(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 620 548 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.03.2020 Patentblatt 2020/11

(51) Int Cl.:
C23C 10/20 *(2006.01)* ***C23C 10/08*** *(2006.01)*
C23C 12/00 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **19196205.9**

(22) Anmeldetag: **09.09.2019**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **10.09.2018 DE 102018215313**

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Walter, Heinrich**
  86316 Friedberg (DE)
- **Utz, Philipp**
  85757 Karlsfeld (DE)
- **Frommherz, Martin**
  85521 Ottobrunn (DE)
- **Hilser, Ludwig**
  München 80997 (DE)

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES OXIDATIONSBESTÄNDIGEN BAUTEILS AUS EINER MOLYBDÄN-BASISLEGIERUNG

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines gegen Hochtemperaturoxidation geschützten Bauteils aus einer Mo - Basislegierung und ein entsprechend hergestelltes Bauteil, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
Bereitstellen eines Halbzeugs aus einer Mo - Basislegierung,
Bereitstellen eines Si - haltigen Schlickers oder eines Si - haltigen Pulvers,
Aufbringen des Schlickers auf das Halbzeug und Diffusionsglühen des Halbzeugs mit dem aufgebrachten Schlicker zur Bildung einer Si - haltigen Randschicht
oder
Überführen zumindest eines Teiles des im Pulver enthaltenen Siliziums über die Gasphase auf das Halbzeug durch eine Diffusionswärmebehandlung des Halbzeugs mit dem beabstandet von dem Halbzeug, aber benachbart zum Halbzeug angeordneten Si - haltigen Pulver.

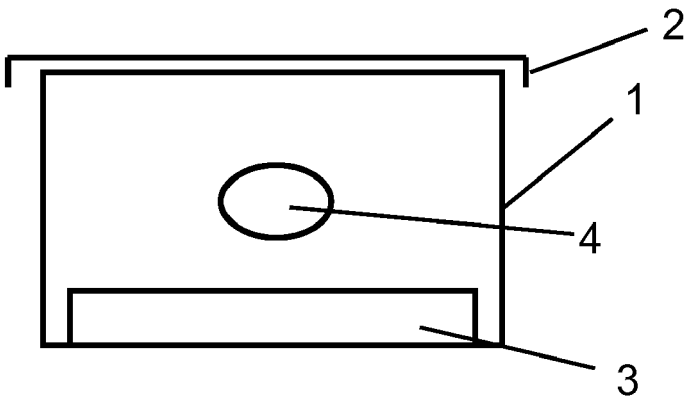


Fig. 1

EP 3 620 548 A1

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Hochtemperaturoxidationsbeständigkeit von molybdänbasierten Legierungen bzw. Molybdän - Basislegierungen. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein entsprechend hergestelltes Bauteil aus einer Molybdän - Basislegierung, welches insbesondere ein Bauteil einer Strömungsmaschine und insbesondere eines Flugtriebwerks sein kann.

STAND DER TECHNIK

[0002] Molybdän und seine Legierungen sind aufgrund des hohen Schmelzpunkts und der guten Korrosionsbeständigkeit interessante Werkstoffe für Hochtemperaturanwendungen. Allerdings ist es für die Vermeidung von Hochtemperaturoxidation erforderlich, zumindest die Oberflächenbereiche eines entsprechenden Bauteils aus Molybdän oder einer molybdänbasierten Legierung so weit mit Silizium anzureichern, dass das Silizium mit dem Sauerstoff eine langsam wachsende Siliziumoxidschicht ausbildet, die das Bauteil vor einer weiteren Oxidation schützt.

[0003] Zu diesem Zweck ist es bereits bekannt Bauteile aus molybdänbasierten Legierungen in einer Pulverpackung aus siliziumhaltigem Pulver einer Diffusionswärmebehandlung zu unterziehen, sodass durch Diffusionsvorgänge Silizium in den oberflächennahen Bereichen des molybdänbasierten Bauteils angereichert werden kann. Allerdings hat das bekannte Pulverpackverfahren den Nachteil, dass es sehr lange Bearbeitungszeiten erfordert. Darüber hinaus kann es bei der Diffusionswärmebehandlung zu einem Zusammenbacken der Pulverpartikel, die das Bauteil umgeben, kommen, sodass das Bauteil nach der entsprechenden Diffusionswärmebehandlung aus einer festen Hülle gelöst werden muss, was zu Beschädigungen an dem Bauteil führen kann. Außerdem ist auch die Entfernung des zusammengebackenen siliziumhaltigen Pulvers zeitaufwändig.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0004] Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren bereitzustellen, mit dem gegenüber dem Stand der Technik auf einfachere Weise ein gegen Hochtemperaturoxidation beständiges molybdänbasiertes Bauteil hergestellt werden kann, wobei insbesondere eine verbesserte Verfahrenseffizienz gegeben sein soll. Darüber hinaus soll jedoch das Bauteil auch zuverlässig vor Hochtemperaturoxidation geschützt sein.

TECHNISCHE LÖSUNG

[0005] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Bauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 12. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0006] Die Erfindung schlägt zur Lösung der Probleme im Stand der Technik vor, das Silizium entweder über eine flüssige oder eine gasförmige Phase an einem entsprechenden, vor Hochtemperaturoxidation zu schützenden Bereich eines molybdänbasierten Halbzeugs aufzubringen, um ein entsprechend geschütztes Bauteil zu erzeugen. Entsprechend umfasst das erfindungsgemäße Verfahren neben dem Bereitstellen eines molybdänbasierten Halbzeugs, entweder einen siliziumhaltigen Schlicker oder ein siliziumhaltiges Pulver bereitzustellen.

[0007] Der siliziumhaltige Schlicker wird auf die vor Hochtemperaturoxidation zu schützenden Bereiche des Halbzeugs aufgebracht, wobei anschließend ein Diffusionglühen erfolgt, sodass Silizium aus dem Schlicker in zumindest die oberflächennahen Bereiche des molybdänbasierten Halbzeugs diffundieren kann, um dort Silizium für die Ausbildung einer Siliziumoxidschichten bereitzustellen.

[0008] Das siliziumhaltige Pulver wird bereitgestellt, um über die Gasphase Silizium in den oberflächennahen Bereich des Halbzeugs einzubringen. Statt das Halbzeug jedoch in einer Pulverpackung anzuordnen, wird das siliziumhaltige Pulver beabstandet von dem zu schützenden Halbzeug angeordnet, sodass bei einer Diffusionswärmebehandlung des Halbzeugs mit dem siliziumhaltigen Pulver das Silizium in die Oberfläche des Halbzeugs diffundieren kann.

[0009] Nach dem Anreichern von oberflächennahen Bereichen des Halbzeugs mit Silizium kann das so vorbereitete Halbzeug zusätzlich durch eine Oxidationsbehandlung konditioniert werden, sodass an dem Bauteil bereits eine dünne, langsam wachsende Siliziumoxidschicht ausgebildet ist, die das Bauteil vor weiterer Oxidation schützt. Die Konditionierung kann durch eine Oxidationsbehandlung bei einer Temperatur von mehr als 900 °C, insbesondere im Temperaturbereich von 1000 °C bis 1400 °C, insbesondere bei 1380 °C für eine Dauer von bis zu 2 bis 100 Stunden, vorzugsweise

10 bis 15 Stunden, insbesondere 12 Stunden durchgeführt werden. Das Aufheizen auf die Behandlungstemperatur und das Abkühlen von der Behandlungstemperatur kann langsam erfolgen, insbesondere mit einer Heiz - und/oder Kühlrate kleiner oder gleich 10 K/min.

[0010] Die Konditionierung kann an Umgebungsluft oder mit speziell vorbereiteten sauerstoffhaltigen Gasen durchgeführt werden.

[0011] Das Halbzeug kann aus Mo - Legierungen mit Si und / oder Titan und / oder Bor und / oder Fe Verwendung finden. Der Anteil an Si kann hierbei im Bereich von 5 bis 25 at.% liegen, während Ti im Bereich von 0 bis 30 at.% und B im Bereich von 5 bis 15 at.% zulegiert sein können. Außerdem kann eine entsprechende Mo - Basislegierung bis zu 5 at.% Eisen aufweisen, wobei beliebige Kombinationen der Legierungselemente möglich sind, während der jeweilige Rest durch Mo gebildet ist.

[0012] Die Anreicherung von Silizium in zumindest Teilbereichen der Oberflächen des Halbzeugs über die Aufbringung eines Schlickers oder über die Gasphase erfolgt bei der vorliegenden Erfindung insbesondere unmittelbar auf den oben beschriebenen Werkstoffen der Halbzeuge, sodass keine zusätzlichen Zwischenschichten auf der Oberfläche des Halbzeugs erforderlich sind.

[0013] Bei der Diffusionswärmebehandlung zur Überführung des Siliziums über die Gasphase von dem siliziumhaltigen Pulver in das bereitgestellte, molybdänbasierte Halbzeug können Halogene in dem siliziumhaltigen Pulver enthalten sein, um die Diffusion des Siliziums in das Halbzeug zu verbessern. Als halogenhaltige Verbindungen können NH_4F, NH_4CL oder NaF eingesetzt werden.

[0014] Des Weiteren kann das siliziumhaltige Pulver für die Überführung des Siliziums über die Gasphase in das Halbzeug neben dem Siliziumpulver zusätzliche Bestandteile enthalten. Insbesondere kann ein Gemisch aus Siliziumpulver und Aluminiumoxid - Pulver Verwendung finden. Die zusätzlichen Bestandteile des Pulvers können als Füllmaterial dienen, die ein Zusammenbacken des Pulvers verhindern. Außerdem können zusätzliche Bestandteile die Gesamtmenge des Siliziums beeinflussen und die Gasphasenaktivität des Siliziums steuern. Das siliziumhaltige Pulver für die Übertragung des Siliziums über die Gasphase in das Halbzeug kann bei der Diffusionswärmebehandlung vorzugsweise in einem Keramikbehälter unterhalb des Halbzeugs angeordnet sein.

[0015] Die Diffusionswärmebehandlung des Halbzeugs mit dem beabstandet angeordneten siliziumhaltigen Pulver kann bei einer Temperatur von über 900 °C, insbesondere im Temperaturbereich von 1100 °C bis 1300 °C durchgeführt werden. Die Haltedauer bei der entsprechenden Wärmebehandlungstemperatur kann im Bereich von 0,5 bis 5 Stunden und vorzugsweise im Bereich von 1 bis 2 Stunden liegen. Für die Diffusionswärmebehandlung kann das Halbzeug mit dem Pulver in einer Schutzgasatmosphäre, beispielsweise einer Argon - Atmosphäre oder einer Wasserstoff - Atmosphäre angeordnet sein.

[0016] Der Schlicker kann Silizium haltiges Pulver oder Siliziumpulver sowie ein Lösungsmittel und ein Bindemittel umfassen.

[0017] Als Lösungsmittel kommen Wasser, Alkohole bzw. alkoholische Lösungsmittel oder flüssig-organische Lösungsmittel in Frage. Als Bindemittel können Polyvinylalkohole oder Harze eingesetzt werden. Der Schlicker kann weitere Bestandteile, wie beispielsweise Mo, W, B, Ta, Cr, Fe, Ti und Legierungen daraus, enthalten, wobei diese Komponenten entweder als Legierungsbestandteile im siliziumhaltigen Pulver enthalten sein können oder als separate Pulverpartikel beigefügt sein können. Beispielsweise können Bestandteile zur Steuerung der Siliziumaktivität oder der Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten der erzeugten Schicht und des Substrats bzw. Halbzeugs beigegeben werden.

[0018] Ferner kann der Schlicker weitere Bestandteile in Form von Oxid -, Karbid - oder Nitridpartikel enthalten, die in eine Siliziumoxidschicht auf dem Bauteil eingebaut werden können, um so die Viskosität der Oxidschicht zu verringern und ein Abfließen der Oxidschicht bei hohen Einsatztemperaturen des Bauteils zu verhindern. Entsprechend kann der Schlicker Aluminiumoxid, Zirkonoxid, Yttriumoxid, Hafniumoxid, Neodymoxid, Siliziumkarbid und / oder Siliziumnitrid enthalten.

[0019] Die Pulverpartikel können in dem Schlicker mit einer mittleren Korngröße oder einer maximalen Korngröße von 0,5 μm bis 100 μm und insbesondere 1-60 μm enthalten sein.

[0020] Der Schlicker kann durch Tauchen, Spritzen, Drucken und insbesondere durch Siebdruck oder Schablonendruck auf dem Halbzeug aufgebracht werden.

[0021] Das Diffusionsglühen des Halbzeugs mit dem aufgebrachten Schlicker kann bei Temperaturen über 900 °C und insbesondere bei Temperaturen von 1000 °C bis 1400 °C durchgeführt werden. Die Haltedauer bei der Glühtemperatur kann im Bereich von 1 bis 3 Stunden und insbesondere bei bis zu 2 Stunden liegen.

DEFINITIONEN

[0022] Sofern in der vorliegenden Beschreibung Positionsangaben verwendet werden, wie beispielsweise unten, oben oder dergleichen, so beziehen sich diese Angaben auf die übliche Position bei der Verwendung im Gravitationssystem der Erde, sodass oben die Position entfernt von der Erdoberfläche angibt, während unten in Richtung zur Erdoberfläche lokalisiert ist.

[0023] Unter molybdänbasierter Legierung bzw. Molybdän - Basislegierung wird bei der vorliegenden Erfindung eine Legierung verstanden, deren größter Bestandteil Molybdän ist. Auch Legierungen, bei denen eine Legierungskomponente einen gleich hohen oder ähnlich hohen Anteil in der Legierung hat wie Molybdän, soll entsprechend unter den Begriff der molybdänbasierten Legierung bzw. Molybdänbasislegierung fallen. Entsprechend werden unter molybdänbasierten Legierungen oder Molybdän - Basislegierungen Legierungen verstanden, die mehr als 50 Gewichts - oder Atomprozent Molybdän aufweisen.

[0024] Unter Hochtemperaturoxidation wird bei der vorliegenden Erfindung eine Oxidation bei Temperaturen verstanden, die höher sind als übliche Umgebungstemperaturen und insbesondere höher als 500 °C, vorzugsweise höher als 1000 °C.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0025] Die beigefügten Zeichnungen zeigen in rein schematischer Weise in

Fig. 1 eine Darstellung einer Anordnung zur Erzeugung einer Si - haltigen Randschicht über die Gasphase,
Fig. 2 in den Teilbildern a) und b) eine Darstellung der Aufbringung eines Schlickers auf ein Halbzeug,
Fig. 3 eine Darstellung eines Querschnitts durch den Randbereich eines gemäß der Darstellung der Fig. 1 oder 2 behandelten Halbzeugs, und in
Fig. 4 eine Darstellung eines Querschnitts durch den Randbereich des Halbzeugs aus Figur 2 nach einer Konditionierung.

AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0026] Weitere Vorteile, Kennzeichen und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung der Ausführungsbeispiele ersichtlich. Allerdings ist die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt.

[0027] Bei verschiedenen Ausführungsbeispielen sind als Werkstoffe der behandelten Halbzeuge technisch reines Molybdän, eine Molybdänlegierungen mit 9 at.% Silizium und 8 at.% Bor und Rest Molybdän sowie eine Molybdänlegierung mit 27 at.% Titan, 13,5 at.% Silizium, 5,5 at.% Bor und 1 at.% Eisen sowie Rest Molybdän verwendet worden. Bei Mo - Basislegierungen können zudem Oxide, wie La_2O_3, zu dem Material zugegeben werden. Eine Übersicht über Legierungen, aus denen das Halbzeug gefertigt sein kann, findet sich in der nachfolgenden Tabelle:

Anteil in at.% \ Legierung Nr.	Mo	Si	Ti	B	Fe	Nb	Hf	Al	Cr	W	V
1	Rest	9		8							
2	Rest	13,5	27	5,5	1						
3	Rest	9		8		2,7					

[0028] Die Figur 1 zeigt ein Beispiel für eine Anordnung zur Erzeugung einer Si - haltigen Randschicht in einem Halbzeug 4 über die Gasphase. Hierzu wird ein Behälter1, beispielsweise aus Aluminiumoxid, mit einem Deckel 2 bereitgestellt, in welchem sich ein Silizium - Pulver mit NH_4F befindet. Das zu bearbeitende Halbzeug 4 befindet sich oberhalb des Silizium - Pulvers, sodass bei einer Erwärmung des Behälters 1 in einer Argon - Atmosphäre auf eine Temperatur von ca. 1190 °C für eine Zeitdauer von 2 Stunden Silizium in die Randschicht des Halbzeugs 4 eindiffundieren kann.

[0029] Durch die Diffusionswärmebehandlung bildet sich ein Randbereich des Halbzeugs 4, wie er in der Figur 3 im Querschnitt dargestellt ist, aus. Oberhalb des Grundwerkstoffs 5 ist durch das Eindiffundieren von Silizium eine Silizid - Schicht 6 ausgebildet worden.

[0030] Nach der Ausbildung der Silizid - Schicht 6 durch die Wärmebehandlung unter Argon - Atmosphäre, wie sie schematisch in Figur 1 dargestellt worden ist, wird das Halbzeug 4 bei einer Temperatur von ca. 1400 °C für 8 Stunden an Luft ausgelagert, sodass sich oberhalb der Silizid - Schicht 6 eine Silikat - Schicht 8 durch Oxidation des Siliziums ausbildet, während zwischen der Silizid - Schicht 6 und dem Grundwerkstoff eine Interdiffusionsschicht 7 ausgebildet wird, die als Siliziumreservoir dient. Dieser Aufbau des Randbereichs ist in Fig. 4 dargestellt.

[0031] Die Figur 2 zeigt in den Teilbildern a) und b) ein alternatives Ausführungsbeispiel, bei dem die Silizid - Schicht 6 dadurch gebildet wird, dass ein Schlicker 12, der sich in einem Behälter 10 befindet, durch einen Pinsel 11 auf das Halbzeug 4 aufgetragen wird und anschließend eine Trocknung bei ca. 50 °C vorgenommen wird. Nachfolgend erfolgt eine Wärmebehandlung im Vakuum bei 1400 °C für 1 Stunde, sodass wiederum Silizium in den Grundwerkstoff 5 des

Halbzeugs 4 eindringen kann und eine Silizid - Schicht 6, wie sie in der Figur 3 dargestellt ist, ausgebildet wird. Das mit Silizium angereicherte Halbzeug 4 wird entsprechend konditioniert, sodass sich eine Ausbildung des Randbereichs gemäß der Darstellung der Figur 4 ergibt, wie sie oben bereits beschrieben worden ist.

[0032] Die Siliziumanreicherung mittels des Schlicker - Verfahrens kann selbstverständlich auf allen molybdänhaltigen Werkstoffen in gleicher Weise wie die Silizium - Gasphasenbeschichtung angewandt werden.

[0033] Der Schlicker ist bei einem Ausführungsbeispiel durch ein Silizium - Pulver mit der Körnung 45 μm in einer Wasserlösung gebildet, wobei der Schlicker - Lösung zusätzliche Komponenten, beispielsweise Bor - Pulver in einer Körnung von 35 μm oder dergleichen, zugesetzt werden kann.

[0034] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele detailliert beschrieben worden ist, ist für den Fachmann selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern dass vielmehr Abwandlungen in der Weise möglich sind, dass einzelne Merkmale weggelassen oder andersartige Kombinationen von Merkmalen verwirklicht werden können, ohne dass der Schutzbereich der beigefügten Ansprüche verlassen wird. Insbesondere schließt die vorliegende Offenbarung sämtliche Kombinationen der in den verschiedenen Ausführungsbeispielen gezeigten Einzelmerkmale mit ein, sodass einzelne Merkmale, die nur in Zusammenhang mit einem Ausführungsbeispiel beschrieben sind, auch bei anderen Ausführungsbeispielen oder nicht explizit dargestellten Kombinationen von Einzelmerkmalen eingesetzt werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines gegen Hochtemperaturoxidation geschützten Bauteils aus einer Mo - Basislegierung, welches folgende Schritte umfasst:

   Bereitstellen eines Halbzeugs aus einer Mo - Basislegierung,
   Bereitstellen eines Si - haltigen Schlickers, der Pulver aus mindestens einer Komponente aus der Gruppe umfasst, die Mo, W, B, Ta, Cr, Fe, Ti und Legierungen daraus enthält,
   oder eines Si - haltigen Pulvers, das eine Mischung aus Si - und Al_2O_3 - Pulver umfasst,
   Aufbringen des Schlickers auf das Halbzeug und Diffusionsglühen des Halbzeugs mit dem aufgebrachten Schlicker zur Bildung einer Si - haltigen Randschicht

   oder

   Überführen zumindest eines Teiles des im Pulver enthaltenen Siliziums über die Gasphase auf das Halbzeug durch eine Diffusionswärmebehandlung des Halbzeugs mit dem beabstandet von dem Halbzeug, aber benachbart zum Halbzeug angeordneten Si - haltigen Pulver.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   durch das Diffusionsglühen oder die Diffusionswärmebehandlung eine Molybdänsilizid - oder Molybdändisilizid - Schicht zumindest teilweise an der Oberfläche des Bauteils ausgebildet wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   nach dem Diffusionsglühen oder der Diffusionswärmebehandlung eine Konditionierung des Bauteils durch eine Hochtemperaturoxidation bei einer Temperatur oberhalb 900°C, insbesondere zwischen 1000°C und 1400°C, insbesondere für eine Zeitdauer von 2 h bis 100 h, insbesondere von 5 bis 15 h, vorzugsweise an Luft durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   das Pulver für die Übertragung des Siliziums über die Gasphase Halogene umfasst, insbesondere ein oder mehrere Komponenten aus der Gruppe, die NH_4F, NH_4CL und NaF umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   das Pulver für die Übertragung des Siliziums über die Gasphase in einem Behälter, insbesondere einem Keramikbehälter, unterhalb des Halbzeugs angeordnet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass
die Diffusionswärmebehandlung bei Temperaturen oberhalb 900°C, insbesondere zwischen 1000°C und 1300°C, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre, insbesondere unter einer Argon - oder Wasserstoffatmosphäre, mit vorzugsweise einer Haltedauer auf der Temperatur von 0,5 bis 5 Stunden, insbesondere 1 bis 2 Stunden durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schlicker Si - Pulver oder Si - haltiges Pulver, ein Lösungsmittel, insbesondere Wasser, Alkohole oder alkoholische Lösungsmittel oder flüssig-organische Lösungsmittel, und ein Bindemittel, insbesondere Polyvinylalkohole oder Harze, umfasst.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schlicker Pulver aus mindestens einer Komponente aus der Gruppe umfasst, die Aluminiumoxid, Zirkonoxid, Yttriumoxid, Hafniumoxid, Neodymoxid, Siliziumkarbid und Siliziumnitrid umfasst.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 7 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schlicker Pulverpartikel mit einer mittleren oder maximalen Korngröße von 0,5 bis 100 μm, insbesondere 1 bis 60 μm aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schlicker durch eine der Methoden aus der Gruppe aufgebracht wird, die Tauchen des Halbzeugs in den Schlicker, Spritzen des Schlickers auf das Halbzeug und Drucken des Schlickers auf das Halbzeug, insbesondere durch Siebdruck und Schablonendruck, umfasst.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Diffusionsglühen bei Temperaturen oberhalb 900°C, insbesondere zwischen 1000°C und 1400°C, vorzugsweise im Vakuum mit vorzugsweise einer Haltedauer auf der Temperatur von 1 min bis 3 Stunden, insbesondere bis 2 Stunden durchgeführt wird.

12. Bauteil hergestellt nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

13. Bauteil nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Bauteil eine Komponente einer Strömungsmaschine insbesondere eines Flugtriebwerks ist.

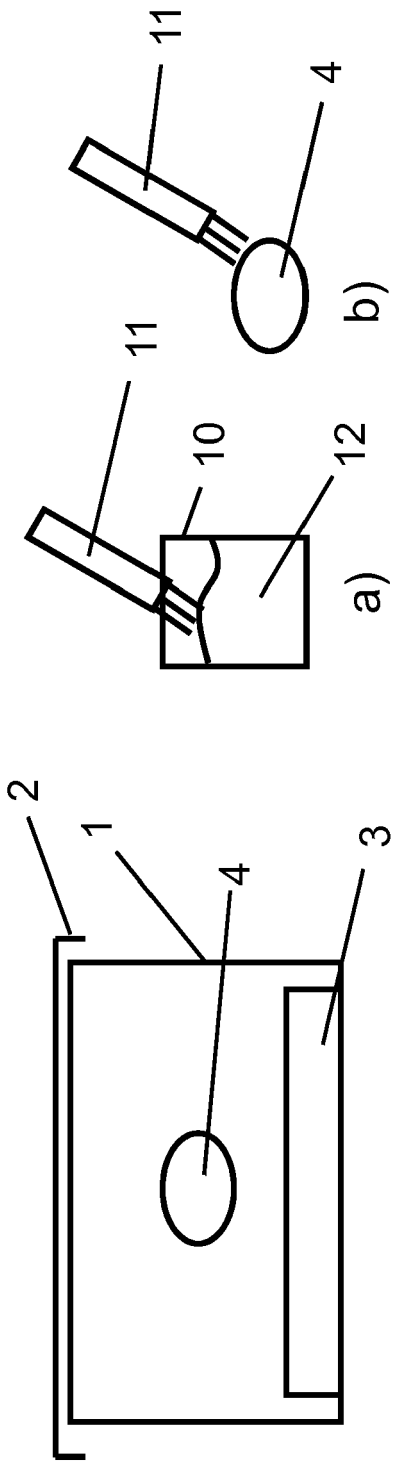


Fig. 1

Fig. 2

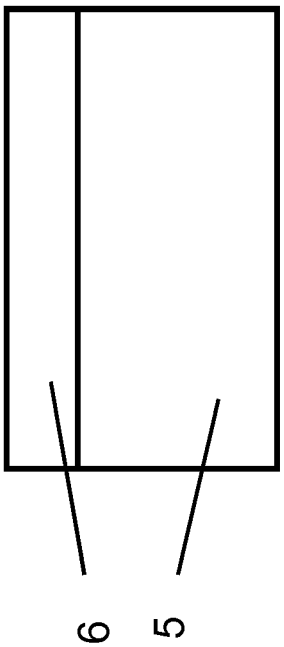


Fig. 3

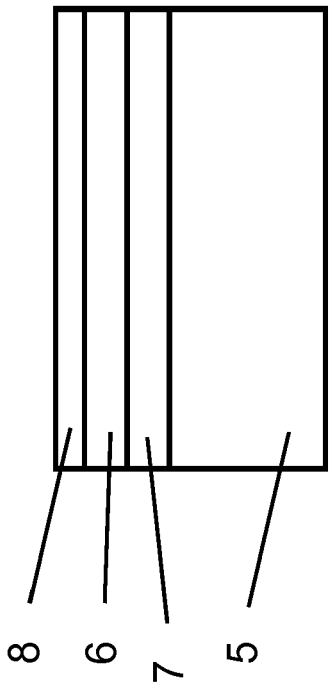


Fig. 4

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 19 6205

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2005/022065 A2 (WISCONSIN ALUMNI RES FOUND [US]; PEREPEZKO JOHN H [US] ET AL.) 10. März 2005 (2005-03-10)	1-4,6, 11-13	INV. C23C10/20 C23C10/08
Y	* Seite 3, Absatz 10 - Seite 5, Absatz 13 * * Seite 8, Absatz 29 * * Seite 9, Absatz 32 - Seite 10, Absatz 33 * * Seite 11, Absatz 36 - Seite 13, Absatz 41 * * Seite 17, Absatz 53 - Seite 20, Absatz 58 *	7-10	C23C12/00

X	US 6 340 398 B1 (PARTHASARATHY TRIPLICANE A [US] ET AL) 22. Januar 2002 (2002-01-22)	1-5, 11-13	
Y	* das ganze Dokument *	6	

X	CN 107 523 785 A (ZHANGJIAGANG SIJIE TOOLS CO LTD) 29. Dezember 2017 (2017-12-29)	1,2,4,6, 8,9,12	
Y	* das ganze Dokument *	7,10,11	
	-----		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	EP 2 980 263 A1 (MTU AERO ENGINES AG [DE]) 3. Februar 2016 (2016-02-03)	1,2,5, 12,13	C23C
Y	* Seite 2, Absätze 1,8-10 * * Seite 3, Absätze 12,13,19 *	6,11	

X	WO 92/00256 A2 (LANXIDE TECHNOLOGY CO LTD [US]) 9. Januar 1992 (1992-01-09) * Seite 76, Zeile 10 - Seite 77, Zeile 31 *	1,2,5,6, 11	

Y	WO 2005/035819 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]; STRASSER MICHAEL [DE] ET AL.) 21. April 2005 (2005-04-21) * das ganze Dokument *	6-11	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	28. Januar 2020	Joffreau, P

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 19 19 6205

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-01-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005022065 A2	10-03-2005	US 2004219295 A1	04-11-2004
		US 2006228475 A1	12-10-2006
		US 2009291312 A1	26-11-2009
		WO 2005022065 A2	10-03-2005
US 6340398 B1	22-01-2002	KEINE	
CN 107523785 A	29-12-2017	KEINE	
EP 2980263 A1	03-02-2016	KEINE	
WO 9200256 A2	09-01-1992	KEINE	
WO 2005035819 A1	21-04-2005	DE 10347363 A1	12-05-2005
		EP 1670965 A1	21-06-2006
		JP 2007508449 A	05-04-2007
		US 2007272331 A1	29-11-2007
		WO 2005035819 A1	21-04-2005

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82