

(19)



(11)

EP 1 959 026 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.08.2008 Patentblatt 2008/34

(51) Int Cl.:
C23C 10/04 (2006.01) **C23C 10/18** (2006.01)
C23C 10/24 (2006.01) **C23C 10/60** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08101026.6**

(22) Anmeldetag: **29.01.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **15.02.2007 DE 102007008011**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)**
Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(72) Erfinder: **Roth-Fagaraseanu, Dan
14532 Stahnsdorf (DE)**

(74) Vertreter: **Wablat, Wolfgang
Patentanwalt
Potsdamer Chaussee 48
14129 Berlin (DE)**

(54) **Verfahren zur Ausbildung einer Aluminium-Diffusionsschicht zum Oxidationsschutz**

(57) Zur Ausbildung einer Aluminium-Diffusionschicht zum Oxidationsschutz von metallischen Bauteilen durch Bildung einer Aluminiumoxid-Schutzschicht werden die an den nicht zu beschichtenden Flächen maskierten Bauteile zunächst in einem ersten Verfahrensschritt bei niedriger Temperatur an den verbliebenen freien Abschnitten in einer aprotischen Lösung mit Rein-aluminium galvanisch beschichtet. Nach Entfernen der Maskierung in einem zweiten Verfahrensschritt werden

die Bauteile in einem dritten Verfahrensschritt in einem bestimmten Hochtemperatur-Zeitprofil wärmebehandelt, wobei Aluminiumbestandteile in die Bauteillegierung und Legierungsbestandteile in die Aluminiumschicht diffundieren. Das Verfahren ist herstellungs- und materialeitig kostengünstig und gewährleistet in den zu schützenden Bauteilabschnitten eine definierte Ausbildung der Aluminium-Diffusionsschicht.

EP 1 959 026 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ausbildung einer Aluminium-Diffusionsschicht zum Oxidationsschutz von metallischen Bauteilen, insbesondere von aus einer Nickel-Basis-Legierung bestehenden Bauteilen einer Fluggasturbine.

[0002] Bestimmte Triebwerksbauteile, wie die mit dem Heißgasstrom beaufschlagten, aus einer Nickelbasis-Legierung bestehenden Rotor- und Statorschaufeln der Turbine, werden während des Betriebes in erheblichem Umfang durch Oxidationsprozesse angegriffen, so dass die Lebensdauer der Schaufeln verringert wird und die Schaufeln ausgetauscht oder repariert werden müssen.

[0003] Ein bekanntes Oxidationsschutzprinzip für derartige Bauteile besteht darin, dass durch Anreichern von Aluminium in einem oberflächennahen Bereich des Grundwerkstoffs an der zu schützenden Bauteiloberfläche durch zur Oberfläche diffundierendes Aluminium eine Aluminiumoxid-Schutzschicht gebildet wird, die eine weitere Oxidation verhindern soll.

[0004] Bei den bekannten Verfahren zur Erzeugung der Aluminium-Diffusionsschicht wird ein begrenzter, im Triebwerksbetrieb dem Heißgasstrom ausgesetzter Abschnitt des betreffenden Bauteils beim sogenannten "Pack-Alitieren" in Aluminiumpulver und bei der chemischen Gasphasen-Abscheidung (CVD-Verfahren, chemical vapour deposition) im Vakuum in ein aluminiumreiches gasförmiges Medium eingebracht, wobei das Aluminium bei Temperaturen im Bereich zwischen 900 und 1100°C in das Metall diffundiert.

[0005] Anwendungsbedingt dürfen bestimmte, mechanisch hoch beanspruchte Abschnitte der Bauteile, wie zum Beispiel der Schaufelfuß einer Turbinenschaufel, nicht beschichtet werden und müssen daher während des Diffusionsvorgangs abgedeckt (maskiert) werden.

[0006] Die bekannten Diffusionsverfahren sind zum einen hinsichtlich des Kostenaufwandes nachteilig, und zwar insofern, als bei der Diffusion aus dem Aluminiumpulver beim Pack-Alitieren in großer Menge Aluminiumschrott anfällt und andererseits die Diffusion im Vakuum gemäß dem CVD-Verfahren apparativ und hinsichtlich des Handling aufwendig ist.

[0007] Aufgrund der hohen Temperaturen während des Diffusionsvorgangs mit einem maskierten Bauteil ist die Maskierung mit einem hohen Aufwand verbunden. Zudem kann beim Maskieren mit einem Kleber aufgrund der hohen Temperaturen Kohlenstoff aus dem Kleber in das Bauteil diffundieren und dessen Festigkeitseigenschaften negativ beeinflussen.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ausbildung einer Aluminium-Diffusionsschicht in metallischen Bauteilen anzugeben, das einen verringerten Aufwand erfordert und eine hohe Bauteilqualität gewährleistet.

[0009] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Merkmale zur vorteilhaften Weiterbil-

dung oder zweckmäßigen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dass auf den freien Abschnitten der maskierten Bauteile in einer aprotischen Lösung, das heißt in einem wasser- und sauerstofffreien Elektrolyten mit einer Aluminiumanode und dem(n) Bauteil(en) als Kathode, zunächst eine Aluminiumschicht von bestimmter Dicke ausgebildet wird und die Maskierung dann von den Bauteilen entfernt wird, um die Bauteile anschließend nach einem bestimmten Temperatur-Zeit-Profil einer Wärmebehandlung unter Schutzgas oder im Vakuum zu unterziehen, bei der Aluminium in das Bauteil diffundiert und umgekehrt Legierungsbestandteile des Bauteils in die Aluminiumschicht diffundieren und dabei in den beschichteten Abschnitten eine Aluminium-Diffusionsschicht für den späteren Oxidationsschutz ausgebildet wird. Im Unterschied zum Stand der Technik erfolgt die Aluminium-Beschichtung unter der Maskierung in einem ersten Verfahrensschritt bei niedriger Temperatur, während nach dem in einem zweiten Verfahrensschritt vorgenommenen Entfernen der Maskierung in einem dritten Verfahrensschritt das unmaskierte Bauteil zur Ausbildung einer Aluminium-Diffusionsschicht einer Wärmebehandlung bei erhöhter Temperatur unterzogen wird.

[0011] Aufgrund der in Beschichtungsstärke und -größe kontrollierten galvanischen Beschichtung ist auch eine definierte Ausbildung der Diffusionsschicht möglich, und zwar ohne Maskierung und ohne die Maskierung den für den Diffusionsvorgang erforderlichen hohen Wärmebehandlungstemperaturen aussetzen zu müssen. Die Anforderungen an die Art und Ausführung der bei der galvanischen Beschichtung nur geringen Temperaturen ausgesetzten Maskierung sind geringer als bei den während der Diffusion erforderlichen Maskierungen. Zudem werden auch Folgeschäden an den Bauteilen verhindert, die durch die Wirkung hoher Temperaturen auf das Material der Maskierung bedingt sind.

[0012] Für das Maskierungsmaterial ist lediglich eine Temperaturbeständigkeit bis ca. 400°C erforderlich.

[0013] Die zu beschichtenden Bauteilabschnitte werden vor dem Galvanisieren gereinigt und mit einem Aktivierungsmittel, vorzugsweise Nickelchlorid, behandelt.

[0014] Das Temperatur-Zeit-Profil, bei dem die Diffusion von Aluminium in die Bauteillegierung und von Legierungsbestandteilen in die Aluminiumschicht erfolgt, ist gemäß einer beispielhaften Ausgestaltung derart, dass die Bauteile - nach einer Erwärmung auf ca. 400 - 700°C und einer Haltezeit von bis zu 2 Stunden - etwa eine Stunde bei ca. 1100°C und anschließend etwa fünf Stunden bei ca. 1030°C wärmebehandelt werden und danach in ruhender Luft abgekühlt werden.

[0015] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im Folgenden am Beispiel einer aus einem Nickelbasis-Werkstoff bestehenden Turbinenschaufel eines Gasturbinentriebwerks, deren Schaufelblatt zum Schutz vor Oxidation durch die heißen Arbeitsgase eine Aluminium-

oxid-Schutzschicht aufweisen soll und deren in Ausnahmen der Rotorscheibe gehaltener Schauffelfuß frei bleiben muss, näher erläutert.

[0016] Die durch die Befestigung an der Rotorscheibe einer hohen mechanischen Belastung ausgesetzten Schauffelfüße der Turbinenschaufeln werden mit Metallbändern beklebt und so gegenüber äußeren Einwirkungen bei der weiteren Behandlung maskiert. Zur Maskierung können die Schauffelfüße aber auch in einer Box angeordnet oder mit einem Kleber bestrichen sein. Anschließend werden die mechanisch bearbeiteten und gereinigten Turbinenschaufeln mit einem Aktivierungsmittel, beispielsweise NiCl (oder einem Fluorid, vorzugsweise Kalium-Aluminium-Fluorid) behandelt, um eine bessere Haftung der später galvanisch aufgetragenen Aluminiumschicht zu bewirken. Die so vorbereiteten Turbinenschaufeln werden nun (bevorzugt innerhalb einer sauerstoffgekapelten Anlage) in eine aprotische Lösung, das heißt in einen wasser- und sauerstofffreien organischen Elektrolyten mit in diesem befindlichen löslichen Aluminiumanoden eingebracht und im Bereich der nicht abgedeckten Schaufelblätter galvanisch mit Reinaluminium in einer Schichtdicke von 5 bis 10 µm beschichtet. Die Maskierung ist bei der galvanischen Beschichtung nur sehr geringen Temperaturen (etwa 300°C) ausgesetzt, so dass der Aufwand für die Maskierung und das Maskierungsmaterial und die spätere Demaskierung gering ist und die vergleichsweise geringen Temperaturen keine Reaktion zwischen Maskierungsmaterial und Grundmaterial bewirken und durch die Maskierung bewirkte Folgeschäden in dem maskierten Werkstoffbereich nicht auftreten können.

[0017] Anschließend werden die Turbinenschaufeln in einem Ofen, und zwar in einer Schutzgasatmosphäre oder auch im Vakuum, nach einer Erwärmungsphase, in der die Schaufeln auf ca. 600°C erwärmt und 1,5 Stunden bei dieser Temperatur gehalten werden, zunächst eine Stunde bei 1100°C und danach fünf Stunden bei 1030°C einer Wärmebehandlung unterzogen, in der das Aluminium aus der galvanisch aufgetragenen Aluminiumschicht in die Nickel-Basis-Legierung und umgekehrt das Nickel in die Aluminiumschicht diffundiert. Danach werden die Schaufeln in weniger als 10 Minuten in ruhender Luft abgekühlt. Das an der Oberfläche der so erzeugten Ni-Al-Diffusionsschicht des Schaufelblatts befindliche Aluminium bildet in einer Sauerstoffatmosphäre eine Aluminiumoxidschicht, die unter Betriebsbedingungen der Schaufeln im Triebwerk eine weitere Oxidation des Schaufelmaterials verhindert.

gasturbine, wobei bestimmte Bauteilabschnitte zunächst maskiert werden und an die freien Bauteiloberflächen gebrachtes Aluminium oberflächennah in das Bauteil diffundiert, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil in einem ersten Verfahrensschritt unter der Maskierung in einem wasser- und sauerstofffreien organischen Elektrolyten galvanisch mit Reinaluminium beschichtet wird, die Maskierung anschließend in einem zweiten Verfahrensschritt wieder entfernt wird und danach das unmaskierte Bauteil in einem dritten Verfahrensschritt in einer Schutzgasatmosphäre oder im Vakuum unter einem vorgegebenen Hochtemperatur- und Zeitregime wärmebehandelt wird, wobei Aluminium in das Bauteil diffundiert und Legierungsbestandteile des Bauteils in entgegengesetzter Richtung in die Aluminiumschicht diffundieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maskierung aus unterhalb 400°C wärmebeständigen Klebern oder Kunststoffen oder aufgeklebten Metallbändern besteht.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu beschichtenden Bauteilabschnitte vor der Galvanisierung gereinigt und mit einem Aktivierungsmittel behandelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aktivierungsmittel Nickelchlorid ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Diffusion des Aluminiums die Bauteile zunächst auf ca. 400 - 700°C erwärmt und bis zu zwei Stunden bei dieser Temperatur gehalten werden und dann ca. eine Stunde bei etwa 1100°C und ca. fünf Stunden bei etwa 1030°C wärmebehandelt und danach in ruhender Luft abgekühlt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die unmaskierten Bauteilabschnitte in dem aprotischen Elektrolyten in einer Schichtdicke von 5 bis 10 µm beschichtet werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die galvanisch erzeugte Aluminiumbeschichtung in einer Beize nachbehandelt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung einer Aluminium-Diffusionsschicht zum Oxidationsschutz von metallischen Bauteilen durch Bildung einer Aluminiumoxid-Schutzschicht, insbesondere für aus einer Nickel-Basis-Legierung bestehenden Bauteilen einer Flug-