



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **698 571 A2**

(51) Int. Cl.: **C23C** **10/30** (2006.01)
C23C **10/48** (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00270/09

(22) Anmeldedatum: 23.02.2009

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.08.2009

(30) Priorität: 27.02.2008 US 12/037,987

(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:
Todd S. Moran, Simpsonville, South Carolina 29680 (US)
Dennis W. Cavanaugh,
Simpsonville, South Carolina 29680 (US)
Matthew James O'Connell,
Simpsonville, South Carolina 29680 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) **Diffusionsbeschichtungsverfahren mit Bindemitteln zum Unterstützen von Beschichtungsgas.**

(57) Die vorliegende Patentanmeldung stellt verbesserte Diffusionsbeschichtungszusammensetzungen und verbesserte Verfahren zum Beschichten von Metalloberflächen bereit. Die Zusammensetzung umfasst (a) ein Beschichtungspulver; und (b) ein Bindemittel, wobei das Beschichtungspulver mindestens ein Metall umfasst, und wobei das Bindemittel während der Verdampfung oder Verbrennung ein Aktivatorgas freisetzt. Das Verfahren umfasst die Schritte des (a) Bereitstellens eines Substrats; (b) Auftragens einer Diffusionsbeschichtungszusammensetzung auf mindestens einen Abschnitt des Substrats, wobei die Zusammensetzung ein Beschichtungspulver und ein Bindemittel umfasst und das Beschichtungspulver mindestens ein Metall umfasst; und (c) des Verdampfens oder Verbrennens von mindestens einem Teil der Zusammensetzung, um mindestens einen Teil des Bindemittels zu verdampfen oder zu verbrennen, um ein Aktivierungsgas zu erzeugen und um mindestens einen Teil des Metalls zu verdampfen, um eine Beschichtung von dem Metall auf dem Substrat zu bilden.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Patentanmeldung betrifft Diffusionsbeschichtungsverfahren und betrifft insbesondere Diffusionsbeschichtungsverfahren zum Unterstützen der Beschichtung von inneren Oberflächen.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Allgemein gesagt, können innere Hohlräume von Turbinenbauteilen schwierig und/oder teuer zu beschichten sein. Diese inneren Hohlräume können einen weiten Bereich von aufwändigen Oberflächen umfassen, auf welchen es schwierig ist, eine gleichmässige Beschichtungsdicke zu erzeugen, und von denen es schwierig ist, die während des Beschichtungsprozesses erzeugten Abfallstoffe zu entfernen. Unglücklicherweise sind Turbinenbauteile, die einem Betriebseinsatz ausgesetzt sind, sogar noch schwieriger zu beschichten als Bauteile des Originalausrüstungsherstellers (OEM), da diese Bauteile Oberflächen enthalten können, die unrein, teilweise oxidiert oder mit Beschichtungsrückständen bedeckt sind.

[0003] Derzeit existiert eine Vielzahl von Verfahren zum Beschichten von OEM-Turbinenbauteilen und von im Betriebseinsatz befindlichen Turbinenbauteilen. Ein Verfahren ist beispielsweise der relativ kostengünstige Packzementierungsprozess. Unglücklicherweise dürfte dieses Verfahren nicht in der Lage sein, eine gleichmässige Beschichtungsdicke auf komplexen Formen, wie etwa enge innere Kühlbohrungen und Hohlräumen, zu erzeugen. Darüber hinaus kann es schwierig werden, diese komplexen Formen nach dem Beschichtungsprozess wieder zu öffnen. Der Packzementierungsprozess kann zu Abfallstoffen führen, wie etwa Pulverrückstände und Asche, die schwierig zu entfernen und zu entsorgen sind.

[0004] Ein anderes Verfahren zum Beschichten von Turbinenbauteilen ist die chemische Gasphasenabscheidung (CVD). Obwohl dieses Verfahren in der Lage sein dürfte, eine gleichmässige Beschichtungsdicke zu erzeugen, können der CVD-Prozess und die Ausrüstung unerschwinglich teuer werden.

[0005] Wünschenswert ist deshalb ein Beschichtungsprozess, der eine gleichmässige Beschichtungsdicke auf einer Vielzahl von Turbinenbauteilen bereitstellen kann. Der Beschichtungsprozess kann kostengünstig sein und/oder kann eine gleichmässige Beschichtungsdicke auf einer grossen Vielfalt von komplexen Geometrien bereitstellen, die teilweise oxidiert, unrein oder mit Beschichtungsrückständen bedeckt sind. Der Prozess kann ebenfalls für eine einfache Beschichtungseinspritzung sorgen, weniger Abfallstoffe erzeugen und/oder eine einfache und gleichmässige Entfernung von Abfallstoffen, wie etwa Pulverrückstände und Asche, ermöglichen.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0006] Die vorliegende Patentanmeldung stellt daher eine Diffusionsbeschichtungszusammensetzung und ein Verfahren zum Diffusionsbeschichten eines Turbinenbauteils bereit. Die Zusammensetzung kann (a) ein Beschichtungspulver und (b) ein Bindemittel aufweisen, wobei das Beschichtungspulver mindestens ein Metall umfasst, und wobei das Bindemittel ein Aktivatorgas während der Verdampfung oder Verbrennung freisetzt. Das Verfahren kann die Schritte aufweisen:

- (a) Bereitstellen eines Substrats;
- (b) Aufbringen einer Diffusionsbeschichtungszusammensetzung auf mindestens einen Teil des Substrats, wobei die Zusammensetzung ein Beschichtungspulver und ein Bindemittel umfasst und das Beschichtungsmittel mindestens ein Metall umfasst;
- (c) Verdampfen oder Verbrennen von mindestens einem Teil der Zusammensetzung, um mindestens einen Teil des Bindemittels zu verdampfen oder zu verbrennen, um ein Aktivierungsgas zu erzeugen, und um mindestens einen Teil des Metalls zu verdampfen, um eine Beschichtung von dem Metall auf dem Substrat zu bilden.

[0007] Diese und andere Merkmale der vorliegenden Patentanmeldung werden einem Durchschnittsfachmann nach Durchsicht der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den angefügten Patentansprüchen deutlich werden.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0008] Die vorliegende Patentanmeldung stellt verbesserte Diffusionsbeschichtungszusammensetzungen und verbesserte Verfahren zur Diffusionsbeschichtung von Metalloberflächen bereit. Gemäss einer besonderen Ausführungsform kann die • vorliegende Patentanmeldung Zusammensetzungen und Verfahren zum Diffusionsbeschichten von Gasturbinenbauteilen bereitstellen.

[0009] In einer bestimmten Ausführungsform kann die Diffusionsbeschichtungszusammensetzung fließfähig sein und kann (1) ein Beschichtungspulver aufweisen, das ein Metall und (2) ein Bindemittel umfasst. In einer anderen Ausführungsform kann die Zusammensetzung des Weiteren ein Additiv aufweisen.

[0010] Gemäss bestimmter Ausführungsformen kann das Verfahren die Schritte aufweisen: (a) Bereitstellen eines Substrats; (b) Aufbringen einer Diffusionsbeschichtungszusammensetzung auf mindestens einen Teil des Substrats, wobei die Zusammensetzung ein Beschichtungspulver und ein Bindemittel umfasst und das Beschichtungsmittel mindestens ein Metall umfasst; und (c) Verdampfen oder Verbrennen von mindestens einem Teil der Zusammensetzung, um mindestens einen Teil des Bindemittels zu verdampfen oder zu verbrennen, um ein Aktivierungsgas zu erzeugen, und um mindestens einen Teil des Metalls zu verdampfen, um eine Beschichtung von dem Metall auf dem Substrat zu bilden. Das Verfahren kann ebenfalls den Schritt des (d) Entfernens eines Abfallstoffs von dem Turbinenbauteil aufweisen.

[0011] Die Diffusionsbeschichtungszusammensetzung und der Diffusionsbeschichtungsprozess können die Fähigkeit des Substrats, hohen Temperaturen zu widerstehen, verbessern. Insbesondere kann der Prozess eine chemisch gebundene Beschichtung bilden, die die Beständigkeit des Substrats gegen Oxidation, Sulfidierung und/oder Korrosion verbessert. Die Diffusionsbeschichtung kann das Substrat schützen, indem eine Sperrschicht gegen die Diffusion von Fremdelementen in das Substrat gebildet wird.

Das Substrat

[0012] Die hier beschriebenen Zusammensetzungen und Verfahren können für die Diffusionsbeschichtung von im Wesentlichen beliebigen Substraten zweckmässig sein. Die Zusammensetzungen und Verfahren können besonders zweckmässig für die Diffusionsbeschichtung von Substraten sein, die unter harten Betriebsbedingungen eingesetzt werden. Das Substrat kann beispielsweise ein Gasturbinenbauteil, ein Energieerzeugungsbauteil oder ein Dieselmotorbauteil sein. In besonderen Ausführungsformen können die Zusammensetzungen und Verfahren bei Substraten eingesetzt werden, die extrem hohen Betriebstemperaturen ausgesetzt sind. Die Zusammensetzungen und Verfahren können beispielsweise bei Gasturbinenbauteilen, darunter Turbinenblätter, Schaufeln, Flügel, Gehäuse, Dichtungen, Düsen und Schutzplatten, eingesetzt werden. Substrate, die für das Beschichten mit den hier beschriebenen Zusammensetzungen und Verfahren geeignet sind, können Legierungen umfassen. Das Substrat kann beispielsweise Legierungen von Nickel (Ni), Kobalt (Co), Eisen (Fe) oder Molybdän (Mo) umfassen.

[0013] Die Substrate können einen Oberflächenteil aufweisen und können ausserdem einen oder mehrere Hohlräume aufweisen. Die inneren Hohlräume können eine weite Bandbreite von komplexen Oberflächen, wie etwa enge Bohrungen, aufweisen. Das Substrat kann entweder ein OEM-Bauteil sein oder ein Bauteil, das einem Betriebseinsatz ausgesetzt ist. In denjenigen Ausführungsformen, in denen das Substrat ein dem Betriebseinsatz ausgesetztes Bauteil ist, können Abschnitte des Substrats unrein sein, teilweise oxidiert sein oder können Beschichtungsrückstände aufweisen.

Die fließfähige Beschichtungszusammensetzung

[0014] Die Zusammensetzung kann ein Beschichtungspulver, ein Bindemittel und, optional, ein Additiv umfassen.

[0015] Das Beschichtungspulver kann ein Metall enthalten, das fähig ist, eine chemische Verbindung mit dem Substrat zu bilden. Das Metall kann sich an das Substrat binden, um eine schützende Sperrschicht gegen die Diffusion von Fremdelementen in das Substrat zu bilden. Die Sperrschicht kann die Diffusion von Elementen, wie etwa Sauerstoff, verhindern, um das Substrat vor Oxidation, Sulfidierung und/oder Korrosion zu schützen.

[0016] Gemäss besonderen Ausführungsformen kann das Beschichtungspulver mindestens ein Metall aufweisen, das aus der Gruppe bestehend aus Aluminium, Platin-Aluminium, Chrom-Aluminium, Aluminium-Silizium, MCrAlY oder Kombinationen davon ausgewählt ist. MCrAlY umfasst mindestens eines der Elemente Eisen, Kobalt oder Nickel (M = Fe, Co und/oder Ni), Chrom, Aluminium und Yttrium. Gemäss bestimmten Ausführungsformen kann das Beschichtungspulver in der Zusammensetzung in einer Menge vorhanden sein, die ausreichend ist, um (1) eine Schichtdicke im Bereich von ungefähr 0,00003 Zoll bis ungefähr 0,007 Zoll zu erzeugen; und um (2) eine Schicht mit einem prozentualen Anteil von Aluminium im Bereich von ungefähr 12% bis ungefähr 50% Aluminium zu erzeugen. Gemäss von besonderen Ausführungsformen kann das Beschichtungspulver in der Zusammensetzung in einer Menge im Bereich von ungefähr 5% Gewichtsanteilen bis ungefähr 60% Gewichtsanteilen vorhanden sein.

[0017] Das Bindemittel kann ein Lötgel-Bindemittel umfassen. In der bevorzugten Ausführungsform ist die Viskosität des Bindemittels derart, dass (1) die Zusammensetzung während des Auftragens zu dem Substrat fließen wird; und (2) nach dem Auftragen auf dem Substrat dort verbleiben wird. Wichtig ist jedoch, dass das Bindemittel die Zusammensetzung veranlassen kann, ein Aktivatorgas (nachstehend beschrieben) während des Schrittes der Verdampfung oder Verbrennung freizusetzen. Gemäss besonderen Ausführungsformen ist das Bindemittel in der Zusammensetzung in einer Menge im Bereich von ungefähr 20% Gewichtsanteilen bis ungefähr 50% Gewichtsanteilen der Zusammensetzung vorhanden. Nicht einschränkende Beispiele von geeigneten Bindemitteln umfassen wasserhaltige Bindemittel, alkoholhaltige Bindemittel, epoxidhaltige Bindemittel und Kombinationen davon.

[0018] Das Bindemittel kann ausserdem mindestens ein Additiv umfassen. Das Additiv kann die Erzeugung von Aktivierungsgas (nachstehend beschrieben) während des Schrittes der Verdampfung oder Verbrennung unterstützen. Gemäss besonderen Ausführungsformen kann das Additiv mindestens eines der Elemente Polymethylmethacrylat- (PMMA) Mikrokugeln, Aluminiumoxid, kalziniertes Aluminiumoxid, Ammoniumfluorid (NH₄F), Ammoniumchlorid (NH₄Cl) und Teflon-Spät-

ne umfassen. Das Additiv kann in der Zusammensetzung in einer Menge im Bereich von ungefähr 1 % Gewichtsanteilen bis ungefähr 20% Gewichtsanteilen der Zusammensetzung vorhanden sein.

Das Beschichtungsverfahren

[0019] Der Schritt des Auftragens der Beschichtungszusammensetzung auf dem Substrat kann im Wesentlichen jede geeignete, im Stand der Technik bekannte Technik umfassen. Geeignete Techniken zum Auftragen der Beschichtungszusammensetzung umfassen die Einspritzung, das Tauchbaden, das kurze Eintauchen und das Vakuumbedampfen. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt das Einspritzen der Zusammensetzung in mindestens einen inneren Hohlraum des Substrats. Wichtig ist jedoch, dass die Viskosität der Zusammensetzung (1) es ermöglichen kann, in alle internen Hohlräume innerhalb des Substrats zu fließen; und (2) es der Zusammensetzung ermöglicht, nach dem Auftragen dort zu verbleiben.

[0020] Das Beschichtungsverfahren kann den Schritt des Verdampfens oder Verbrennens von mindestens einem Teil der Zusammensetzung aufweisen, um (1) mindestens einen Teil des Bindemittels zu verdampfen oder zu verbrennen, um ein Aktivierungsgas zu erzeugen und (2) um mindestens einen Teil des Metalls zu verdampfen, um eine Beschichtung von dem Metall auf dem Substrat zu bilden. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Verdampfens oder Verbrennens eine Wärmebehandlung. Die Wärmebehandlung kann in einem Ofen, wie etwa einem Luftkammerofen, stattfinden und kann bei einer Temperatur im Bereich von ungefähr 1400°F bis ungefähr 2100°F und über einen Zeitraum im Bereich von ungefähr 1 Stunde bis ungefähr 10 Stunden stattfinden.

[0021] Der Schritt des Verdampfens oder Verbrennens kann das Bindemittel veranlassen, ein Aktivatorgas zu erzeugen. Das Aktivatorgas kann den Beschichtungsprozess verbessern, indem die Diffusion des Metalls auf den Abschnitt des Substrats unterstützt wird. Gemäss besonderen Ausführungsformen kann das Aktivatorgas mindestens eines der Elemente Wasserstoff, Chlor, Fluor, Wasserstoffchlorid, Wasserstofffluorid oder Ammonium umfassen. Obwohl der genaue Mechanismus, durch welchen das Aktivatorgas den Beschichtungsprozess unterstützt, unbekannt ist, wird angenommen, dass das Aktivatorgas (1) das Turbinenbauteil reinigen kann; (2) die gleichmässige Diffusion der Beschichtung auf die Oberfläche des Turbinenbauteils, mit jeglichen Teilen des Turbinenbauteils, die unrein oder teilweise oxidiert sein könnten oder Beschichtungsrückstände aufweisen, fördern kann; (3) die Menge der Abfallstoffe, wie etwa Beschichtungsrückstände und Asche, reduzieren kann; (4) eine leichtere Abfallstoffentfernung von den Turbinenbauteilen ermöglicht; (5) das Turbinenbauteil glättet; oder jegliche Kombination des Vorgenannten ermöglicht.

[0022] Das Beschichtungsverfahren kann ebenfalls den Schritt des (d) Entfernens eines Abfallstoffs von dem Turbinenbauteil aufweisen. Der Abfallstoff kann jeglichen restlichen Anteil der Zusammensetzung und/oder jegliches Nebenprodukt des Beschichtungsprozesses, wie etwa Pulverrückstände und Asche, umfassen.

Beispiele

[0023] Eine Diffusionsbeschichtungszusammensetzung, die an Gewichtsanteilen 30% Chrom-Aluminium (100 mesh, 44% Chrom, 56% Aluminium), 40% Lötgel-Bindemittel, 5% Ammoniumchlorid (NH_4Cl), 5% Ammoniumfluorid (NH_4F), 10 % PMMA-Mikrokugeln und 10% kalziniertes Aluminiumoxid (Al_2O_3 , 100 mesh) umfasst, wurde in den inneren Durchgang eines Turbinenblatts aus einer Nickel-Superlegierung eingespritzt. Das Turbinenblatt wurde in einem Ofen auf 2000°F für 4 Stunden erhitzt, und der Ofen wurde dann abgeschaltet und konnte auf Raumtemperatur abkühlen.

[0024] Nach dem Abkühlen wurden die inneren Durchgänge des Turbinenblatts mit normaler Werkstatt-Druckluft gereinigt. Danach wurde Wasser durch die inneren Durchgänge geleitet, um sicherzustellen, dass diese frei von jeglichen Reststoffen waren. Die Diffusionsbeschichtung ergab eine 1,8 μ dicke Beschichtung in den Turbinendurchgängen, die 23% Gewichtsanteile an Aluminid umfasste.

[0025] Es versteht sich, dass das Vorhergehende lediglich die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Patentanmeldung betrifft und dass hier zahlreiche Änderungen und Abwandlungen gemacht werden können, ohne vom allgemeinen Erfindungsgedanken und vom Umfang der Erfindung, wie durch die folgenden Ansprüche und deren Äquivalente definiert, abzuweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Diffusionsbeschichten eines Substrats, die folgenden Schritte umfassend:
 - a) Bereitstellen eines Substrats;
 - b) Auftragen einer Diffusionsbeschichtungszusammensetzung auf mindestens einem Abschnitt des Substrats, wobei die Zusammensetzung ein Beschichtungspulver und ein Bindemittel umfasst und das Beschichtungspulver mindestens ein Metall umfasst; und
 - c)

Verdampfen oder Verbrennen von mindestens einem Teil der Zusammensetzung, um mindestens einen Teil des Bindemittels zu verdampfen oder zu verbrennen, um ein Aktivierungsgas zu erzeugen, und um mindestens einen Teil des Metalls zu verdampfen, um eine Beschichtung von dem Metall auf dem Substrat zu bilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bereitstellens eines Substrats das Bereitstellen eines Turbinenbauteils umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei ein Abschnitt des Turbinenbauteils mindestens einen Bereich aufweist, der oxidiert, unrein oder mit Beschichtungsrückständen beschichtet ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Auftragens der Zusammensetzung das Einspritzen der Zusammensetzung umfasst.
5. Diffusionsbeschichtungszusammensetzung, umfassend:
 - a) ein Beschichtungspulver; und
 - b) ein Bindemittel, wobei das Beschichtungspulver mindestens ein Metall umfasst, und wobei das Bindemittel während der Verdampfung oder Verbrennung ein Aktivatorgas freisetzt.
6. Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei das mindestens eine Metall aus der Gruppe bestehend aus Aluminium, Platin-Aluminium, Chrom-Aluminium, Aluminium-Silizium, MCrAlY oder Kombinationen davon ausgewählt ist.
7. Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei das Beschichtungspulver in der Zusammensetzung in einer Menge von ungefähr 5% Gewichtsanteilen bis ungefähr 60% Gewichtsanteilen der Zusammensetzung vorhanden ist.
8. Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei das Bindemittel ein Lötgel-Bindemittel umfasst.
9. Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei das Bindemittel in der Zusammensetzung in einer Menge von ungefähr 20% Gewichtsanteilen bis ungefähr 60% Gewichtsanteilen der Zusammensetzung vorhanden ist.
10. Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei das Bindemittel ferner mindestens ein Additiv umfasst, wobei das mindestens eine Additiv aus der Gruppe bestehend aus PMMA-Mikrokugeln, Aluminiumoxid, kalziniertes Aluminiumoxid, NH_4F , NH_4Cl , Teflon-Späne oder Kombinationen davon ausgewählt ist.