reihe verschiedener Verfahren bekannt. Der Zweck des Polierens besteht dabei neben einem reinen Materialabtrag an der Oberflächen häufig darin, die Rauheit der Oberfläche herabzusetzen. Das kann beispielsweise aus rein ästhetischen Gründen gewünscht sein, etwa um glänzende Oberflächen zu erzeugen oder kann aufgrund technischer Erfordernisse geboten sein, beispielsweise um Reibungskoeffizienten herabzusetzen, die Adhäsion oder Einlagerung von Fremdpartikeln zu minimieren, so dass eine geforderte Porosität der Oberfläche erhalten bleibt oder um eine Verschmutzung der Oberfläche zu verhindern. In der Technik wird in der Regel die Rauheit der Oberfläche eines Festkörpers durch unterschiedliche Rauheitsmessgrössen gekennzeichnet, die in der entsprechenden Fachliteratur nachzulesen sind. Einer dieser Rauheitsmessgrössen ist der sogenannte "Mittenrauhwert R_a ", der als mittlere Abweichung der Absolutbeträge des Rauheitsprofils von einer mittleren Linie innerhalb einer vorgebbaren Messstrecke ein Mass für die Rauheit einer Oberfläche ist und je nach dem Grad der Rauheit beispielsweise in Mikrometer (μm) angegeben wird.

[0003] Wie bereits erwähnt kommen zur Herabsetzung der Rauheit einer Oberfläche je nach Anwendung unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. So werden beispielsweise Turbinenschaufeln für Flugzeugturbinen oder für landgestützte Gasturbinen zur Erzeugung elektrischer Energie mit Schichten aus metallischen Legierungen, insbesondere mit MCrAlY - Schichten versehen, wobei M für ein Metall wie beispielsweise Nickel (Ni), Kobalt (Co) oder Eisen (Fe) steht und CrAlY (Chrom, Aluminium Yttrium), eine für diese und andere Zwecke wohlbekannte Superlegierung bezeichnet. Diese Schichten können beispielsweise in einer Vakuumkammer in einer Stärke zwischen 50 μm und 250 μm aufgebracht werden, wobei typischerweise eine Oberflächenrauheit R_a von ca. 6 μm - 12 μm erreicht wird. Darüber hinaus ist es häufig notwendig, die zuvor erwähnten MCrAlY-Schichten mit einer Wärmedämmschicht zu versehen, die der Fachmann auch häufig als TBC - Beschichtung ("Thermal Barrier Coating") bezeichnet. Solche TBC - Beschichtungen können beispielsweise auf Zirkonoxid (ZrO_2) Basis hergestellt werden, wobei in ei-

nem typischen Beispiel die Wärmedämmschicht ca. 100 μm bis 500 μm , in speziellen Fällen über 1 mm stark sein kann und im wesentlichen 92% ZrO_2 und 8 % Yttriumoxid Y_2O_3 zur Stabilisierung enthält. Die Korngrössen der die Schicht aufbauenden Körner können dabei beispielsweise zwischen 45 μm und 125 μm liegen, wobei eine Porosität der Wärmedämmschicht typischerweise zwischen 5 % und 20 % erreicht wird. Typische Werte für die Rauheit von TBC - Beschichtungen findet man im Bereich von 9 μm bis 16 μm . Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die zuvor genannten Parameter der Schichten, sowie deren chemische Zusammensetzung im konkreten Fall natürlich auch erheblich von den zuvor zitierten Beispielen abweichen können.

[0004] Die Oberflächenrauheiten, die die Schichten nach dem Auftrag auf das Werkstück aufweisen, sind jedoch häufig nicht akzeptabel und müssen beispielsweise durch Polieren herabgesetzt werden.

[0005] In dem für die Praxis wichtigen Beispiel von Turbinenschaufeln landgestützter Turbinen sind beispielsweise für die Oberflächenrauheit R_a Werte von max. 6 μm , bevorzugt jedoch Werte die kleiner als 4 μm sind, gefordert, insbesondere um eine erhöhte Verschmutzung zu verhindern und die Strömungsdynamik zu verbessern.

[0006] Bei MCrAlY - Schichten oder allgemein bei metallischen oder metallegierten Oberflächen kann die notwendige Oberflächenrauheit mit verschiedenen Verfahren erreicht werden. Gängig sind dabei, analog zum klassischen Sandstrahlen, abrasive Strahltechniken, beispielsweise mit feinem Korund, Kugelstrahlen oder Cut-Wire Peening mit harten Stahlkörpern, mit rostfreien Stahlkörpern oder mit keramischen Strahlkörpern. Zur Erreichung höchster Oberflächengüten, d.h. minimaler Rauheit und / oder gleichmässiger Rauheit von Werkstoffoberflächen stehen verschiedene Verfahren zum Vibropolieren, die oft als "Vibropolishing" bezeichnet werden, in Kombination mit abrasiv wirkenden Polierelementen zur Verfügung.

[0007] Zum Polieren der meisten TBC - Schichten kommen jedoch nur die zuletzt genannten Verfahren des Vibropolishing in Frage, da diese beim Poliervorgang die Oberflächen ausreichend schonend behandeln, so dass in den porösen TBC - Schichten Schäden in Form von Mikrorissen, Abplatzen von Oberflächenbereichen oder ähnliche Schäden vermieden werden können.

[0008] Zur Durchführung des Vibropolishing kommen verbreitet zwei Ausführungsvarianten von Poliervorrichtungen zum Einsatz, nämlich sogenannte Rundvibratoren und Trogvibratoren. Ein Trogvibrator ist eine Vorrichtung, die im wesentlichen einen Polierbehälter, der entsprechende Polierelemente enthält, umfasst und der durch geeignete Einrichtungen in Vibration versetzt werden kann. Die zu behandelnden Werkstücke werden im einfachsten Fall in den Polierbehälter gelegt, so dass die Werkstücke von den Polierelementen, die sich unter Vibration insgesamt analog einer zähen Flüssigkeit verhalten, poliert werden. Dabei können Trennschieber vorge-

sehen sein, die verhindern, dass sich benachbarte Werkstücke im Polierbehälter gegenseitig berühren und verletzen oder es kann auch eine externe Befestigung der Werkstücke vorgesehen sein. Einen weiteren Schutz kann zum Beispiel eine Maskierung gewisser Oberflächenbereiche des Werkstücks mit Abdeckungen, insbesondere aus Kunststoff bieten, so dass nur eine partielle Glättung des Werkstücks zugelassen wird und / oder beispielsweise gefährdete Kanten geschützt werden.

[0009] Dabei haben diese aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen Nachteile, die insbesondere bei der Politur von rotationsasymmetrischen Werkstücken und / oder von Werkstücken mit porösen Oberflächen, wie beispielsweise Turbinenschaufeln mit TBC - Beschichtungen, zu unbefriedigenden Ergebnissen führen.

[0010] So können auf extern eingespannte Werkstücke, die in einem Trogvibrator behandelt werden, unvertretbar hohe mechanische Belastungen einwirken, die im schlimmsten Fall zu Schädigungen des Werkstücks und / oder der zu behandelnden Oberflächen, insbesondere von porösen / und oder spröden Oberflächen, führen können. Werden die zu polierenden Werkstücke gemäss dem Stand der Technik direkt in den Polierbehälter des Trogvibrators, also ohne äussere Befestigung, gelegt, besteht die Gefahr, dass das Werkstück mit den Wänden des Trogvibrators bzw. mit eventuell vorhandenen Trennschiebern und / oder mit benachbarten Werkstücken in direkten Kontakt treten kann, wodurch Beschädigungen am Werkstück bzw. an empfindlichen Bereichen der Oberfläche des Werkstücks, insbesondere an Kanten, nicht auszuschliessen sind. Insbesondere besteht dabei die Gefahr, dass sich beispielsweise zwischen Werkstückoberfläche und einer benachbarten Begrenzungswand ein Abstand von weniger als zwei Polierelementen einstellt, so dass zwischen Werkstückoberfläche und einer benachbarten Begrenzungswand ein Polierelement verklemmt wird, was zu enormen Punktbelastungen auf die Oberfläche des Werkstücks führen kann.

[0011] Beschädigungen der zuvor beschriebenen Art können zwar durch geeignete Maskierung gefährdeter Oberflächenbereiche reduziert werden. Allerdings ist das selbstverständlich nur für diejenigen Oberflächenbereiche möglich, die nicht poliert werden müssen. Zum anderen ist dieses Verfahren in der Praxis recht aufwendig, da häufig mehr als ein Oberflächenbereich des Werkstücks jeweils separat durch eine geeignete Maskierung geschützt werden muss, was mit einer aufwendigen Montage bzw. Demontage der entsprechen Teile verbunden ist und somit auch aus wirtschaftlicher Sicht wenig effizient ist. Ein weiterer wesentlicher Nachteil besteht darin, dass insbesondere bei rotationsasymmetrischen Werkstücken, wie Turbinenschaufeln für langgestützte Anwendungen, die bekannten Verfahren zu unzureichenden Oberflächenrauheiten und / oder insbesondere zu ungleichmässig polierten, d.h. zu ungleichmässig rauen Bereichen auf der Oberfläche des Werk-

stücks führen. Aufgrund der asymmetrischen Massenverteilung, beispielsweise einer Turbinenschaufel, wird sich die Turbinenschaufel im Polierbehälter zwischen den Polierelementen nur ungleichmässig drehen und die unterschiedlich orientierten Flächen der Turbinenschaufel werden beim Polieren mit unterschiedlichem Polierdruck von den Polierelementen beaufschlagt, was letztlich dazu führt, dass verschiedene Bereiche der Oberfläche verschiedene Oberflächenrauheiten aufweisen, und an bestimmten Flächen der Turbinenschaufel eine genügend hohe Rauheit überhaupt nicht erreichbar ist. Das zuvor gesagte trifft im übrigen auch auf Polierverfahren zu, bei welchen das Werkstück extern befestigt ist. Die zuvor geschilderten Nachteile treten selbstverständlich nicht nur beim Polieren von Turbinenschaufeln auf, an denen hier die Problematik beispielhaft erläutert wird, sondern treten allgemein, insbesondere bei rotationsasymmetrischen Werkstücken beim Vibropolishing auf.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine andere Vorrichtung und ein anderes Verfahren zum Polieren einer Oberfläche eines Werkstücks, insbesondere einer porösen Oberfläche eines rotationsasymmetrischen Werkstücks vorzuschlagen.

[0013] Die diese Aufgaben lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs der jeweiligen Kategorie gekennzeichnet.

[0014] Die jeweiligen abhängigen Ansprüche beziehen sich auf besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

[0015] Die erfindungsgemässe Führungsvorrichtung zur Führung eines Werkstücks mit einer porösen Oberflächenbeschichtung in einem Polierbehälter, insbesondere eines rotationsasymmetrischen Werkstücks, weist zwei, durch mindestens ein Abstandselement beabstandete Führungselemente, sowie eine Halterung zur Positionierung des Werkstücks zwischen den zwei Führungselementen auf, so dass das Werkstück in Bezug auf den Polierbehälter berührungslos im Polierbehälter führbar ist.

[0016] Die erfindungsgemässe Vorrichtung erlaubt es somit ein Werkstück, insbesondere ein Werkstück mit einer porösen Oberflächenbeschichtung, beispielsweise in einem Trogvibrator während eines Poliervorgangs zu führen, wobei auf externe Befestigungsmittel zur Führung des Werkstücks verzichtet werden kann. Es können so unter anderem mechanische Belastungen vermieden werden, die im schlimmsten Fall zu Schädigungen des Werkstücks und / oder der zu behandelnden porösen Oberflächen führen können. Durch die erfindungsgemässe Führungsvorrichtung wird vermieden, dass das zu polierende Werkstück mit eventuell vorhandenen Trennschiebern und / oder mit benachbarten Werkstücken in direkten Kontakt treten kann, wodurch Beschädigungen am Werkstück bzw. an empfindlichen Bereichen der Oberfläche des Werkstücks, insbesondere an Kanten, weitgehend ausgeschlossen werden. Darüber können insbesondere rotationsasymmetrische Werkstücke

wie Turbinenschaufeln durch Verwendung der erfindungsgemässen Führungsvorrichtung gleichmässig poliert werden. Das wird dadurch erreicht, dass auch bei asymmetrischer Massenverteilung des Werkstücks, wie beispielsweise bei einer Turbinenschaufel, durch die Ausgestaltung der Führungsvorrichtung eine gleichmässige Drehbewegung des Werkstücks beim Polieren erreichbar ist, so dass das Werkstück mit einem im wesentlichen gleichmässigen Polierdruck von den Polierelementen beaufschlagt wird, was letztlich dazu führt, dass verschiedene Bereiche der Oberfläche annähernd gleiche Oberflächenrauheiten aufweisen und an allen zu polierenden Flächen der Turbinenschaufel eine genügend kleine Rauheit erreichbar ist.

[0017] Die Führungsvorrichtung umfasst dazu mindestens zwei Führungselemente, die durch mindestens ein Abstandselement beabstandet sind. Desweiteren weist die Führungsvorrichtung eine Halterung zur Positionierung des Werkstücks zwischen den Führungselementen auf. Dabei sind die Führungselemente derart angeordnet und ausgestaltet, dass das Werkstück in Bezug auf die Begrenzungswände eines Polierbehälters, in welchem das Werkstück, bevorzugt durch Vibropolishing, poliert wird, berührungslos im Polierbehälter führbar ist.

[0018] Dabei kann die Halterung, die zur Positionierung des Werkstücks in der Führungsvorrichtung geeignet ist, in einer bevorzugten Ausführungsvariante ein Abdeckelement umfassen, das es gestattet, einen Bereich der Oberfläche des Werkstücks abzudecken, der nicht poliert werden soll. Das Abdeckelement ist dabei bevorzugt aus einem geeigneten Kunststoff aufgebaut, kann je nach Erfordernissen jedoch auch aus anderen Materialien, beispielsweise aus einem Metall oder aus einer Keramik, aufgebaut sein. Dabei ist es durchaus möglich, dass zur Abdeckung verschiedener Bereiche des Werkstücks mehrere Abdeckelemente vorgesehen sind, die nicht Teil der Halterung sein müssen. Zweckmässigerweise kann die Halterung / oder das Abdeckelement zwei- oder mehrteilig ausgeführt sein, so dass das Werkstück auf einfache Weise in der Halterung und / oder im Abdeckelement montiert werden kann. Die Halterung / und oder die Abdeckelemente werden bevorzugt durch Befestigungsmittel an einem oder mehreren Führungselementen und / oder einem oder mehreren Abstandselementen befestigt. Die Befestigungselemente können beispielsweise durch elastische Kunststoffbänder, durch Metallbänder, die mit Hilfe geeigneter Einrichtungen zur Fixierung des Werkstücks gespannt werden können, oder auch beispielsweise durch Schrauben oder jedes andere geeignete Befestigungsmittel realisiert sein. Dabei kann das Abdeckelement und / oder die Halterung selbstverständlich auch einteilig ausgestaltet sein.

[0019] Insbesondere ist es bei einer besonderen Ausführungsvariante der erfindungsgemässen Führungsvorrichtung auch möglich, dass mehrere Halterungen zur Positionierung des Werkstücks vorgesehen sind. So kann das Werkstück beispielsweise gleichzeitig durch mehrere Halterungen, von welchen jeweils eine oder

mehrere an je einem Führungselement und / oder an einem Abstandselement fixiert sind, zwischen den Abstandselementen geeignet positioniert werden.

[0020] Bevorzugt sind die Führungselemente ringförmig bzw. in Form einer Kreisscheibe ausgestaltet, wobei die Führungselemente durch die Abstandselemente derart parallel zueinander angeordnet und ausgestaltet sind, dass die Führungsvorrichtung um eine Längsachse frei rotierbar ist und das Werkstück im Polierbehälter so geführt werden kann, dass das Werkstück mit den Begrenzungswänden des Polierbehälters nicht in Kontakt kommt. Die Führungsvorrichtung wird bevorzugt derart im Polierbehälter angeordnet, dass die Längsachse der Führungsvorrichtung, um die die Führungsvorrichtung frei drehbar ist, im wesentlichen senkrecht auf der Richtung der wirkenden Schwerkraft steht, d.h. die Längsachse der Führungsvorrichtung wird bevorzugt in horizontaler Richtung im Polierbehälter angeordnet. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Führungsvorrichtung in jeder beliebigen anderen Orientierung im Polierbehälter zu positionieren.

[0021] Bei dem erfindungsgemässen Verfahren zum Polieren von porösen Oberflächenbeschichtungen eines Werkstücks, insbesondere eines rotationsasymmetrischen Werkstücks, wird das Werkstück mittels einer Führungsvorrichtung in einem Polierbehälter geführt, wobei die Führungsvorrichtung zwei, durch mindestens ein Abstandselement beabstandete Führungselemente, sowie eine Halterung zur Positionierung des Werkstücks zwischen den zwei Führungselementen aufweist. Das Werkstück wird dabei in Bezug auf den Polierbehälter berührungslos im Polierbehälter geführt.

[0022] Das Polieren eines Werkstücks wird dabei bevorzugt in einem Vibrationspolierverfahren, zum Beispiel durch Vibropolishing, mit Hilfe von Polierelementen durchgeführt.

[0023] Der Polierbehälter, der in an sich bekannter Weise an sich bekannte Polierelemente enthält wird durch ebenfalls bekannte Einrichtungen in Vibration versetzt, so dass das in einer Führungsvorrichtung fixierte Werkstück, welche Führungsvorrichtung geeignet im Polierbehälter positioniert ist, durch die ungeordnete Bewegung der Polierelemente, die sich gesamthaft analog einer zähen Flüssigkeit verhalten, poliert wird. Als Polierelemente können pyramiden- oder tetraederförmige Polierelemente, beispielsweise aus Stahl, Korund oder anderen geeigneten Materialien, mit typischen Abmessungen im Bereich von einigen Millimetern zum Einsatz kommen. Selbstverständlich können auch Polierelemente anderer Grösse oder aus anderen Materialien vorteilhaft eingesetzt werden.

[0024] Durch die Ausgestaltung der erfindungsgemässen Führungsvorrichtung führt die Führungsvorrichtung beim Poliervorgang in einem Polierbehälter, auch mit rotationsasymmetrischen Werkstücken wie Turbinenschaufeln, bevorzugt Drehbewegungen um eine Längsachse aus, so dass eine gleichmässige Rauheit der polierten Oberflächen, insbesondere der polierten porösen

Wärmedämmschichten (TBC-Schichten), erreicht wird.

[0025] Bevorzugt wird die erfindungsgemässe Führungsvorrichtung zum Polieren von Turbinenschaufeln mit Yttriumstabilisierten Wärmedämmschichten auf ZrO_2 -Basis verwendet. Solche keramischen Wärmedämmschichten umfassen typischerweise 92 % ZrO_2 , 8 % Y_2O_3 , wobei in der Wärmedämmschicht bei einer Porosität von 5 % bis 20 % die Korngrößen typischer zwischen 45 μm und 125 μm liegen.

[0026] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Verfahrens zum Polieren von porösen Oberflächenschichten wird eine rotationsymmetrische Turbinenschaufel in einer Halterung, die gleichzeitig als Abdeckelement fungiert, fixiert. Das Abdeckelement ist dabei bevorzugt zweiteilig ausgeführt, so dass die Turbinenschaufel auf einfache Weise in der Halterung bzw. dem Abdeckelement montiert bzw. demontiert werden kann.

[0027] Die erfindungsgemässe Führungsvorrichtung, sowie das erfindungsgemässe Verfahren werden insbesondere zum Polieren einer porösen Wärmedämmschicht (TBC - Schicht) einer Turbinenschaufel eingesetzt, wobei die nach dem erfindungsgemässen Verfahren polierte Turbinenschaufel mit poröser Wärmedämmschicht eine Oberflächenrauheit von weniger als 15 μm , insbesondere von weniger als 8 μm , speziell weniger als 4 μm aufweist.

[0028] Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Führungsvorrichtung mit Halterung und Abdeckelement im Schnitt;

Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1;

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel einer Führungsvorrichtung gemäss Fig. 1 mit Polierbehälter;

Fig. 4 Turbinenschaufel mit poröser Wärmedämmschicht;

Fig. 5 zerlegbares Abdeckelement mit Turbinenschaufel.

[0029] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Schnittdarstellung eine erfindungsgemässe Führungsvorrichtung, die im folgenden gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet wird. Die Führungsvorrichtung 1 umfasst zwei Führungselemente 6, die durch zwei Abstandselement 5 beabstandet sind. Desweiteren weist die Führungsvorrichtung 1 eine Halterung 7 zur Positionierung eines Werkstücks 2 zwischen den Führungselementen 6 auf. Dabei sind die Führungselemente 6 derart angeordnet und ausgestaltet, dass das Werkstück 2 in Bezug auf einen in Fig. 1 nicht gezeigten Polierbehälter 4 berührungslos im Polierbehälter 4 fahrbar ist. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die

Halterung 7 ein Abdeckelement 8, das es gestattet einen Bereich der Oberfläche 9 des Werkstücks 2 abzudecken, der nicht poliert werden soll. Das Abdeckelement 8 ist dabei bevorzugt aus einem geeigneten Kunststoff aufgebaut, kann je nach Erfordernissen jedoch auch aus anderen Materialien aufgebaut sein. Dabei ist es durchaus möglich, dass mehrere Abdeckelemente 8 vorgesehen sind, um verschiedene Bereiche des Werkstücks 2 abzudecken, die nicht poliert werden sollen. Wie durch die Linie 81 angedeutet, ist das Abdeckelement 8 zweiteilig ausgeführt und das Werkstück 2 wird durch Befestigungsmittel 82 in der Halterung 7 fixiert. Die Befestigungsmittel 82 können, wie in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel, durch elastische Kunststoffbänder 82 realisiert sein. Es können natürlich auch andere Befestigungsmittel 82, wie Metallbänder 82, die mit Hilfe geeigneter Einrichtungen zur Fixierung des Werkstücks 2 gespannt werden können, oder auch beispielsweise Schrauben 82 oder jedes andere geeignete Befestigungsmittel 82 vorteilhaft Verwendung finden. Dabei kann das Abdeckelement 8 und / oder die Halterung 7 selbstverständlich auch dreiteilig zerlegbar ausgestaltet sein oder mehr als drei Teile umfassen. Insbesondere kann das Abdeckelement 8 und / oder die Halterung 7 selbstverständlich auch einteilig ausgestaltet sein.

[0030] In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 dargestellt, bei welchem die Halterung 7 zur Positionierung des Werkstücks 2, das hier beispielhaft als Turbinenschaufel T dargestellt ist, zwischen den Führungselementen 6 an einem Abstandselement 5 fixiert ist. Das Abdeckelement 8 ist in diesem Ausführungsbeispiel einteilig ausgeführt und dient hier zur Abdeckung der Anstreifkante der Turbinenschaufel T, wobei in einer anderen Ausführungsform durchaus weitere Abdeckelemente 8 vorgesehen sein können. Die Halterung 7 ist mehrteilig ausgeführt und das Werkstück 2, bzw. die Turbinenschaufel T wird durch Schrauben 82 in der Halterung 7 fixiert, wobei selbstverständlich auch andere Befestigungsmittel 82 geeignet sein können.

[0031] Insbesondere ist es möglich, dass mehrere Halterungen 7 zur Positionierung des Werkstücks 2 vorgesehen sind. So kann das Werkstück 2 beispielsweise gleichzeitig durch mehrere Halterungen 7, von welchen jeweils eine oder mehrere an je einem Führungselement 6 und / oder an einem Abstandselement 5 fixiert sind, zwischen den Abstandselementen 5 positioniert werden.

[0032] In Fig. 3 ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Führungsvorrichtung 1 dargestellt, die ein rotationsasymmetrisches Werkstück 2 in einem Polierbehälter 4 führt. Die beiden Führungselemente 6 sind jeweils ringförmig bzw. in Form einer Kreisscheibe ausgestaltet, wobei die Halterung 7 mit dem Werkstück 2 auf dem Führungselement 6 angeordnet ist, das in Form einer Kreisscheibe ausgestaltet ist. Selbstverständlich können auch beide Führungselemente 6 als Kreisscheiben oder ringförmig ausgestaltet sein und es ist darüber hinaus auch möglich, dass mehr als zwei Führungselemente 6 vorgesehen sind. Die Führungselemente 6 sind

durch zwei Abstandselemente 5 beabstandet, wobei unter Umständen in einer speziellen Ausführungsform der erfindungsgemässen Führungsvorrichtung 1 auch nur ein Abstandselement 5 zur Beabstandung der Führungselemente 6 vorgesehen sein kann. Insbesondere können, beispielsweise bei schweren Werkstücken, auch mehr als zwei Abstandselemente 5 vorgesehen sein. Bei dem in Fig. 3 dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Führungsvorrichtung 1 sind die beiden Führungselemente 6 derart parallel zueinander angeordnet und ausgestaltet, dass die Führungsvorrichtung 1 um eine Längsachse L, die senkrecht auf den Führungselementen 6 steht, frei rotierbar ist und das Werkstück 2 im Polierbehälter 4 so führbar ist, dass das Werkstück 2 mit Begrenzungswänden 41 des Polierbehälters 4 nicht in Kontakt kommt. Die Führungsvorrichtung 1 ist dabei bevorzugt derart im Polierbehälter 4 angeordnet, dass die Längsachse L im wesentlichen senkrecht auf der Richtung der wirkenden Schwerkraft steht, d.h. die Längsachse L der Führungsvorrichtung 1 liegt darstellungsgemäss im wesentlichen in horizontaler Richtung. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Führungsvorrichtung 1 in jeder beliebigen anderen Orientierung im Polierbehälter 4 zu positionieren. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 3 wird der Polierbehälter 4, der Polierelemente 10 enthält von nicht gezeigten Einrichtungen in Vibration versetzt, so dass das Werkstück 2 durch die ungeordnete Bewegung der Polierelemente 10, die sich gesamthaft analog einer zähen Flüssigkeit verhalten, poliert wird. Durch die Ausgestaltung der Führungsvorrichtung 1 kann die Führungsvorrichtung 1 Drehbewegungen um die Längsachse L ausführen, so dass eine gleichmässige Rauheit der polierten Oberflächen, insbesondere der porösen Oberflächenbeschichtung 3 des Werkstücks 2 erreichbar ist.

[0033] Bevorzugt wird die erfindungsgemässe Führungsvorrichtung 1 beim Polieren eines Werkstücks 2 in Form einer Turbinenschaufel T verwendet, welche Turbinenschaufel T insbesondere eine poröse Oberflächenbeschichtung 3 in Form einer Wärmedämmschicht 3 umfassen kann. In Fig. 4 ist eine Turbinenschaufel T schematisch dargestellt. Die Turbinenschaufel T umfasst ein Fussprofil F mit Fussplatte P und ein Blatt B, wobei das Blatt B und die Fussplatte P mit einer porösen Oberflächenbeschichtung 3, insbesondere mit einer keramischen Wärmedämmschicht 3 auf ZrO_2 Basis, versehen ist, wobei das Fussprofil F nicht poliert werden soll.

[0034] Zum Polieren wird die Turbinenschaufel T, wie in Fig. 5 beispielhaft dargestellt, in einer Halterung 7, die gleichzeitig als Abdeckelement 8 fungiert, fixiert. Das Abdeckelement 8 ist bei dem in Fig. 5 gezeigten Ausführungsbeispiel zweiteilig ausgeführt, wobei in Fig. 5 nur diejenige Hälfte des Abdeckelementes 8 dargestellt ist, die am Führungselement 6 durch nicht dargestellte Befestigungsmittel 82 befestigt ist. Zum Polieren wird die in Fig. 5 dargestellte Hälfte des Abdeckelementes 8 durch eine zweite Hälfte derart ergänzt, dass das Fussprofil F durch das Abdeckelement 8 abgedeckt wird und damit

das Fussprofil F beim Poliervorgang im Polierbehälter 4 nicht poliert wird.

[0035] Es wird somit erfindungsgemäss eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Polieren einer porösen Oberflächenbeschichtung rotationsasymmetrischer Werkstücke, zur Verfügung gestellt, wobei das Werkstück beim Polieren in einem Polierbehälter ohne externe Befestigungsmittel geführt werden kann. Dadurch werden wirksam unvertretbar hohe mechanische Belastungen auf das Werkstück vermieden, die im schlimmsten Fall zu Schädigungen des Werkstücks und / oder der zu behandelnden Oberflächen führen können. Darüberhinaus verhindert die erfindungsgemässe Führungsvorrichtung, dass die zu polierenden Werkstücke mit den Begrenzungswänden des Polierbehälters, beispielsweise eines Trogvibrators, mit eventuell vorhandenen Trennschiebern und / oder mit benachbarten Werkstücken in direkten Kontakt treten, wodurch Beschädigungen am Werkstück bzw. an empfindlichen Bereichen der Oberfläche des Werkstücks, insbesondere an Kanten, praktisch auszuschliessen sind. Beschädigungen der zuvor beschriebenen Art können zusätzlich durch geeignete Maskierung in Form von Abdeckelementen minimiert werden.

[0036] Ein weiterer wesentlicher Vorteil der erfindungsgemässen Führungsvorrichtung und des erfindungsgemässen Verfahrens zum Polieren von porösen Oberflächenschichten besteht darin, dass insbesondere bei rotationsasymmetrischen Werkstücken wie Turbinenschaufeln hinreichend geringe Oberflächenrauheiten und / oder in hohem Masse gleichmässig polierte Oberflächen herstellbar sind. Dadurch, dass sich die Führungsvorrichtung mit dem Werkstück im Polierbehälter zwischen den Polierelementen gleichmässig um eine Achse drehen kann und dadurch die unterschiedlich orientierten Flächen der Turbinenschaufel beim Polieren mit gleichmässigem Polierdruck von den Polierelementen beaufschlagt werden, wird die zuvor hervorgehobene hohe Güte der polierten Oberflächen erreicht.

Patentansprüche

1. Vibrationspoliervorrichtung umfassend eine Führungsvorrichtung (1) zur Führung eines Werkstücks (2) mit einer porösen Oberflächenbeschichtung (3) in einem Polierbehälter (4), insbesondere eines rotationsasymmetrischen Werkstücks (2), wobei die Führungsvorrichtung (1) zwei, durch mindestens ein Abstandselement (5) beabstandete Führungselemente (6), sowie eine Halterung (7) zur Positionierung des Werkstücks (2) zwischen den zwei Führungselementen (6) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (2) in einer beliebigen Orientierung in Bezug auf den Polierbehälter (4) berührungslos im Polierbehälter (4) führbar ist, wobei die Führungsvorrichtung (1) in einer beliebigen Position im Polierbehälter (4) positionierbar ist, und die Führungsvorrichtung (1) im Polierbehälter (4) frei

beweglich und frei rotierbar ist.

2. Vibrationspoliervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Führungselemente (6) ringförmig und / oder in Form einer Kreisscheibe ausgestaltet und parallel zueinander angeordnet sind. 5
3. Vibrationspoliervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Abdeckelement (8) zur Abdeckung eines Oberflächenbereichs (9) des Werkstücks (2) vorgesehen ist. 10
4. Vibrationspoliervorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Alterung (7) und / oder das Abdeckelement (8) mehrteilig zerlegbar ausgestaltet ist. 15
5. Vibrationspoliervorrichtung zum Polieren von porösen Oberflächenschichten (3) eines Werkstücks (2), insbesondere eines rotationsasymmetrischen Werkstücks (2), bei welchem Verfahren das Werkstück (2) mittels einer Führungsvorrichtung in einem Polierbehälter (4) geführt wird, wobei die Führungsvorrichtung zwei, durch mindestens ein Abstandselement (5) beabstandete Führungselemente (6), sowie eine Halterung (7) zur Positionierung des Werkstücks (2) zwischen den zwei Führungselementen (6) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (2) in einer beliebigen Orientierung in Bezug auf den Polierbehälter (4) berührungslos im Polierbehälter (4) geführt wird, wobei die Führungsvorrichtung in einer beliebigen Position im Polierbehälter positionierbar ist und die Führungsvorrichtung im Polierbehälter frei beweglich und frei rotierbar ist. 20 25 30
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei welchem das Polieren in einem Vibrationspoliervorrichtung mit Hilfe von Polierelementen (10) durchgeführt wird. 35
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei die poröse Oberflächenschicht (3) eine poröse Wärmedämmschicht (3), insbesondere eine keramische Wärmedämmschicht (3) auf ZrO_2 Basis ist. 40
8. Verwendung einer Vibrationspoliervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 oder eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 5 bis 7 zum Polieren einer porösen Wärmedämmschicht (3) einer Turbinenschaufel (T). 45

Claims

1. A vibration polishing apparatus including a guide apparatus (1) for the guiding of a workpiece (2) having a porous surface coating (3) in a polishing container (4), in particular for the guiding of a rotationally asymmetrical workpiece (2), wherein the guide apparatus (1) has two guide members (6) spaced apart by at 55

least one spacer (5) as well as a holder (7) for the positioning of the workpiece (2) between the two guide members (6), **characterised in that** the workpiece (2) can be guided in any desired orientation in the polishing container (4) in a non contact manner with respect to the polishing container (4), with the guide apparatus (1) being positionable in any desired position in the polishing container (4) and with the guide apparatus (1) being freely movable and freely rotatable with respect to the polishing container (4).

2. A vibration polishing apparatus in accordance with claim 1, wherein the guide members (6) are designed in ring shape and/or in the form of a circular disc and are arranged parallel to one another.
3. A vibration polishing apparatus in accordance with claim 1 or claim 2, wherein a cover member (8) is provided for the covering of a surface region (9) of the workpiece (2).
4. A vibration polishing apparatus in accordance with claim 3, wherein the holder (7) and/or the cover member (8) is/are made to be able to be dismantled in multiple parts.
5. A vibration polishing method for the polishing of porous surface layers (3) of a workpiece (2), in particular of a rotationally asymmetrical workpiece (2), in which method the workpiece (2) is guided in a polishing container (4) by means of a guide apparatus, with the guide apparatus having two guide members (6) spaced apart by at least one spacer (5) as well as a holder (7) for the positioning of the workpiece (2) between the two guide members (6), **characterised in that** the workpiece (2) is guided in any desired orientation in the polishing container (4) in a non contact manner with respect to the polishing container (4), with the guide apparatus being positionable in any desired position in the polishing container and with the guide apparatus being freely movable and freely rotatable in the polishing container.
6. A method in accordance with claim 5, in which the polishing is carried out in a vibration polishing method with the aid of polishing elements (10).
7. A method in accordance with claim 5 or claim 6, wherein the porous surface layer (3) is a porous heat insulating layer (3), in particular a ceramic heat insulating layer (3) based on ZrO_2 . 50
8. Use of a vibration polishing apparatus in accordance with any one of the claims 1 to 4, or of a method in accordance with any one of the claims 5 to 7, for the polishing of a porous heat insulating layer (3) of a turbine vane (T).

Revendications

1. Dispositif de polissage vibrant comprenant un dispositif de guidage (1) pour le guidage d'une pièce (2) avec un revêtement de surface poreux (3) dans un contenant de polissage (4), en particulier d'une pièce (2) asymétrique en rotation, où le dispositif de guidage (2) présente deux éléments de guidage (6) espacés par au moins un élément d'écartement (5), ainsi qu'un support (7) pour le positionnement de la pièce (2) entre les deux éléments de guidage (6), **caractérisé en ce que** la pièce (2) peut être guidée selon une orientation sélective par rapport au contenant de polissage (4) sans contact dans le contenant de polissage (4), où le dispositif de guidage (1) peut être positionné dans une position sélective dans le contenant de polissage (4), et le dispositif de guidage (1) est librement mobile et peut tourner librement dans le contenant de polissage (4). 5 10 15 20
2. Dispositif de polissage vibrant selon la revendication 1, où les éléments de guidage (6) sont réalisés en une forme annulaire et/ou en une forme d'un disque circulaire et sont disposés parallèlement l'un à l'autre. 25
3. Dispositif de polissage vibrant selon la revendication 1 ou 2, où un élément de recouvrement (8) est prévu pour recouvrir une zone de surface (9) de la pièce (2). 30
4. Dispositif de polissage vibrant selon la revendication 3, où le support (7) et/ou l'élément de recouvrement (8) sont réalisés d'une manière démontable en plusieurs parties. 35
5. Procédé de polissage vibrant pour le polissage de couches de surface poreuses (3) d'une pièce (2), en particulier d'une pièce asymétrique en rotation (2), procédé dans lequel la pièce (2) est guidée au moyen d'un dispositif de guidage dans un contenant de polissage (4), où le dispositif de guidage présente deux éléments de guidage (6) espacés par au moins un élément d'écartement (5), ainsi qu'un support (7) pour le positionnement de la pièce (2) entre les deux éléments de guidage (6), **caractérisé en ce que** la pièce (2) est guidée selon une orientation sélective par rapport au contenant de polissage (4) sans contact dans le contenant de polissage (4), où le dispositif de guidage peut être positionné dans une position sélective dans le contenant de polissage, et le dispositif de guidage est déplaçable librement et peut tourner librement dans le contenant de polissage. 40 45 50
6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le polissage est exécuté par un procédé de polissage vibrant à l'aide d'éléments de polissage (10). 55
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, où la couche de surface poreuse (3) est une couche calorifuge poreuse (3), en particulier une couche calorifuge céramique (3) à base de ZrO_2 .
8. Utilisation d'un dispositif de polissage vibrant selon l'une des revendications 1 à 4 ou d'un procédé selon l'une des revendications 5 à 7 pour le polissage d'une couche calorifuge poreuse (3) d'une aube de turbine (T).

Fig.1

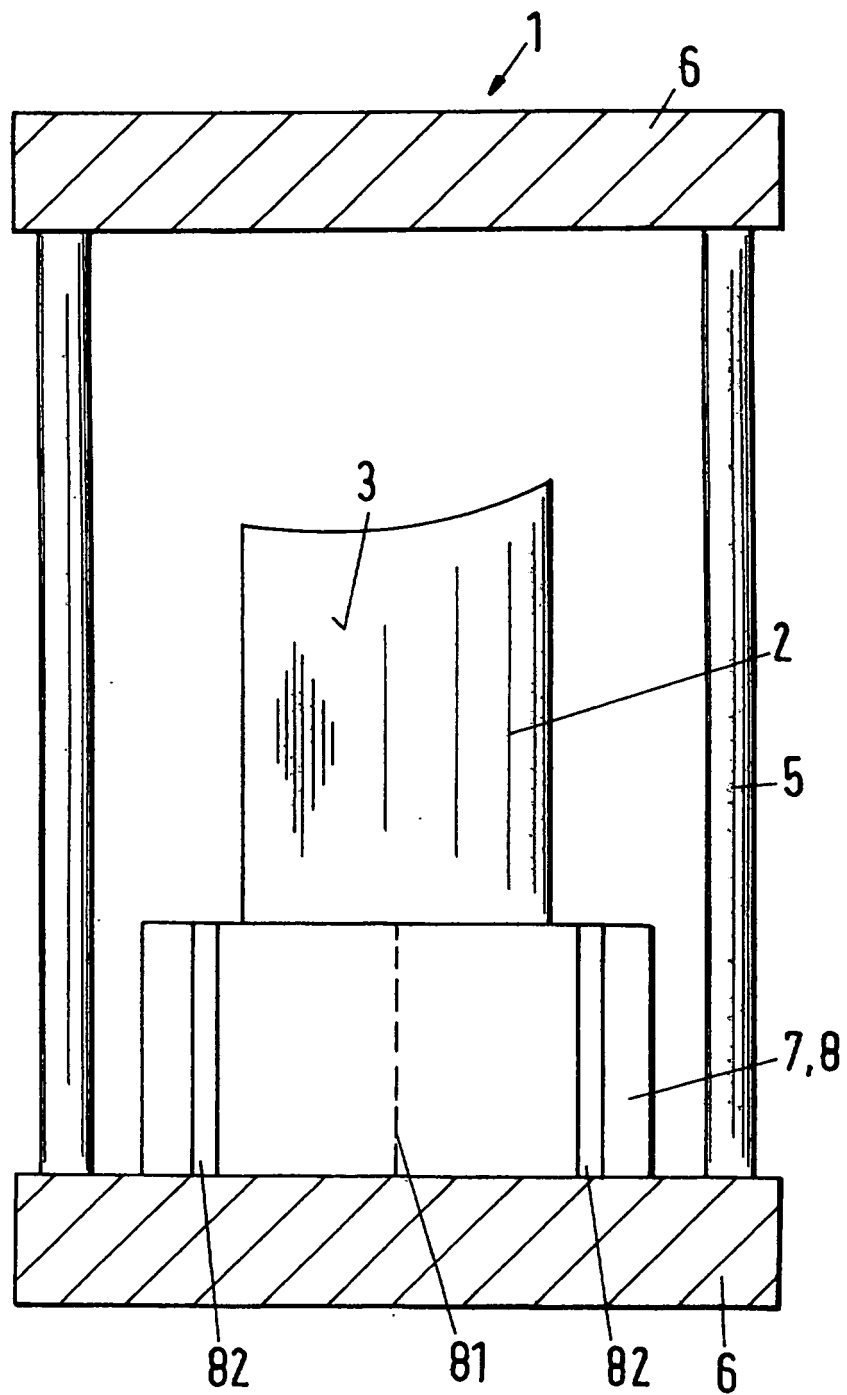


Fig.2

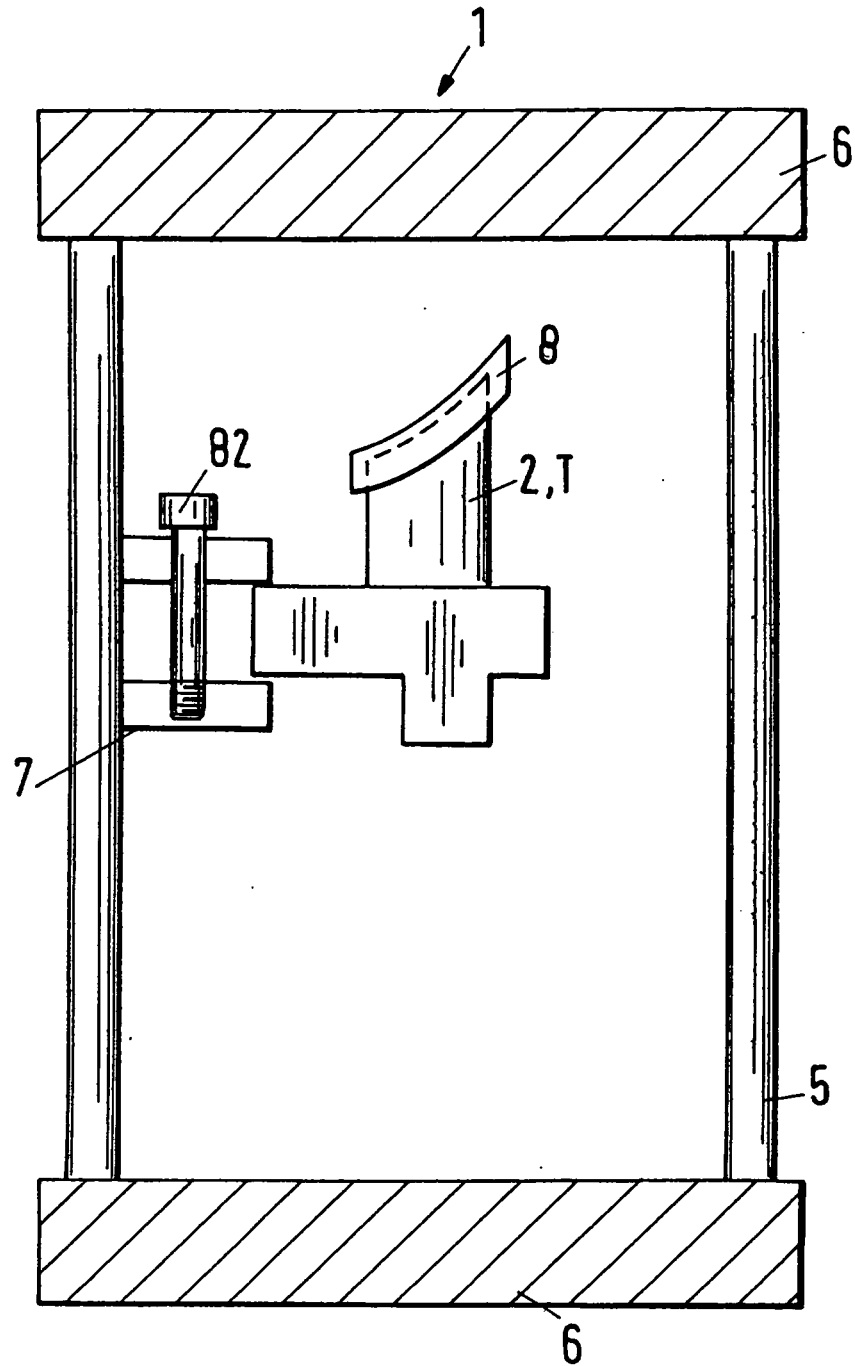


Fig.3

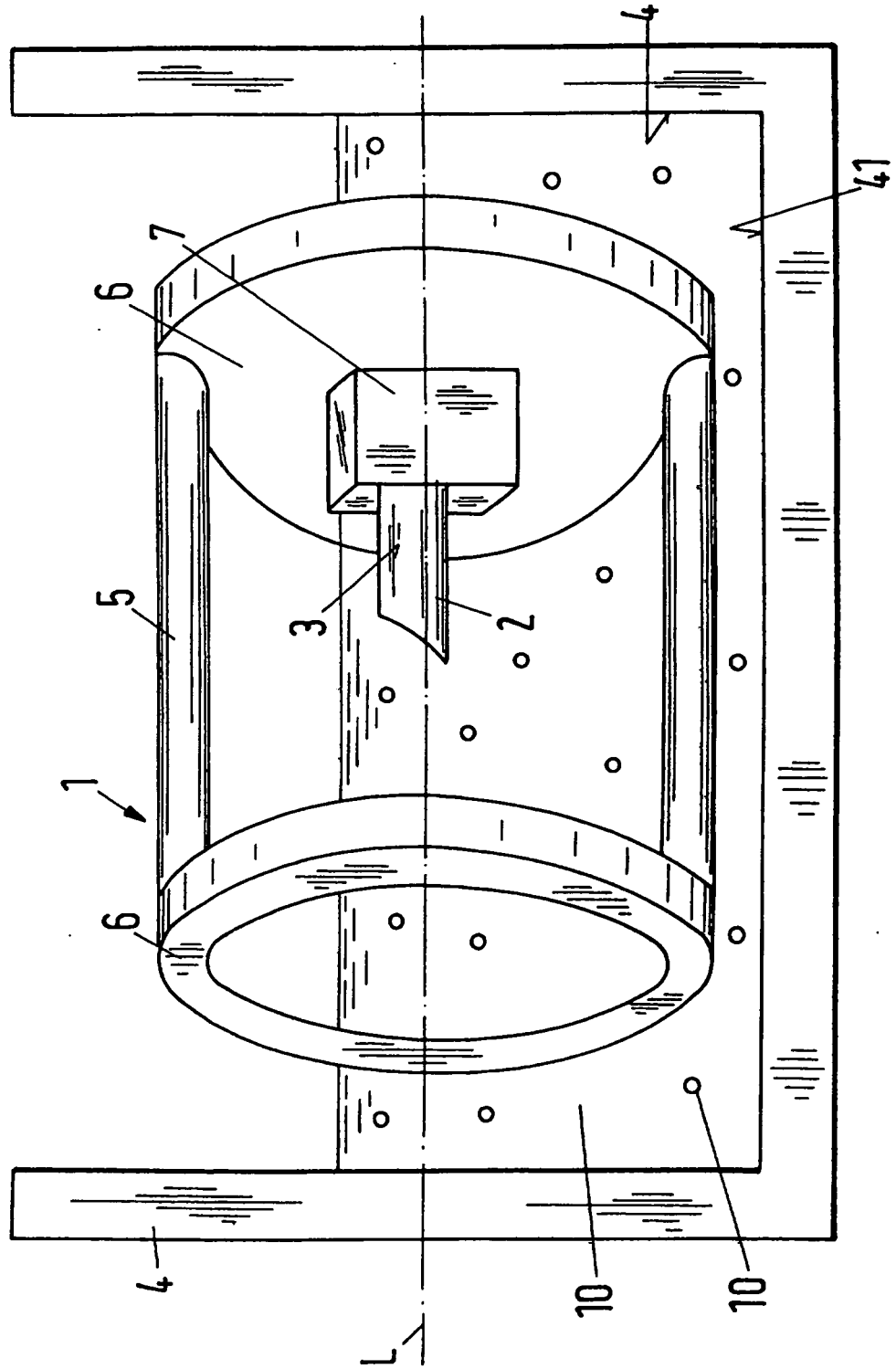


Fig.4

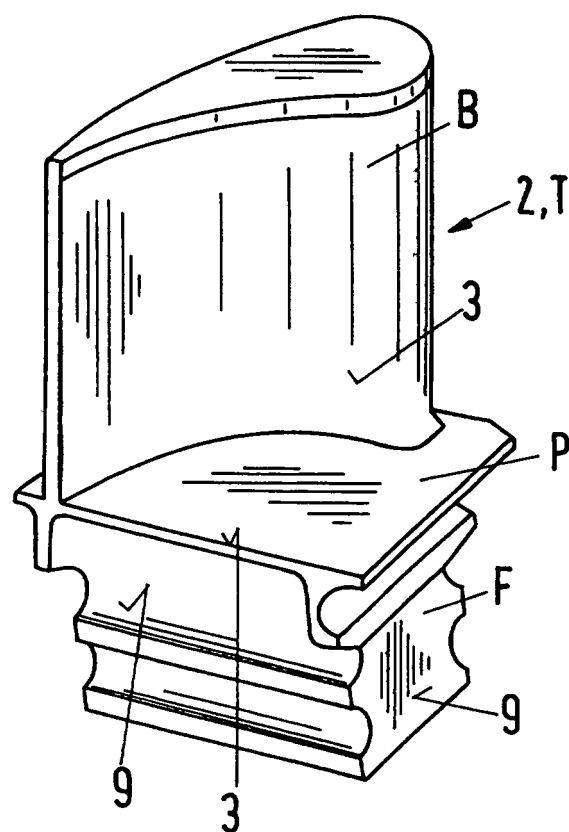
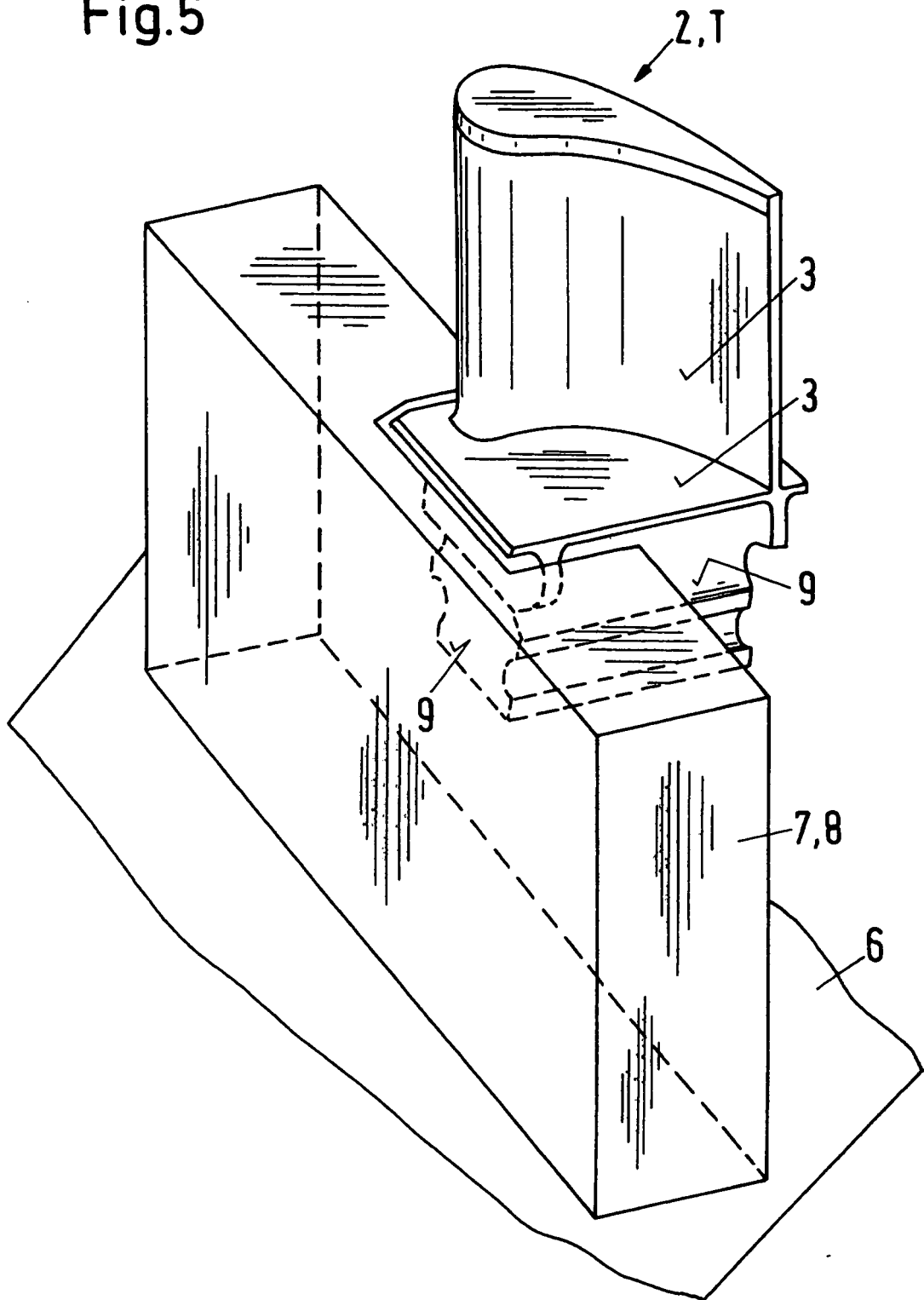


Fig.5



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 1482923 A [0001]