



(10) **DE 10 2017 213 553 A1** 2019.02.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 213 553.0**

(22) Anmeldetag: **04.08.2017**

(43) Offenlegungstag: **07.02.2019**

(51) Int Cl.: **C23C 30/00** (2006.01)

F01D 5/28 (2006.01)

(71) Anmelder:

MTU Aero Engines AG, 80995 München, DE

(72) Erfinder:

**Stanka, Rudolf, 84431 Rattenkirchen, DE; Dopfer,
Manfred, 85716 Unterschleißheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

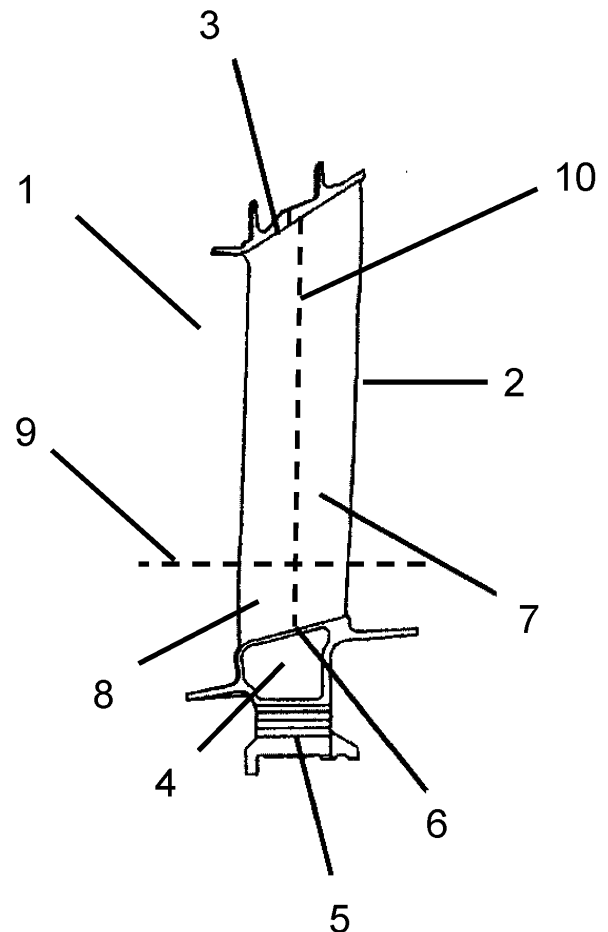
DE	20 32 418	C3
DE	26 09 016	C3
GB	2 401 117	A
EP	1 076 158	B1
EP	2 024 607	B1
EP	2 695 964	A1
WO	2005/ 106 064	A1
WO	2006/ 061 431	A2

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **SCHAUFEL FÜR STRÖMUNGSMASCHINE MIT VERSCHIEDENEN
DIFFUSIONSSCHUTZSCHICHTEN UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaufel für eine Strömungsmaschine, insbesondere für ein Flugtriebwerk, mit einem Schaufelblatt (2) zur Wechselwirkung mit dem Strömungsmedium, wobei die Schaufel (1) in verschiedenen Bereichen an ihrer Oberfläche unterschiedliche Diffusionsschutzschichten zum Schutz gegen Korrosion und / oder Oxidation aufweist, wobei die Diffusionsschutzschichten durch Chromieren und / oder Alitieren hergestellt sind, wobei das Schaufelblatt entlang der Schaufelblattlängsachse (10) in zwei Bereiche unterteilt ist, wobei der erste Bereich (7) sich über 80 bis 95 % der Länge des Schaufelblatts erstreckt und der zweite Bereich (8) sich über den Rest der Länge des Schaufelblatts erstreckt und wobei in beiden Bereichen (7,8) eine AlCr - Diffusionsschutzschicht aufgebracht ist, und wobei in einem der Bereiche die AlCr - Diffusionsschutzschicht einen höheren Cr - Gehalt aufweist.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaufel für eine Strömungsmaschine, insbesondere für ein Flugtriebwerk, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer entsprechenden Schaufel.

STAND DER TECHNIK

[0002] In Strömungsmaschinen wie stationären Gasturbinen oder Flugtriebwerken sind Bauteile, wie beispielsweise Leit- oder Laufschaufeln, sowohl hohen Temperaturen als auch aggressiven Medien bzw. Atmosphären ausgesetzt, die unterschiedliche Schädigungen wie Partikelerosion, Korrosion und Hochtemperaturoxidation bewirken. Entsprechend ist es erforderlich, die Bauteile möglichst gegen alle diese Schädigungen zu schützen, wobei unter Umständen Kompromisse eingegangen werden müssen, da Schutzmaßnahmen, die für eine Art der Schädigung erfolversprechend sind, selbst einer starken Schädigung durch andere Schädigungsmechanismen ausgesetzt sein können.

[0003] Beispielsweise ist es bisher nicht in zufriedenstellendem Maße gelungen, Schutzmaßnahmen gegen verschiedene Korrosions- und Oxidationsangriffe gleichzeitig zu bewirken. So treten bei Gasturbinen oder Flugtriebwerken bei Bauteilen, die Betriebstemperaturen im Bereich von 550 bis 750 °C ausgesetzt sind, unter alkalischen oder erdalkalischen Ablagerungen Korrosions- und Sulfidationsangriffe der sogenannten Typ-2-Korrosion auf. Ein flächiger Materialangriff bei Temperaturen zwischen 750 °C und 900 °C unter Anwesenheit von schwefel- und chloridhaltigen Kalium-, Natrium- und Kalziumsalzen wird als Typ-1-Korrosion bezeichnet. Bei Temperaturen über 900 °C dominiert bei Nickelbasisguss- und Kobaltbasisguss-Legierungen, die häufig für Bauteile in entsprechend heißen Bereichen einer Gasturbine oder eines Flugtriebwerks eingesetzt werden, der Oxidationsangriff.

[0004] Da es bisher nicht gelungen ist, eine einheitliche Schutzmaßnahme für die verschiedenen Schädigungsmechanismen bereitzustellen, ist bereits vorgeschlagen worden, unterschiedliche Schutzmaßnahmen in unterschiedlichen Bereichen des entsprechenden Bauteils, wie beispielsweise einer Turbinenschaufel, vorzusehen. In der europäischen Patentanmeldung EP 2 695 964 A1 ist beschrieben, dass im Fuß - und / oder Deckbandbereich der Schaufel eine erste Oberflächenschicht mit einer ersten Zusammensetzung und im Blattbereich der Schau-

fel eine zweite Oberflächenschicht mit einer zweiten von der ersten Zusammensetzung unterschiedlichen Zusammensetzung und im Übergangsbereich Fuß / Blatt und / oder Blatt / Deckband eine dritte Oberflächenschicht mit einer dritten von der ersten und zweiten Zusammensetzung unterschiedlichen Zusammensetzung angeordnet wird, um den unterschiedlichen Schädigungen entgegen zu wirken. Allerdings besteht weiterhin Bedarf einer Verbesserung zur Verringerung der Oxidation und / oder Korrosion.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0005] Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung verbesserte Schaufeln für Strömungsmaschinen, insbesondere Flugtriebwerke, bereitzustellen, die den verschiedenen Korrosion - und Oxidationsangriffen besser widerstehen können. Gleichzeitig sollen derartige Schaufeln zuverlässig und mit langer Lebensdauer einsetzbar sowie einfach herstellbar sein.

TECHNISCHE LÖSUNG

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Schaufel für eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 13. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Die Erfindung schlägt vor, zum Schutz vor Oxidation und Korrosion an einer Schaufel für eine Strömungsmaschine im Bereich des Schaufelblatts zwei Bereiche mit unterschiedlichen AlCr - Diffusionsschutzschichten vorzusehen, wobei sich der erste Bereich über 80 bis 95 % der Länge des Schaufelblatts und der zweite Bereich sich über den Rest der Länge des Schaufelblatts erstreckt und wobei in einem der Bereiche die AlCr - Diffusionsschutzschicht einen höheren Chrom - Gehalt aufweist. Mit einer derartig asymmetrischen Beschichtung des Schaufelblatts einer Schaufel einer Strömungsmaschine lässt sich in besonders guter Weise eine angepasste Schutzbeschichtung für Korrosion, insbesondere Sulfidation, sowie Oxidation einstellen.

[0008] Sofern die Schaufel an einem Ende des Schaufelblatts ein Deckband aufweist, kann dieses die gleiche Diffusionsschutzschicht aufweisen wie der angrenzende Bereich des Schaufelblatts. Zusätzlich können der Schaufelfuß zur Anordnung einer Laufschaufel in eine Scheibe der Strömungsmaschine sowie eine Schaufelplattform, die zwischen Schaufelfuß und Schaufelblatt zur Überdeckung des Schaufelfußes angeordnet sein kann, genauso wie ein Schaufelhals, der zwischen Schaufelfuß und

Schaufelblatt ausgebildet sein kann, ebenfalls mit Diffusionsschutzschichten versehen werden.

[0009] Die Diffusionsschutzschicht an der Schaufelplattform kann wiederum als eine AlCr - Diffusionsschutzschicht mit einem Chrom - Anteil ausgebildet werden, der höher ist als in den AlCr - Diffusionsschutzschichten des ersten und zweiten Bereichs des Schaufelblatts, während im Bereich des Schaufelfußes und des Schaufelhalses Cr - Diffusionsschutzschichten aufgebracht sein können, also ohne Aluminium.

[0010] Die Schaufel kann so ausgebildet sein, dass der erste Bereich des Schaufelblatts sich über 90 % der Länge des Schaufelblatts erstreckt und benachbart zum Deckband angeordnet ist, während der zweite Bereich des Schaufelblatts in Richtung des Schaufelfußes angeordnet ist. Entsprechend kann im zweiten Bereich des Schaufelblatts eine AlCr - Diffusionsschutzschicht mit einem höheren Chrom - Anteil als im ersten Bereich des Schaufelblatts vorgesehen sein.

[0011] Die AlCr - Diffusionsschutzschicht mit niedrigem Cr - Anteil, die im ersten Bereich am Schaufelblatt und am Deckband angeordnet sein kann, kann einen Aluminium - Anteil von 16 bis 28 Gew.% und einen Chrom - Anteil von mindestens 5 Gew.% aufweisen. Das Verhältnis von Chrom zu Aluminium kann in dieser AlCr - Diffusionsschutzschicht mit niedrigem Chrom - Anteil im Bereich von kleiner oder gleich 2, insbesondere im Bereich von kleiner oder gleich 1,5 liegen.

[0012] Im zweiten Bereich des Schaufelblatts kann eine AlCr - Diffusionsschutzschicht mit einem höheren Cr - Anteil vorgesehen werden, welche einen Aluminium - Anteil von 12 bis 28 Gew.% und einen Cr - Anteil von 24 bis 85 Gew.% aufweist. Das Verhältnis von Chrom zu Aluminium kann bei dieser AlCr - Diffusionsschutzschicht im Bereich von größer oder gleich 1,3 bis kleiner oder gleich 4,4 und insbesondere im Bereich von größer oder gleich 2 bis kleiner oder gleich 3,6 liegen.

[0013] Eine dritte AlCr - Diffusionsschutzschicht mit einem noch höheren Cr - Anteil kann an der Schaufelplattform vorhergesehen werden und einen Aluminium - Anteil von mindestens 5 Gew.% und einen Chrom - Anteil von 35 bis 85 Gew.% aufweisen. Das Verhältnis von Chrom zu Aluminium kann bei dieser Diffusionsschutzschicht im Bereich von größer oder gleich 3, insbesondere im Bereich von größer oder gleich 3,6 liegen.

[0014] Die Diffusionsschutzschichten weisen neben Chrom in den Cr - Diffusionsschutzschichten sowie Chrom und Aluminium in den AlCr - Diffusionsschutzschichten Bestandteile der Basislegierung auf. Zu-

dem können weitere Elemente, die für die Diffusionsschutzschichten mit vorgesehen werden sollen, in den Ausgangsmaterialien für die Diffusionsschutzschicht angeordnet sein und entsprechend in den Diffusionsschutzschichten eingelagert sein.

[0015] Die Diffusionsschutzschichten können eine Dicke im Bereich von 0,015 bis 0,1 mm aufweisen, wobei die AlCr - Diffusionsschutzschicht insbesondere eine Dicke im Bereich von 0,04 bis 0,1 mm aufweisen können. Die Cr - Diffusionsschutzschicht, die am Schaufelfuß vorgesehen sein kann, kann insbesondere eine Dicke im Bereich von 0,015 bis 0,03 mm aufweisen.

[0016] Die Diffusionsschutzschichten können an einem Schaufel - Halbzeug, das die entsprechende Endkontur der Schaufel bereits aufweist, durch Chromieren und/oder Alitieren erzeugt werden.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUR

[0017] Die beigefügte Zeichnung zeigt in rein schematischer Weise in der einzigen Figur eine Seitenansicht einer Laufschaufel eines Flugtriebwerks gemäß der vorliegenden Erfindung.

AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

[0018] Weitere Vorteile, Kennzeichen und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung eines Ausführungsbeispiels ersichtlich. Allerdings ist die Erfindung nicht auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt.

[0019] In der beigefügten Figur ist eine Laufschaufel **1** eines Flugtriebwerks gezeigt, die ein Schaufelblatt **2** und einen Schaufelfuß **5** aufweist. An dem dem Schaufelfuß **5** gegenüber liegenden Ende des Schaufelblatts **2** ist ein Deckband **3** angeordnet. Zwischen Schaufelblatt **2** und Schaufelfuß **5** ist ein Schaufelhals **4** ausgebildet, an dem eine Schaufelplattform **6** angeordnet ist, die seitlich von der Schaufel **1** hervorsteht.

[0020] Die Schaufelblattlängsachse **10**, die in der Figur gestrichelt dargestellt ist, erstreckt sich entlang der größten Dimension der Schaufel **1** bzw. bezogen auf die Strömungsmaschine und die Drehachse, um die die Schaufel **1** gedreht wird, in radialer Richtung. Entlang der Längsachse **10** kann die Länge des Schaufelblatts **2** bestimmt werden, die sich in dem gezeigten Ausführungsbeispiel der beigefügten Figur von der Schaufelplattform **6** bis zum Deckband **3** erstreckt. Sofern die Schaufelplattform **6** und das Deckband **3** nicht parallel zueinander verlaufen, kann die Länge des Schaufelblatts **2** dadurch bestimmt werden, dass die Länge der zentralen Längsachse zwischen Schaufelplattform **6** und Deckband **3** verwendet wird.

[0021] Quer zur Längsachse **10** ist in der beigefügten Figur eine weitere Linie quer zur Längsachse gestrichelt dargestellt. Diese weitere Linie stellt eine Trennlinie **9** zwischen einem ersten Bereich **7** und einem zweiten Bereich **8** des Schaufelblatts **2** dar, in denen unterschiedliche Diffusionsschutzschichten zum Schutz des Schaufelblatts vor Korrosion und Oxidation ausgebildet sind.

[0022] Bei der gezeigten Schaufel **1** ist nämlich durch Chromieren und Alitieren in einem ersten Oberflächenbereich, der den ersten Bereich **7** des Schaufelblatts **2** und das Deckband **3** umfasst, eine erste Diffusionsschutzschicht gebildet, die einen hohen Aluminium - Anteil und einen niedrigen Chrom - Anteil aufweist. In dem zweiten Bereich des Schaufelblatts **2** ist eine weitere AlCr - Diffusionsschutzschicht ausgebildet, die jedoch einen höheren Chrom - Anteil in der Diffusionsschutzschicht aufweist als die erste Diffusionsschutzschicht im ersten Bereich **7** des Schaufelblatts **2**.

[0023] Auf den Ober - und Unterseiten der Schaufelplattform **6** ist eine weitere AlCr - Diffusionsschutzschicht angeordnet, die einen noch höheren Chrom - Anteil aufweist. Im Bereich des Schaufelhalses **4** und des Schaufelfußes **5** sind keine AlCr - Diffusionsschutzschichten mehr vorgesehen, sondern lediglich Cr - Diffusionsschutzschichten. Die Cr - Diffusionsschutzschicht im Bereich der Schaufelhalses **4** weist einen hohen Chrom - Anteil auf, während die Cr - Diffusionsschutzschicht im Bereich des Schaufelfußes **5** sehr dünn ausgebildet ist. Die Diffusionsschutzschicht im Bereich des Schaufelfußes **5** kann beispielsweise eine Dicke im Bereich von 0,015 bis 0,030 mm aufweisen, während die übrigen Diffusionsschutzschichten, also insbesondere die AlCr - Diffusionsschutzschichten den übrigen Bereichen der Schaufel **1** Schichtdicken im Bereich von 0,04 bis 0,1 mm besitzt.

[0024] Der Aluminium - und Chrom - Anteil an der Zusammensetzung der Diffusionsschutzschicht im ersten Bereich **7** des Schaufelblatts **2** kann für Nickelbasislegierungen, wie PWA **1484**, PWA **1480**, Inconel **100**, Inconel **713** und LEK94, die den Basiswerkstoff der Schaufel bilden, im Bereich von 16 bis 28 Gew.% Aluminium sowie mindestens 5 Gew.% Chrom betragen, wobei das Verhältnis Chrom zu Aluminium einen Wert von kleiner gleich 2,2 aufweisen kann. Die Diffusionsschutzschicht mit mittlerem Chrom - Gehalt, die im zweiten Bereich **8** des Schaufelblatts **2** angeordnet ist, kann einen Aluminium - Gehalt von 12 bis 28 Gew.% sowie einen Chrom - Gehalt von 24 bis 85 Gew.% und ein Chrom - Aluminium - Verhältnis von größer oder gleich 2 sowie kleiner oder gleich 4,4 aufweisen, während die Diffusionsschutzschicht mit hohem Chrom - Anteil im Bereich der Schaufelplattform **6** einen Aluminium - Anteil von mindestens 5 Gew.% sowie einen Chrom -

Anteil von 35 bis 85 Gew.% und ein Chrom / Aluminium - Verhältnis von größer oder gleich 3 besitzen kann. Wird jedoch beispielsweise eine MAR - M247 oder MAR - M247LCDS - Legierung als Basiswerkstoff für die Schaufel **1** verwendet, so kann das Chrom / Aluminium - Verhältnis für die AlCr - Diffusionsschutzschicht mit niedrigem Chrom - Anteil im ersten Bereich **7** des Schaufelblatts sowie am Deckband kleiner oder gleich 1,5 sein, während es für die AlCr - Diffusionsschutzschicht mit mittlerem Chrom - Anteil im zweiten Bereich **8** des Schaufelblatts **2** größer oder gleich 1,3 bzw. kleiner oder gleich 3,6 betragen kann. Für derartige Legierungen kann die AlCr - Diffusionsschutzschicht mit hohem Chrom - Anteil an der Schaufelplattform **6** ein Chrom / Aluminium - Verhältnis von größer oder gleich 3,6 aufweisen.

[0025] Die Diffusionsschutzschichten weisen neben Aluminium und Chrom bzw. bei den Cr - Diffusionsschutzschicht neben dem Chrom zusätzlich Elemente des Basiswerkstoffs der Schaufel auf, auf dem die Diffusionsschutzschichten auf - und eingebracht werden. Hierbei handelt es sich üblicherweise um Nickelbasis - oder Kobaltbasislegierungen, sodass entsprechend hohe Anteile an Nickel oder Kobalt in den Diffusionsschutzschichten enthalten sind. Darüber hinaus können jedoch auch andere Legierungsbestandteile des Basiswerkstoffs in den Diffusionsschutzschicht enthalten sein.

[0026] Entsprechende Aluminium - und / oder Chrom - Schichten können dadurch hergestellt werden, dass in einem ersten Teilschritt eine Inchromierung der zu schützenden Bauteiloberfläche erfolgt und, falls gewünscht, in einem zweiten Teilschritt eine Alitierung durchgeführt wird. Die Inchromierung und / oder Alitierung kann in verschiedenen lokalen Bereichen der zu schützenden Bauteiloberfläche gleichzeitig, aber derart unterschiedlich durchgeführt werden, dass unterschiedliche Diffusionsschutzschichten in den unterschiedlichen Bereichen entsprechend den unterschiedlichen Schutzanforderungen entstehen.

[0027] Die Abscheidung des Chroms im ersten Teilschritt der Inchromierung kann mittels thermochemischer Verfahren, thermophysikalischer Verfahren, physikalischer Verfahren oder elektrochemischer Verfahren erfolgen.

[0028] Unter thermochemischen Verfahren werden hierbei Gasdiffusionsabscheidungen verstanden, bei denen Chrom unter Einsatz von Temperatur und chemischer Reaktionen an der Bauteiloberfläche bereitgestellt wird, so dass das Chrom in das Bauteil eindiffundieren und / oder sich auf diesem ablagern kann.

[0029] Beim PVD - Verfahren (physical vapor deposition (physikalische Dampfphasenabscheidung)) wird unter Einsatz von Temperatur eine Verdampfung mit entsprechender Abscheidung von Chrom

bewirkt. Bei elektrochemischen Verfahren wird unter Anordnung eines elektrischen Potentials eine Abscheidung von Chrom aus einem Elektrolyten bewirkt. Die Abscheidung von Chrom kann auch mittels Dispersionsbeschichtung erfolgen. Eine Kombination beider letztgenannten Verfahren ist auch denkbar. Dabei kann eine Auflageschicht mittels chemischer und / oder elektrochemischer Abscheidung von Chrom und weiteren Bestandteilen, wie beispielsweise Nickel, und zusätzlich eingelagerten Partikeln hergestellt werden.

[0030] Das Eindiffundieren von Chrom in die Bauteiloberfläche zur Ausbildung einer chromreichen Schicht nach der Aufbringung auf die zu schützende Bauteiloberfläche kann durch eine entsprechende Wärmebehandlung erfolgen, wobei auch bei thermochemischen und thermophysikalischen Verfahren, bei denen die Aufbringung bereits bei entsprechenden hohen Temperaturen durchgeführt wird und von daher bereits ein Eindiffundieren des Chroms in der Bauteiloberfläche ermöglicht wird, zusätzlich eine weitergehende Wärmebehandlung zur weiteren Diffusion des Chroms in tiefere Bauteilbereiche durchgeführt werden kann.

[0031] In dem ersten Teilschritt der Inchromierung können zur Ausbildung der unterschiedlichen Schutzschichtbereiche in den verschiedenen Bereichen unterschiedliche Chromgehalte abgeschieden werden, indem beispielsweise Chrom enthaltende Materialien in unterschiedlichen Mengen oder mit unterschiedlichen Konzentrationen an Chrom aufgebracht werden.

[0032] Bei der Inchromierung können auch unterschiedlichen Dicken der mit Chrom angereicherten Schichten erzeugt werden.

[0033] Für die Ausbildung einer ersten, äußeren Oberflächenschicht mit hohem Chromanteil kann die Inchromierung mit einer hohen Chromaktivität durchgeführt werden. Dies kann beispielsweise durch Pulverpackverfahren oder Gasphaseninchromierung realisiert werden.

[0034] Die Chromierung kann insbesondere durch eine Temperaturbehandlung in Anwesenheit von flüssigen, chromreichen Schlickerschichten erfolgen, wobei der Schlicker Chrom - haltige Pulver mit Aktivator und Bindemittel umfassen kann. Als Bindemittel kommen Alkohole oder sonstige Lösungsmittel in Betracht, während als Aktivator Halogenide eingesetzt werden können. Der Schlicker kann über physikalische Verfahren, wie Streichen oder Spritzen aufgebracht werden.

[0035] Bei Verwendung von chromhaltigem Schlicker mit Chromaktivitäten (chemischer Aktivität) von mehr als 0,4 bzw. 40% für hochchromhaltige Teilbe-

reiche der zu erzeugenden AlCr - Schicht kann bei einer thermischen und / oder thermochemischen Behandlung in einem Temperaturbereich von 1000°C bis 1180°C, insbesondere 1050°C bis 1100 °C für Zeiten von 2 bis 20 Stunden, insbesondere 10 bis 15 Stunden, eine chromreiche Schicht ausgebildet werden. Die Chromreiche Schicht weist hierbei eine äußere α - Chrom - Teilschicht und eine innere Mischkristallschicht mit im Wesentlichen Chrom und der Hauptkomponente der Legierung des beschichteten Bauteils, z.B. Nickel auf.

[0036] Allgemein lässt sich die Chromierung im ersten Teilschritt bei einer Temperatur von 1000°C bis 1180°C, insbesondere 1050°C bis 1130°C bei einem Zeitraum von 1 bis 20 Stunden, insbesondere 10 bis 15 Stunden durchführen.

[0037] Nach der Herstellung der chromreichen Schicht mit vorzugsweise unterschiedlichen Chromgehalten und / oder unterschiedlichen Schichtdicken in den verschiedenen Bereichen der, die unterschiedliche AlCr - Schichten erhalten sollen, wird der so behandelte Grundwerkstoff einem Alitierverfahren unterzogen, bei dem die Schaufel beispielsweise in eine Pulverpackung mit hoher Aluminiumaktivität (chemische Aktivität) im Bereich größer oder gleich 0,15 bzw. 15 % eingepackt und bei Temperaturen von mehr als 1050°C für eine Zeit von 2 bis 14 Stunden thermisch oder thermochemisch behandelt wird. Auch Gasphasenalitieren kann verwendet werden. Hierbei können der Schaufelhals **4** und der Schaufelfuß **5** ohne Alitieren verbleiben, wenn diese Bereiche entsprechend abgedeckt werden. Vorzugsweise kann die Aluminiumaktivität im Bereich von 0,15 bis 0,35 liegen. Als Pulverpackungen kommen Gemische aus Aluminiumoxidpulver, Aluminiumpulver und einem Halogenid als Aktivator, in Frage, sodass Aluminium in die Schicht eindiffundieren kann. Auch bei der Alitierung können durch lokal unterschiedlich verwendete Aluminiumaktivitäten, lokal unterschiedliche Schutzschichten erzeugt werden. Hierbei kann entweder nur die Alitierung bei gleichmäßig erzeugten Cr - reichen Schichten örtlich unterschiedlich erfolgen oder mit der oben beschriebenen örtlich unterschiedlichen Chromierung kombiniert werden.

[0038] Zusätzlich kann nach dem Chromieren und Alitieren eine Diffusionsglühung bei einer Temperatur größer oder gleich 1050°C für eine Zeit von 2 bis 8 Stunden durchgeführt werden. Die hier beschriebene Alitierung und / oder Chromierung eignet sich auch für die Innenbeschichtung von Hohl schaufeln.

[0039] Vor, während oder nach dem Chromieren und / oder Alitieren kann eine Oberflächenbehandlung durch physikalische Dampfphasenabscheidung (Physical Vapor Deposition (PVD)) chemische Dampfphasenabscheidung (Chemical Vapor Deposition (CVD)), Lackieren, galvanisches Abscheiden

und / oder direktes Aufbringen eines Stoffes durchgeführt werden, bei welchem eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe, die Platin, Palladium, Hafnium, Zirkon, Yttrium und Silizium umfasst, aufgebracht werden. Damit können in die Schicht eine oder mehrere dieser Elemente eingebracht werden, um so die Schichteigenschaften zusätzlich positiv zu beeinflussen.

[0040] Bei dem Ausführungsbeispiel ist eine Beschichtung des gesamten Bauteils, also der Laufschaufel, mit einer erfindungsgemäßen Schichten aus Aluminium und / oder Chrom beschrieben worden. Selbstverständlich ist jedoch die Kombination einer erfindungsgemäßen Schutzschicht mit Aluminium - Chrom - Schichten auch in Kombination mit anderen bekannten Schutzschichten möglich.

[0041] Bei der erfindungsgemäßen Aluminium - Chrom - Schutzschicht bedeutet der Begriff der Beschichtung, wie bereits oben erläutert, nicht nur eine Auflage des abgeschiedenen Aluminiums und Chroms auf der ursprünglichen Bauteiloberfläche, sondern die Schutzschicht kann sich auch von der ursprünglichen Bauteiloberfläche aus nach innen in das Werkstoffinnere erstrecken.

[0042] Zudem ist bei der Beschreibung der Erfindung lediglich auf die Ausbildung einer äußeren Oberflächenschicht eingegangen worden, welche jedoch lediglich eine Teilschicht des erzeugten Schutzschichtsystems sein kann, sodass in einer Richtung quer zur Bauteiloberfläche in Richtung des Werkstoffinneren weitere, in ihrer Zusammensetzung und Struktur unterschiedliche Teilschichten ausgebildet sein können.

[0043] 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.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|------------------------------------|
| 1 | Schaufel |
| 2 | Schaufelblatt |
| 3 | Deckband |
| 4 | Schaufelhals |
| 5 | Schaufelfuß |
| 6 | Schaufelplattform |
| 7 | erster Bereich des Schaufelblatts |
| 8 | zweiter Bereich des Schaufelblatts |
| 9 | Trennlinie |
| 10 | Längsachse |

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 2695964 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Schaufel für eine Strömungsmaschine, insbesondere ein Flugtriebwerk, mit einem Schaufelblatt (2) zur Wechselwirkung mit dem Strömungsmedium, wobei die Schaufel (1) in verschiedenen Bereichen an ihrer Oberfläche unterschiedliche Diffusionsschutzschichten zum Schutz gegen Korrosion und / oder Oxidation aufweist, wobei die Diffusionsschutzschichten durch Chromieren und / oder Alitieren hergestellt sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schaufelblatt entlang der Schaufelblattlängsachse (10) in zwei Bereiche unterteilt ist, wobei der erste Bereich (7) sich über 80 bis 95 % der Länge des Schaufelblatts erstreckt und der zweite Bereich (8) sich über den Rest der Länge des Schaufelblatts erstreckt und wobei in beiden Bereichen (7,8) eine AlCr - Diffusionsschutzschicht aufgebracht ist, und wobei in einem der Bereiche die AlCr - Diffusionsschutzschicht einen höheren Cr - Gehalt aufweist.

2. Schaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaufel (1) an einem Ende des Schaufelblatts ein Deckband (3) aufweist, welches die gleiche Diffusionsschutzschicht wie der angrenzende Bereich des Schaufelblatts besitzt.

3. Schaufel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaufel einen Schaufelfuß (5) zur Anordnung in einer Scheibe der Strömungsmaschine, eine Schaufelplattform (6) zwischen Schaufelfuß und Schaufelblatt zur Überdeckung des Schaufelfußes und einem Schaufelhals (4) zwischen Schaufelfuß und Schaufelblatt aufweist, in dessen Bereich die Schaufelplattform angeordnet ist, wobei an der Schaufelplattform eine AlCr - Diffusionsschutzschicht mit einem Cr - Anteil ausgebildet ist, der höher ist als in den AlCr - Diffusionsschutzschichten des ersten und zweiten Bereichs (7,8) des Schaufelblatts, während im Bereich des Schaufelfußes (5) und des Schaufelhalses (4) Cr - Diffusionsschutzschichten aufgebracht sind.

4. Schaufel nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaufel eine Laufschaufel ist und das Deckband (3) an der Schaufelspitze am vom Schaufelfuß (5) abgewandten Ende des Schaufelblatts angeordnet ist.

5. Schaufel nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der erste Bereich (7) über 90 % der Länge des Schaufelblatts erstreckt und benachbart zum Deckband (3) angeordnet ist.

6. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die AlCr - Diffusionsschutzschicht im zweiten Bereich (8) des Schaufelblatts (2) einen höheren Cr - Anteil als im ersten Bereich (7) des Schaufelblattes aufweist.

7. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Bereich (7) am Schaufelblatt eine AlCr - Diffusionsschutzschicht angeordnet ist, die einen Al - Anteil von 16 bis 28 Gew.% und einen Cr - Anteil von mindestens 5 Gew.% aufweist, wobei das Verhältnis von Chrom zu Aluminium im Bereich von kleiner oder gleich 2 liegt, insbesondere im Bereich von kleiner oder gleich 1,5.

8. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im zweiten Bereich (8) am Schaufelblatt eine AlCr - Diffusionsschutzschicht angeordnet ist, die einen Al - Anteil von 12 bis 28 Gew.% und einen Cr - Anteil von 24 bis 85 Gew.% aufweist, wobei das Verhältnis von Chrom zu Aluminium im Bereich von größer oder gleich 1,3 bis kleiner oder gleich 4,4 liegt, insbesondere im Bereich von größer oder gleich 2 bis kleiner oder gleich 3,6.

9. Schaufel nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Schaufelplattform (6) eine AlCr - Diffusionsschutzschicht angeordnet ist, die einen Al - Anteil von größer oder gleich 5 Gew.% und einen Cr - Anteil von 35 bis 85 Gew.% aufweist, wobei das Verhältnis von Chrom zu Aluminium im Bereich von größer oder gleich 3, insbesondere im Bereich von größer oder gleich 3,6 liegt.

10. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Diffusionsschutzschichten als Rest neben Cr und / oder Al Bestandteile der Basislegierung aufweisen.

11. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Diffusionsschutzschichten eine Dicke im Bereich von 0,015 bis 0,1 mm aufweisen, wobei insbesondere die AlCr - Diffusionsschutzschichten eine Dicke im Bereich von 0,04 bis 0,1 mm aufweisen.

12. Schaufel nach einem der Ansprüche 3 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Cr - Diffusionsschutzschicht am Schaufelfuß (5) eine Dicke im Bereich von 0,015 bis 0,03 mm aufweist.

13. Verfahren zur Herstellung einer Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem ein Schaufel - Halbzeug chromiert und / oder alitiert wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

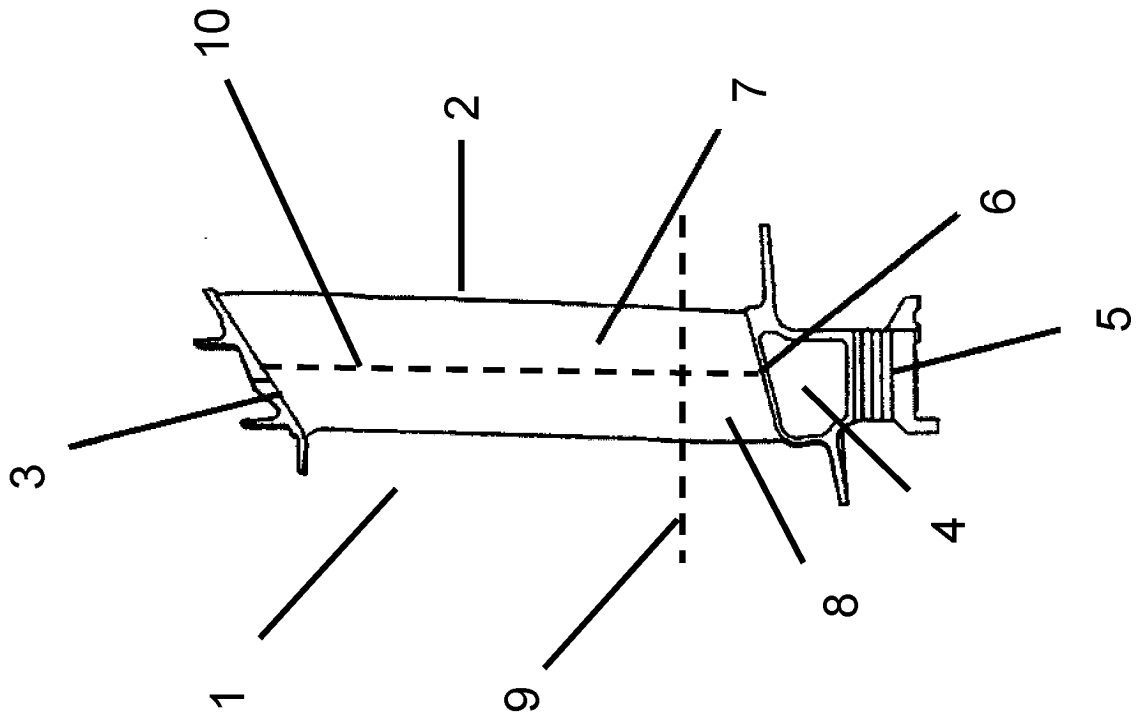


Fig.