



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 00 807 T2** 2006.03.23

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 403 395 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 00 807.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 256 036.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.09.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.03.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **C23C 10/04** (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

259342 27.09.2002 US

(73) Patentinhaber:

**GE Aviation Services Operation (Pte) Ltd.,
Singapur/Singapore, SG**

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Langley, Nigel Brian Thomas, Danvers,
Massachusetts, US; Yow, Kwok Heng, Singapore
570160, SG**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Gasphasenaluminisierung einer teilweise mit einem Maskierungsgehäuse maskierten Gasturbinenschaufel**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft Gasturbinentriebwerksschaufeln, die in Gasturbinentriebwerken verwendet werden, und insbesondere das selektive Schützen von Abschnitten der Gasturbinenschaufeln mittels einer Schutzbeschichtung.

[0002] In einem Flugzeug-Gasturbinen-(strahl)-Triebwerk wird Luft in die Vorderseite des Triebwerks eingesaugt, durch einen auf einer Welle montierten Kompressor komprimiert und mit Brennstoff vermischt. Das Gemisch wird verbrannt und die heißen Verbrennungsgase werden durch eine auf derselben Welle montierte Turbine geleitet. Der Strom der Verbrennungsgase dreht die Turbine durch Aufprall auf einen Schaufelblattabschnitt der Turbinenlaufschaufeln und -leitschaufeln, was wiederum die Welle dreht und Energie an den Kompressor liefert. Die heißen Abgase strömen aus der Rückseite des Triebwerks aus und treiben dieses und das Flugzeug dabei vorwärts.

[0003] Je heißer die Verbrennungs- und Abgase sind, desto effizienter ist der Betrieb des Strahltriebwerks. Es besteht daher ein Anreiz zur Erhöhung der Verbrennungs- und Abgastemperaturen. Die maximale Temperatur der Verbrennungsgase ist normalerweise durch die Materialien beschränkt, die zum Herstellen der Heißabschnittskomponenten des Triebwerks verwendet werden. Diese Komponenten umfassen die Turbinenleitschaufeln und Turbinenlaufschaufeln der Gasturbine, auf welche die heißen Verbindungsgase direkt auftreffen. In derzeitigen Triebwerken werden die Turbinenleitschaufeln und Laufschaufeln aus Nickelbasis-Superlegierungen hergestellt und können bei Temperaturen bis zu etwa 983 bis 1149°C (1800 bis 2100°F) arbeiten. Diese Komponenten sind empfindlich gegen Oxidation und korrosiven Medien.

[0004] Es wurden bereits viele Verfahren angewendet, um die Betriebstemperaturgrenzen und Betriebslebensdauern der Turbinenlaufschaufel und -leitschaufeln auf ihre derzeitigen Werte unter gleichzeitige Erzielung akzeptabler Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit zu erhöhen. Die Zusammensetzung und Verarbeitung der Basismaterialien selbst wurden bereits verbessert. Es werden Kühltechniken angewendet, indem beispielsweise die Komponente mit internen Kühlkanälen versehen wird, durch welche man Kühlluft strömen lässt.

[0005] In einem weiteren zum Schutz der Heißabschnitts-Komponenten angewendeten Verfahren wird ein Abschnitt der Oberflächen der Turbinenlaufschaufeln mit einer Schutzbeschichtung beschichtet. Ein Schutzbeschichtungstyp umfasst eine aluminiumhaltige Schutzbeschichtung, die auf dem zu schützenden Substratmaterial abgeschieden wird.

Die freiliegende Oberfläche der aluminiumhaltigen Schutzbeschichtung oxidiert unter Ausbildung einer Aluminiumoxidschutzschicht, die das darunterliegende Substrat schützt.

[0006] Unterschiedliche Abschnitte der Gasturbinenschaufel erfordern unterschiedliche Arten und Dicken an Schutzbeschichtungen, und auf einigen Abschnitten darf sich keine Beschichtung befinden. Die Aufbringung der unterschiedlichen Arten und Dicken von Schutzbeschichtungen in einigen Bereichen und die Verhinderung einer Beschichtungsabscheidung in anderen Bereichen kann bei Anwendung der effizientesten Beschichtungstechniken schwierige Probleme für Gasturbinenschaufeln bereiten, welche neu hergestellt oder repariert werden, und welche bereits bestehende Beschichtungen aufweisen und/oder neu aufgetragene Beschichtungen benötigen. In vielen Fällen ist es schwierig, die gewünschte Kombination von Schutzbeschichtungen und unbeschichteten Oberflächen zu erzielen. Es besteht ein Bedarf an einem verbesserten Verfahren für solche Beschichtungsprozesse, um die erforderliche Selektivität in dem Vorhandensein und der Dicke der Schutzbeschichtung in einigen Bereichen zu erzielen, und deren Abwesenheit in anderen Bereichen sicherzustellen. Die vorliegende Erfindung erfüllt diesen Bedarf und stellt weitere diesbezügliche Vorteile bereit.

[0007] Die vorliegende Erfindung schafft gemäß Anspruch 1 oder 6 ein Verfahren zum selektiven Schützen einer Gasturbinentriebwerksschaufel durch Abscheiden von Beschichtungen einer gewünschten Art und Dicke in einigen Bereichen und die Verhinderung der Beschichtung in anderen Bereichen. Das Verfahren nutzt eine Dampfphasen-Aluminisierung, eine Beschichtungstechnik, die im Vergleich zu alternativen Verfahren, wie zum Beispiel Pulver-Aluminisierung, relativ wirtschaftlich und umweltfreundlich ist. Es können Übergangszonen zwischen den beschichteten und unbeschichteten Bereichen von nicht mehr als etwa 3,175 mm (1/8 Inch) erzielt werden.

[0008] Ein Verfahren zum selektiven Schützen einer Gasturbinenschaufel umfasst die Schritte der Bereitstellung einer Gasturbinenschaufel mit einem Schaufelblatt, einem Fuß mit einem Schwalbenschwanz und mit einer Oberseite und einer Unterseite dazwischen und das Bereitstellen eines Maskierungsgehäuses.

[0009] Das Maskierungsgehäuse umfasst ein Schaufelblattgehäuse mit einer oberen Abdichtungsplatte mit einer oberen durch sie hindurch führenden Öffnung und solchen Abmessung, dass sie das Schaufelblatt der Gasturbinenschaufel darin aufnimmt, wobei sich das Schaufelblatt durch die obere Öffnung und die obere Abdichtungsplatte erstreckt, welche die Oberseite der Plattform berührt. Das Maskierungsgehäuse umfasst ferner ein Schwalben-

schwanzgehäuse mit einer Schwalbenschwanzführung darin, die ein unteres Ende des Schwalbenschwanzes in sich aufnimmt und eine untere Abdichtungsplatte mit einer unteren Durchtrittsöffnung und solchen Abmessungen enthält, dass sie um den Fuß herum passt. Die Gasturbinentriebwerksschaufel wird in dem Maskierungsgehäuse platziert, um eine Aluminisierungsanordnung zu erzeugen. Die Aluminisierungsanordnung mit der Gasturbinenschaufel mit ihrem Schaufelblatt und ihrem Schwalbenschwanz innerhalb des Maskierungsgehäuses wird Dampfphasen-aluminisiert, so dass Aluminium auf einem freiliegenden Abschnitt der Gasturbinentriebwerksschaufel abgeschieden wird, welcher sich nicht innerhalb des Maskierungsgehäuses befindet.

[0010] In einer interessierenden Anwendung war die Gasturbinenschaufel zuvor in Einsatz und wird gereinigt, bevor sie in dem Maskierungsgehäuse untergebracht wird.

[0011] Die obere Öffnung des Schaufelblattgehäuses hat erwünschtermaßen solche Abmessungen, dass ein oberer Spalt zwischen den Schaufelblatt und der oberen Öffnung nicht größer als etwa 0,127 mm (0,005 inches) ist. In ähnlicher Weise hat die untere Öffnung solche Abmessungen, dass ein unterer Spalt zwischen dem Fuß und der unteren Öffnung nicht größer als etwa 0,0254 mm (0,001 inches) ist. Dieser enge Sitz zwischen den Öffnungen und den entsprechenden Abschnitten der Turbinenschaufel trägt zu einer Verhinderung des Eindringens des aluminiumhaltigen Gases während des Aluminisierungsschrittes bei. Zusätzlich kann die obere Öffnung so profiliert werden, dass sie einer an die Plattform angrenzenden Form des Schaufelblattes entspricht. Ein Zwischenraum zwischen dem Schwalbenschwanz und dem Schwalbenschwanzgehäuse kann mit einem Maskierungspulver gefüllt werden, um die Möglichkeit zu reduzieren, dass das Aluminisierungsgas durch den Spalt zwischen dem Fuß und der unteren Öffnung eindringt.

[0012] Um einen Aluminiumverlust von dem Schaufelblatt in den Situationen zu vermeiden, in denen es bereits zuvor aluminisiert war, kann eine aluminiumhaltige Beschichtung auf einer Innenfläche des Schaufelblattgehäuses abgeschieden werden.

[0013] Bevorzugt ist das Schaufelblattgehäuse nicht in einem Stück mit dem Schwalbenschwanzgehäuse ausgeführt. Das Schwalbenschwanzgehäuse besitzt ist üblicherweise eine abnehmbare Endplatte, die solchen Abmessung hat, dass sie die Unterbringung des Schwalbenschwanzes in dem Schwalbenschwanzgehäuse ermöglicht.

[0014] Die Dampfphasen-Aluminisierung kann mittels jedes durchführbaren Verfahrens ausgeführt werden. Bevorzugt wird die Aluminisierungsanord-

nung aus einer Feststoff-Aluminiumquelle aluminisiert, die nicht in physikalischem Kontakt mit der Aluminisierungsanordnung steht.

[0015] Dampfphasen-Aluminisierung ist ein effizientes, schnelles, umweltfreundliches Verfahren zur Abscheidung einer aluminiumhaltigen Schicht in den für Gasturbinenschutzbeschichtungen erforderlichen Dicken. Es ist jedoch schwierig, selektiv und genau das Aluminium nur auf den Bereichen des Gasturbinenschaufelblattes abzuscheiden, wo es erforderlich ist, ohne es auch an anderen Abschnitten, wie zum Beispiel dem Schwalbenschwanz abzuscheiden, wo dessen Vorhandensein nicht zulässig ist. Es wurden bereits viele Maskierungstechniken wurden eingesetzt, wobei aber die verfügbaren Techniken keine ausreichend gute Abgrenzung der maskierten von den unmaskierten Bereichen erbringen, da der aluminiumhaltige Dampf so mobil ist, dass er durch die oder um die meisten Masken herum eindringt. Demzufolge ist die aluminiumhaltige Beschichtung oft an den Abschnitten vorhanden, die nicht zu beschichten sind, wenn herkömmliche Verfahrenswege angewendet werden. In dem vorliegenden Falle sind das eng anliegende Maskierungsgehäuse, verbunden mit der weiteren hierin diskutierten Maskierungstechnik, sehr erfolgreich in der Definition der Trennungslinie zwischen den beschichteten und unbeschichteten Bereichen. Bei einer Prüfung wurde ein Beschichtungs/Nicht-Beschichtungs-Übergang von nicht mehr als etwa 3,175 mm (1/8 inches) erzielt. Diese gute Auflösung des Beschichtungs/Nicht-Beschichtungs-Überganges ist insbesondere für kleine Gasturbinenschaufeln von nicht mehr als etwa 50,8 mm (2 inches) Gesamtlänge wichtig. Zusätzlich ist das wieder verwendbare Maskierungsgehäuse sehr kosteneffektiv im Vergleich zu komplexeren Einmalmaskierungstechniken, wie zum Beispiel Band, Brei oder Pulvermasken, einzusetzen. Die Produktionseffizienz mit dem vorliegenden Verfahren kann sogar noch weiter verbessert werden, indem das Maskierungsgehäuse so aufgebaut wird, dass zwei oder mehr Gasturbinentriebwerksschaufeln in dem Maskierungsgehäuse untergebracht werden können.

[0016] Die Erfindung wird nun detaillierter im Rahmen eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, in welchen:

[0017] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Gasturbinenschaufel;

[0018] [Fig. 2](#) ist ein Blockflussdiagramm eines Verfahrens zum selektiven Schützen der Gasturbinenschaufel;

[0019] [Fig. 3](#) ist eine schematische Schnittdarstellung der Gasturbinenschaufel in dem Maskierungsgehäuse; und

[0020] [Fig. 4](#) ist eine schematische Seitenschnittansicht der Gasturbinenschaufel in dem Maskierungsgehäuse.

[0021] [Fig. 1](#) stellt eine Gasturbinenschaufel **20** dar, welche bevorzugt bereits im Einsatz war oder welche ein neu hergestellter Artikel sein kann. Die Gasturbinenschaufel **20** besitzt ein Schaufelblatt **22**, auf das die Strömung des heißen Verbrennungsgases während des Einsatzes auftritt, einen sich nach unten erstreckenden Fuß **24** und eine Befestigung in der Form eines Schwalbenschwanzes **26**, der die Gasturbinenschaufel **20** an einer (nicht dargestellten) Gasturbinenscheibe des Gasturbinenriebwerks befestigt. Eine Plattform **28** erstreckt sich quer an einer Stelle zwischen dem Schaufelblatt **22** und dem Fuß **24** und dem Schwalbenschwanz **26** nach außen. Die Plattform **28** besitzt eine an das Schaufelblatt **22** angrenzende Oberseite **30** und eine an den Fuß **24** und den Schwalbenschwanz **26** angrenzende (manchmal als eine "Unterseite" der Plattform bezeichnete) untere Oberfläche **32**. Ein Beispiel einer Gasturbinenschaufel **20**, bei der das vorliegende Verfahren angewendet werden kann, ist die CF34-3G1 Hochdruckturbinenschaufel, obwohl die Erfindung nicht darauf beschränkt ist.

[0022] Die gesamte Gasturbinenschaufel **20** besteht bevorzugt aus einer Nickelbasis-Superlegierung. Eine Legierung auf Nickelbasis weist mehr Nickel als jedes andere Element auf und eine Superlegierung auf Nickelbasis ist eine Legierung auf Nickelbasis, die durch eine γ -Phase oder eine verwandte Phase verfestigt ist. Ein Beispiel einer Nickelbasis-Superlegierung, mit welcher die vorliegende Erfindung verwendet werden kann ist die Rene^R 142, mit einer nominellen Zusammensetzung in Gewichtsprozent von etwa 12,0% Kobalt, etwa 6,8% Chrom, etwa 1,5% Molybdän, etwa 4,9% Wolfram, etwa 2,8% Rhenium, etwa 6,35% Tantal, etwa 6,15% Aluminium, etwa 1,5% Hafnium, etwa 0,12% Kohlenstoff, etwa 0,015% Bor und der Rest Nickel und Nebenelemente, wobei jedoch die Anwendung der Erfindung nicht darauf beschränkt ist.

[0023] Die bevorzugte Ausführungsform wird in Bezug auf eine Gasturbinenschaufel **20** angewendet, die bereits im Einsatz war, und diese Ausführungsform wird beschrieben, obwohl die Erfindung ebenso bei neuen Artikeln verwendet werden kann. Die Gasturbinenschaufel **20**, welche bereits in Einsatz war, wird als neue Gasturbinenschaufel hergestellt und dann in einem Flugzeugtriebwerksbetrieb wenigstens einmal verwendet. Während des Betriebs wird die Gasturbinenschaufel **20** Bedingungen unterworfen, welche ihre Struktur verschlechtern. Abschnitte der Gasturbinenriebwerksschaufel werden erodiert, oxidiert und/oder abgetragen, so dass sich ihre Form und Abmessungen ändern, und Beschichtungen werden zerfressen oder abgetragen. Da die Gasturbi-

nenschaufel **20** ein teurerer Artikel ist, wird es bevorzugt, dass relativ kleine Beschädigungen repariert werden, statt dass die Gasturbinenschaufel **20** verschrottet wird. Das vorliegende Verfahren ist geschaffen, um die Gasturbinenschaufel **20** so zu reparieren, zu erneuern und zu verjüngen, dass sie wieder in den Einsatz zurückgeführt werden kann. Eine derartige Reparatur, Erneuerung und Verjüngung ist eine wichtige Funktion, welche die wirtschaftliche Rentabilität von Flugzeug-Gasturbinenriebwerken verbessert, indem ansonsten unbrauchbare Gasturbinenschaufeln in einen anschließenden Betrieb nach einer entsprechenden Verarbeitung zurückgeführt werden.

[0024] Ein Aspekt der Reparatur besteht in einigen Fällen in der Aufbringung einer Schutzbeschichtung auf die Unterseite **32** der Plattform **28** und den angrenzenden Abschnitt des Fußes **24**. Weil die Unterseite **32** der Plattform **28** und der Fuß **24** von der Strömung des heißen Verbrennungsgases, das auf das Schaufelblatt **22** auftritt, relativ isoliert sind, war es in der Vergangenheit üblich, dass sie nicht mit einer Schutzschicht versehen wurden. Da jedoch andere Eigenschaften der Gasturbinenschaufel **20** verbessert wurden, um sogar noch höhere Betriebsreparaturen für einen erhöhten Riebwerkswirkungsgrad zu ermöglichen, wurde es offensichtlich, dass die Unterseite **32** der Plattform **28** und der benachbarte Abschnitt des Fußes **24** der Gasturbinenschaufeln **20** moderner Riebwerke Schutzbeschichtungen erfordern können, um eine Beschädigung aufgrund von Oxidation und Korrosion zu hemmen und möglicherweise zu vermeiden. Die vorliegende Erfindung befasst sich, da sie auf Gasturbinenschaufeln angewendet wird, die bereits im Einsatz waren, mit dem Umstand, bei dem es ersichtlich wird, dass eine derartige Schutzbeschichtung auf der Unterseite **32** der Plattform **28** und dem angrenzenden Abschnitt des Fußes **24** nur dann erforderlich wird, nachdem die Gasturbinenschaufel **20** im Einsatz war. Ähnliche Überlegungen treffen auf neue Gasturbinenriebwerksschaufeln zu, wenn die Notwendigkeit für die Schutzbeschichtung während des Anfangsherstellungsprozesses bekannt wird.

[0025] [Fig. 2](#) stellt ein bevorzugtes Verfahren für die Ausführung der Erfindung dar. Die Gasturbinenschaufel **20** gemäß vorstehender Beschreibung wird bei dem Schritt **40** bereitgestellt. Wenn die Gasturbinenschaufel **20** bereits im Einsatz war, wird sie als Teil des Bereitstellungsschrittes **40** gereinigt. Die Reinigung umfasst normalerweise die Entfernung von Oberflächenschmutz, Ruß, Oxiden und Korrosionsprodukten, wenigstens von den Bereichen, die in dem vorliegenden Vorgang zu beschichten sind, insbesondere die Unterseite **32** der Plattform **28** und den angrenzenden Abschnitt des Fußes **24**. Der Rest der Gasturbinenschaufel **20** wird typischerweise ebenfalls gereinigt. Jede ausführbare Reinigungsprozedur

kann angewendet werden. Ein wirksames Verfahren besteht darin, die Turbinentriebwerkschaufel **20** mit einem schwachen Säurebad wie zum Beispiel "Diamonium-Versene" in Kontakt zu bringen, und danach die Turbinenschaufel **20** sandzustrahlen.

[0026] In Schritt **42** wird ein in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 4](#) dargestelltes Maskierungsgehäuse **50** mit der darin bereitgestellten Gasturbinenschaufel **20** wird bereitgestellt. Das Maskierungsgehäuse **50** weist zwei Teile auf, ein Schaufelblattgehäuse **52** und ein Schwalbenschwanzgehäuse **54**, welche bevorzugt nicht in einem Stück ausgeführt sind. Das Schaufelblattgehäuse **52** und das Schwalbenschwanzgehäuse **54** sind Kästen mit festen Wänden und in diesen ausgebildeten Öffnungen, wie sie nachstehend beschrieben werden. Die Funktion des Maskierungsgehäuses **50** ist die Verhinderung einer Aluminiumabscheidung auf den eingeschlossenen Abschnitten und das Zulassen einer Aluminiumabscheidung auf den nicht eingeschlossenen Abschnitten während des Aluminisierungsvorgangs. Die entsprechenden Wände **56** und **58** der Gehäuse **52** und **54** können aus jedem bearbeitbaren Material bestehen, das sich nicht erheblich verschlechtert, wenn es den erhöhten Temperaturbedingungen des Aluminisierungsprozesses ausgesetzt wird, und bestehen bevorzugt aus einer Nickelbasis-Legierung, welche keine Partikel an die gerade bearbeitete Gasturbinenschaufel **20** abgibt. Ein Beispiel einer derartigen Nickelbasis-Legierung ist Rene^R 142.

[0027] Das Schwalbenschwanzgehäuse **54** wird typischerweise in einem kastenartigen Halter **59** gehalten, der in [Fig. 3](#) dargestellt ist, jedoch aus [Fig. 4](#) zur Verdeutlichung weggelassen ist. Zwischen der Wand **58** des Schwalbenschwanzgehäuses **54** und der Wand des Halters **59** können Keile **86** platziert sein, um das Schwalbenschwanzgehäuse **54** genau zu positionieren und dessen Kippen zu verhindern.

[0028] Das Schaufelblattgehäuse **52** weist eine obere Abdichtungsplatte **60** mit einer oberen Öffnung **62** durch sie hindurch auf. Die obere Öffnung **62** ist so geformt und bemessen, dass sie das Schaufelblatt **52** der Gasturbinenschaufel **20** durch sich hindurch aufnimmt, wobei sich die Schaufel **22** durch die obere Öffnung **22** und in das Innere des Schaufelblattgehäuses **52** erstreckt. Die obere Abdichtungsplatte **60** berührt bevorzugt die Oberseite **30** der Plattform **28** und liegt mit einem engen Kontakt dazwischen darauf auf. Die obere Öffnung **62** ist bevorzugt so geformt, bemessen und dimensioniert, dass ein oberer Spalt **64** zwischen dem Schaufelblatt **22** und der oberen Öffnung **62** nicht größer als etwa 0,127 mm (0,005 inches) ist, so dass Aluminisierungsgas nicht einfach in das Innere des Schaufelblattgehäuses **52** strömen kann. Um ferner jede Strömung von Aluminisierungsgas in das Innere des Schaufelbandgehäuses **52** zu verhindern, ist die obere Abdichtungsplatte **60** mit der

oberen Öffnung **62** in einer solchen geformt ausgebildet, dass sie mit einer Form des Abschnittes des Schaufelblattes **92** übereinstimmt, welche an die Plattform **28** angrenzt.

[0029] Eine Innenseite **66** der Wand **56** des Schaufelblattgehäuses **52** ist bevorzugt mit einer dünnen aluminiumhaltigen Beschichtung **68** beschichtet. Die aluminiumhaltige Beschichtung **68** verhindert während der anschließenden Erwärmung in Verbindung mit der Aluminisierung die Abtragung von Aluminium aus Beschichtungen, die bereits auf der Oberfläche des Schaufelblattes **22** innerhalb des Schaufelblattgehäuses **52** vorhanden sind.

[0030] Das Schwalbenschwanzgehäuse **54** enthält ferner eine Schwalbenschwanzführung **70** in Form eines Schlitzes, die ein unteres Ende **72** des Schwalbenschwanzes **28** in sich aufnimmt. Die Schwalbenschwanzführung **70** hält den Schwalbenschwanz **26** und somit die gesamte Gasturbinenschaufel **20** in der korrekten Orientierung im Bezug auf das Schwalbenschwanzgehäuse **54** und das Schaufelblattgehäuse **52**. Die Funktion des Schwalbenschwanzgehäuses **54** ist die Verhinderung der Abscheidung von Aluminium auf dem Schwalbenschwanz **56** während des anschließenden Dampfphasen-Aluminisierungsschrittes. Eine untere Abdichtungsplatte **74** besitzt eine untere Öffnung **76** dadurch, die so geformt und bemessen ist, dass sie um den angrenzenden Abschnitt des Fußes **24** passt.

[0031] Die untere Öffnung **76** ist so geformt und bemessen, dass ein unterer Spalt **78** zwischen dem Fuß **24** und der unteren Öffnung **76** nicht größer als etwa 0,0254 mm (0,001 inches) ist, um das Eindringen des Aluminisierungsgases in das Innere des Schwalbenschwanzgehäuses **54** während des anschließenden Aluminisierungsschrittes zu minimieren. Zusätzlich kann ein Zwischenraum **80** zwischen dem Schwalbenschwanz **26** und der Wand **58** des Schwalbenschwanzgehäuses **54** optional mit einem Maskierungspulver **82** gefüllt sein, das durch ein Füllloch **84** (welches danach verschlossen wird) in der Wand **58** des Schwalbenschwanzgehäuses **54** eingefüllt wird. Das Maskierungspulver **82** ist bevorzugt eine inerte Substanz, wie zum Beispiel Aluminiumoxid.

[0032] Die Gasturbinenschaufel **20** wird in dem Maskierungsgehäuse **50** untergebracht, Schritt **44**, um eine Aluminisierungsanordnung **88** auszubilden, wie sie in den [Fig. 3–Fig. 4](#) zu sehen ist. Um diese Anordnung zu erhalten, wird die Gasturbinenschaufel **20** zuerst in das Schaufelblattgehäuse **54** eingeführt. Um das Einführen der Gasturbinenschaufel in das Schwalbenschwanzgehäuse **54** zu ermöglichen, ist das Schwalbenschwanzgehäuse **54** bevorzugt mit einer abnehmbaren Endplatte **90** ausgestattet. Der Schwalbenschwanz **26** gleitet bei abgenommener

Endplatte **90** in die Schwalbenschwanzführung **70** und dann wird die Endplatte **90** eingebaut. Das Schaufelblattgehäuse **52** wird über das Schaufelblatt **92** geführt. Die Aluminisierungsanordnung **88** hat das Schaufelblatt **22** und den Schwalbenschwanz **56** der Gasturbinenschaufel **20** innerhalb des Maskierungsgehäuses **50** liegen.

[0033] Die Aluminisierungsanordnung **88** wird in Schritt **46** bevorzugt aus einer festen aluminiumhaltigen Quelle, die nicht in physikalischem Kontakt mit der Aluminisierungsanordnung **88** steht, Dampfphasen-aluminisiert. Auf dem freiliegenden Abschnitt **92** der Gasturbinenschaufel **20**, der sich nicht innerhalb des Maskierungsgehäuses **50** befindet, wird Aluminium abgeschieden. In der dargestellten Ausführungsform umfasst der freiliegende Abschnitt **92** die Unterseite **32** der Plattform **28** und den angrenzenden Abschnitt des Fußes **24** zwischen der Plattform **28** und dem Schwalbenschwanz **26**, obwohl die Erfindung nicht darauf beschränkt ist.

[0034] Die Dampfphasen-Aluminisierung ist eine im Fachgebiet bekannte Prozedur und es kann jede Form einer Dampfphasen-Aluminisierung angewendet werden. In ihrer bevorzugten Form werden Körbe mit Kügelchen (Pellets) einer Chrom-Aluminium-Legierung innerhalb von etwa 25,4 mm (1 inch) der Gasturbinenschaufel, die in der Dampfphase zu aluminisieren ist, in einer Retorte angeordnet. Die die Körbe und die Turbinenschaufel **20** (typischerweise werden viele Turbinenschaufel zusammen bearbeitet) enthaltende Retorte wird in einer Argon-Atmosphäre mit einer Erwärmungsrate von etwa 27°C (50°F) pro Minute auf eine Temperatur von etwa 1079°C ± 13,5°C (1975°F ± 25°F) aufgeheizt, bei dieser Temperatur für etwa 3 Stunden ± 15 Minuten gehalten, wobei während dieser Zeit Aluminium abgeschieden wird, und dann auf etwa 121°C (250°F) und dann auf Raumtemperatur abgekühlt. Diese Zeiten und Temperaturen können verändert werden, um die Dicke der abgeschiedenen aluminiumhaltigen Schicht zu verändern.

[0035] Die vorliegende Erfindung wurde praktisch mit Gasturbinenschaufeln ausgeführt, die etwa 1,8 inches lang sind, indem das vorstehend diskutierte Verfahren angewendet wurde. Der Übergang zwischen dem freiliegenden Abschnitt **92** der Gasturbinenschaufel, der aluminisiert wurde und dem Schwalbenschwanz **26**, der nicht aluminisiert wurde, war nur 1/8 inches, was eine genau gesteuerte Teilungslinie ergibt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum selektiven Schützen einer Gasturbinentriebwerksschaufel (**20**) mit den Schritten:
Bereitstellen der Gasturbinentriebwerksschaufel (**20**) mit einem Schaufelblatt (**22**), einem Fuß (**24**) mit

einem Schwalbenschwanz (**26**) und einer Plattform (**28**) mit einer Oberseite (**30**) und einer Unterseite (**32**) dazwischen;

Bereitstellen eines Maskierungsgehäuses (**50**), bestehend aus:

einem Schaufelblattgehäuse (**52**), das eine obere Abdichtungsplatte (**60**) mit einer oberen Durchtrittsöffnung (**62**) und solchen Abmessung aufweist, dass sie das Schaufelblatt (**22**) der Gasturbinentriebwerksschaufel (**20**) in sich aufnimmt, wobei sich das Schaufelblatt (**22**) durch die obere Öffnung (**62**) hindurch erstreckt und die obere Abdichtungsplatte (**60**) die Oberseite (**30**) der Plattform (**28**) berührt, und einem Schwalbenschwanzgehäuse (**54**), das eine Schwalbenschwanzführung (**70**), die ein unteres Ende (**72**) des Schwalbenschwanzes (**26**) darin aufnimmt, und eine untere Abdichtungsplatte (**74**) mit einer unteren Durchtrittsöffnung (**76**) und solchen Abmessung enthält, dass sie um den Fuß (**24**) herum passt, wobei ein Abschnitt (**92**) zwischen der Plattform (**28**) und dem Fuß (**24**) des Schaufelblattes freiliegt; anschließend

Platzieren der Gasturbinentriebwerksschaufel (**20**) in dem Maskierungsgehäuse (**50**), um eine Aluminisierungsanordnung (**88**) zu erzeugen; und anschließend Dampfphasen-Aluminisieren der Aluminisierungsanordnung (**88**), wobei die Gasturbinentriebwerksschaufel (**20**) ihr Schaufelblatt (**22**) und ihren Schwalbenschwanz (**26**) innerhalb des Maskierungsgehäuses (**50**) liegen hat, so dass Aluminium auf einem freiliegenden Abschnitt (**92**) der Gasturbinentriebwerksschaufel (**20**) abgeschieden wird, welcher sich nicht innerhalb des Maskierungsgehäuses (**50**) befindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt der Bereitstellung der Gasturbinenschaufel (**20**) die Schritte umfasst:

Bereitstellen der Gasturbinenschaufel (**20**), welche zuvor in Einsatz war, und

Reinigen der Gasturbinenschaufel (**20**).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Schritt der Bereitstellung des Maskierungsgehäuses (**50**) den Schritt der Abscheidung einer aluminiumhaltigen Beschichtung (**68**) auf einer Innenfläche (**66**) des Schaufelblattgehäuses (**52**) umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei bei dem Schritt der Bereitstellung des Maskierungsgehäuses (**50**) die obere Öffnung (**62**) in der Weise bemessen wird, dass ein oberer Spalt (**64**) zwischen dem Schaufelblatt (**22**) und der oberen Öffnung (**62**) nicht größer als etwa 0,127 mm (0,0005 inch) ist.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Schritt der Bereitstellung des Maskierungsgehäuses (**50**) den Schritt der Bereitstellung der oberen Abdichtungsplatte (**60**) umfasst, wobei die obere Öffnung (**62**) profiliert ist, dass sie mit einer Form des Schaufelblattes (**22**) angrenzend an

die Plattform (28) übereinstimmt.

6. Verfahren zum selektiven Schützen einer Gasturbinentriebwerksschaufel (20) mit den Schritten:
Bereitstellen der Gasturbinentriebwerksschaufel (20), welches zuvor im Einsatz war und ein Schaufelblatt (22), einen Fuß (24) mit einem Schwalbenschwanz (26) und eine Plattform (28) mit einer Oberseite (30) und einer Unterseite (32) aufweist, wobei der Schritt der Bereitstellung der Gasturbinentriebwerksschaufel den Schritt der Reinigung der Gasturbinentriebwerksschaufel (20) umfasst;
Bereitstellen eines Maskierungsgehäuses (50), bestehend aus:
einem Schaufelblattgehäuse (52), das eine obere Abdichtungsplatte (60) mit einer oberen Durchtrittsöffnung (62) und solchen Abmessung aufweist, dass sie das Schaufelblatt (22) der Gasturbinentriebwerksschaufel (20) darin aufnimmt, wobei sich das Schaufelblatt (22) durch die obere Öffnung (62) hindurch erstreckt und die obere Abdichtungsplatte (60) die Oberseite (30) der Plattform (28) berührt, wobei der Schritt der Bereitstellung des Maskierungsgehäuses (50) den Schritt der Abscheidung einer aluminiumhaltigen Beschichtung (68) auf einer Innenoberfläche (66) des Schaufelblattgehäuses (52) umfasst, und
einem Schwalbenschwanzgehäuse (54), das eine Schwalbenschwanzführung (70), die ein unteres Ende (72) des Schwalbenschwanzes (26) in sich aufnimmt, und eine untere Abdichtungsplatte (74) mit einer unteren Durchtrittsöffnung (76) und solchen Abmessung enthält, dass sie um den Fuß (24) herum passt, wobei ein Abschnitt (92) zwischen der Plattform (28) und dem Fuß (24) des Schaufelblattes freiliegt; anschließend
Platzieren der Gasturbinentriebwerksschaufel (20) in dem Maskierungsgehäuse (50), um eine Aluminisierungsanordnung (88) zu erzeugen, wobei der Schritt der Platzierung einen Schritt
der Füllung eines Raums (80) zwischen dem Schwalbenschwanz (26) und dem Schwalbenschwanzgehäuse (54) mit einem Abdeckpulver umfasst; und danach
Dampfphasen-Aluminisieren der Aluminisierungsanordnung (88), wobei das Schaufelblatt (22) und der Schwalbenschwanz (26) der Gasturbinentriebwerksschaufel (20) innerhalb des Maskierungsgehäuses (50) liegen, so dass Aluminium auf einem freiliegenden Abschnitt (92) der Gasturbinentriebwerksschaufel (20) abgeschieden wird, welcher sich nicht innerhalb des Maskierungsgehäuses (50) befindet.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei bei dem Schritt der Bereitstellung des Maskierungsgehäuses (50) die obere Öffnung (62) in der Weise bemessen wird, dass ein oberer Spalt (64) zwischen dem Schaufelblatt (22) und der oberen Öffnung (62) nicht größer als etwa 0,127 mm (0,0005 inch) ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei der Schritt der Bereitstellung des Maskierungsgehäuses (50) den Schritt der Bereitstellung der oberen Abdichtungsplatte (60) umfasst, wobei die obere Öffnung (62) so profiliert ist, dass sie mit einer Form des Schaufelblattes (22) angrenzend an die Plattform (28) übereinstimmt.

9. Verfahren nach Anspruch 6, 7, 8, wobei bei dem Schritt der Bereitstellung des Maskierungsgehäuses (50) die untere Öffnung (76) in der Weise bemessen wird, dass ein unterer Spalt (78) zwischen dem Fuß (24) und der unteren Öffnung (76) nicht größer als etwa 0,254 mm (0,001 inch) ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei der Schritt der Bereitstellung des Maskierungsgehäuses (50) den Schritt der Bereitstellung des Schaufelblattgehäuses (52) umfasst, das nicht in einem Stück mit dem Schwalbenschwanzgehäuse (54) ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

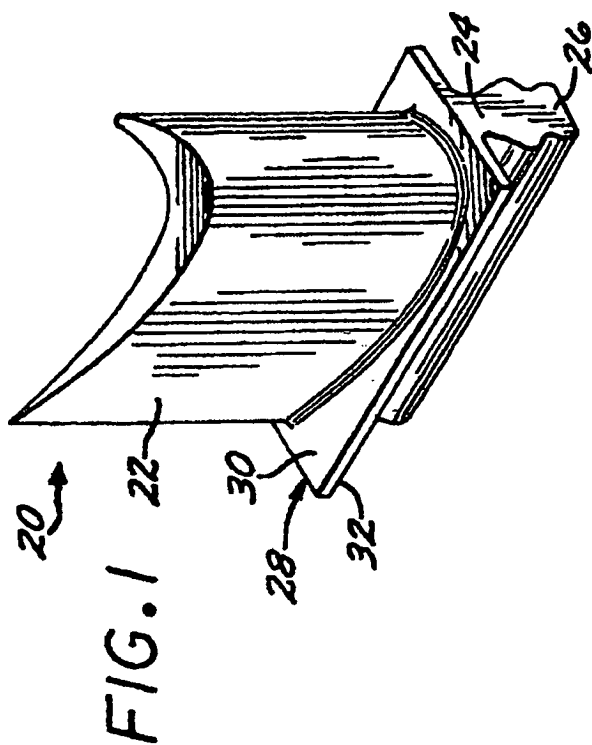
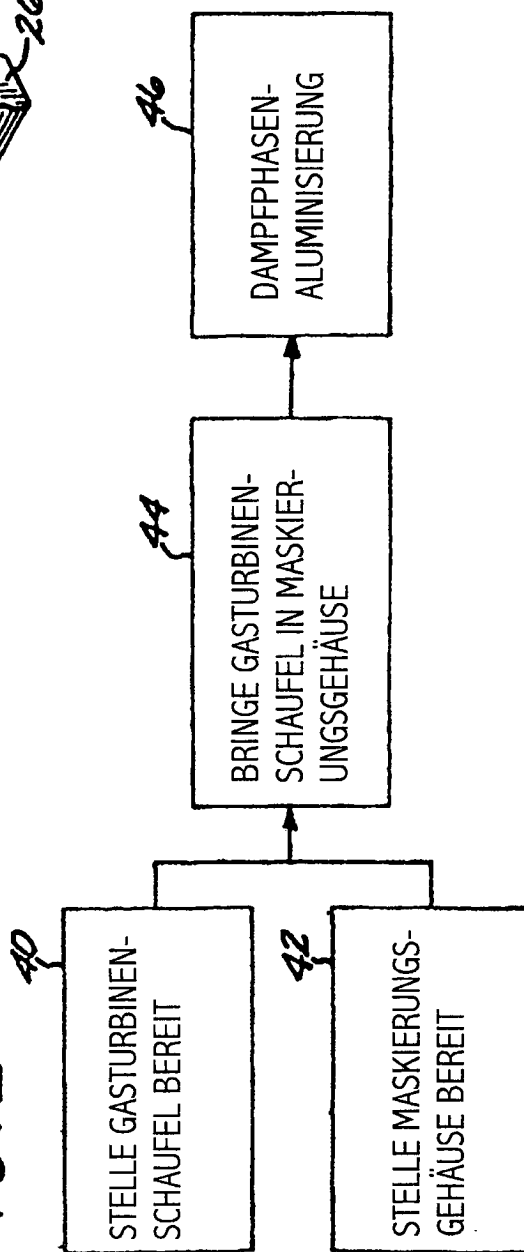


FIG. 2



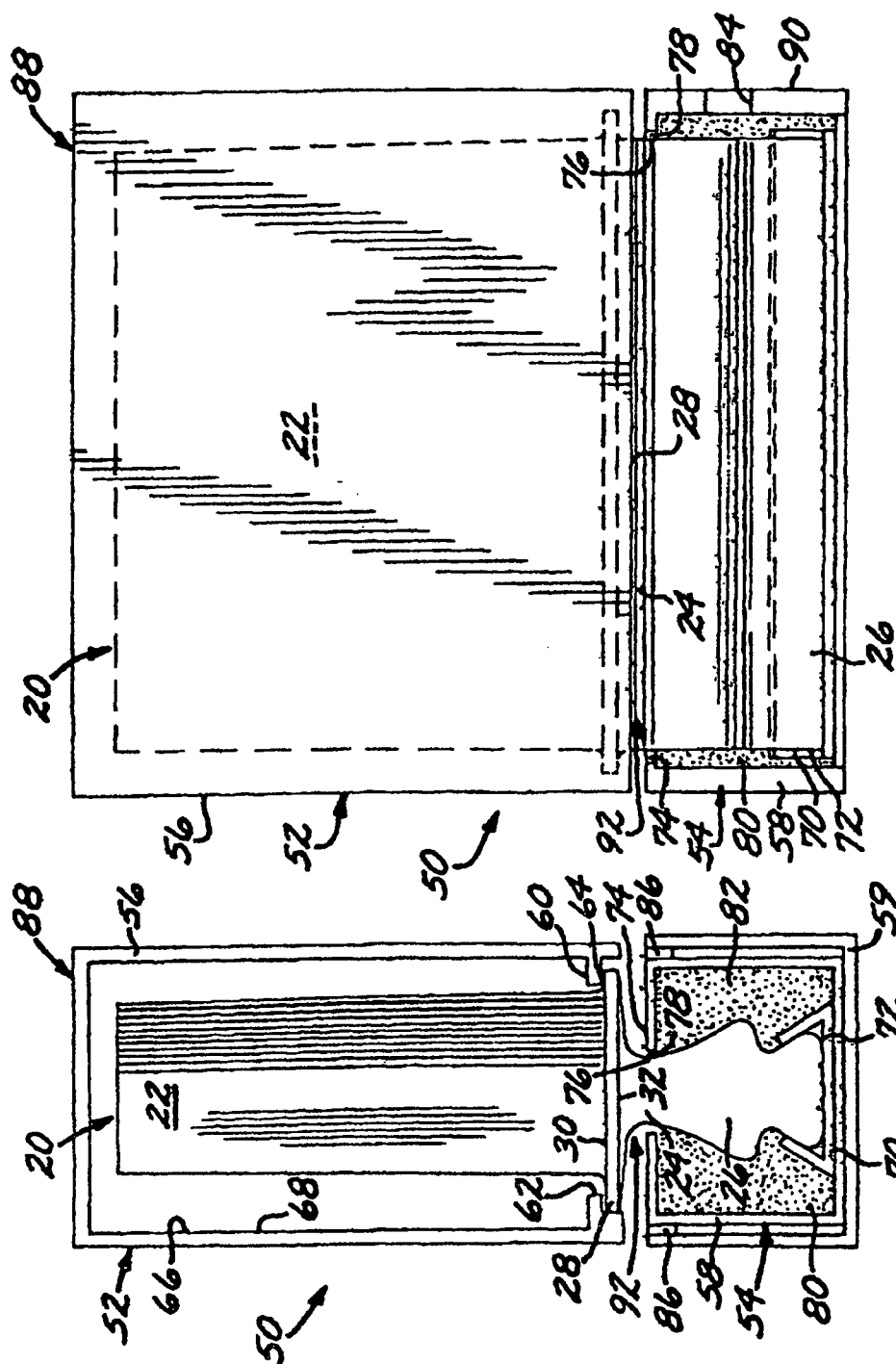


FIG. 4

FIG. 3