



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 710 249 A2**

(51) Int. Cl.: **C23C 4/123** (2016.01)
C23C 4/06 (2016.01)
B32B 15/16 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

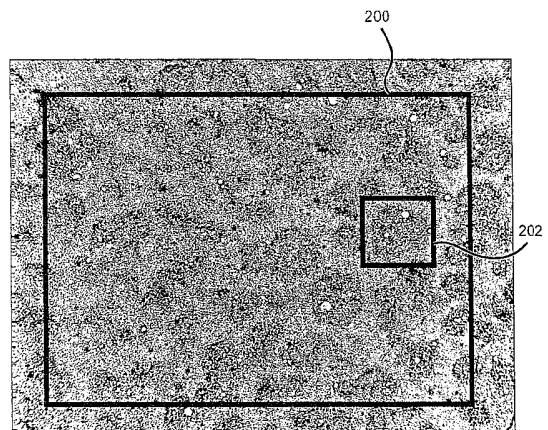
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01463/15	(71) Anmelder: General Electric Company, 1 River Road Schenectady, New York 12345 (US)
(22) Anmeldedatum: 08.10.2015	(72) Erfinder: Krishnamurthy Anand, Bangalore, Karnataka 560066 (IN) Surinder Singh Pabla, Greer, SC 29650 (US) Eklavya Calla, Bangalore, Karnataka 560066 (IN)
(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.04.2016	(74) Vertreter: R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14 6300 Zug (CH)
(30) Priorität: 15.10.2014 US 14/514,455	

(54) **Zusammensetzung einer Turbinenschaufelbeschichtung und ein Verfahren hierzu.**

(57) Eine Zusammensetzung für eine verstärkte Metallmatrixbeschichtung und ein Verfahren zur Herstellung und Beschichtung der Zusammensetzung. Die Zusammensetzung enthält eine Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln, die in Bezug zu einem Basissubstrat anodisch sind, und eine Vielzahl von harten Partikeln.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung ist auf Systeme und Verfahren zum Schutz eines Metallgegenstands gerichtet, um Leistungsverluste infolge von Erosion und Korrosion herabzusetzen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Verdichter, wie zum Beispiel Axialverdichter, Radialverdichter und Rotationsverdichter verursachen oft Probleme durch einen Abfall der Arbeitsleistung infolge von Erosionen der Turbinenschaufeln, die im Verdichtersystem eingesetzt werden. Turbinen werden mit Stufen von Turbinenschaufeln, einschliesslich Lauf- und Leitschaufeln, gebildet. Die Leistungsfähigkeit hat die Tendenz abzufallen, wenn die Schaufeln im Laufe der Zeit korrodieren oder verschmutzt werden. Die Schaufeln neigen dazu, Ablagerungen anzusammeln wie Eisenoxidpartikel und andere Oxidfremdkörper aus Gasen und Flüssigkeiten bei den hinteren Stufen der Verdichterturbine. Die Schädigung der Schaufelflächen durch Flüssigkeiten und Gase während des Betriebs und/oder durch Reaktionen mit Partikelablagerungen kann schnell geschehen. Solche Flächenschäden sind unter Umständen nicht einfach mit einer Wasserwäsche zu entfernen, da die Ablagerungen vielleicht nicht wasserlöslich sind.

[0003] Es ist in der Industrie wohl bekannt, dass die Schädigung gemindert werden kann, indem man die Schaufelflächen durch Anwendung verschiedener Beschichtungstechniken schützt. Zum Beispiel werden Schaufelflächen bekannterweise durch reine Beschichtung der Schaufel geschützt. U.S. Anmeldung Nr. 2007/0 261 965 beschreibt eine Zusammensetzung und ein Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Gegenstands, der Hochtemperaturbeständigkeit aufweist. Der beschichtete Gegenstand wird durch elektrolytische Abscheidung von einer oder mehreren Metall- oder Metalllegierungsschichten auf ein Substrat und Wärmebehandlung des beschichteten Substrats erzeugt derart, dass die Schichten und das Substrat teilweise und/oder vollständig ineinander diffundieren.

[0004] Es wird angenommen, dass infolge der potentiellen korrosiven und erosiven Arbeitsumwelt für eine Turbinenschaufel die Anwendung einer harten, oxidationsbeständigen Beschichtung wünschenswert sein kann. Ausserdem können Ausfallzeitbedingungen bei einem Verdichter zu möglichem Feuchtigkeitsniederschlag in einer korrosiven Umwelt führen und so die Beschädigung der Schaufelfläche weiter verstärken. Bekannte Lösungen für das Problem umfassen Diskussionen in der U.S. Patentanmeldung. Pub. Nr. 2009/0 297 720 und 2011/0 165 433.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0005] Es wird angenommen, dass, um einen Metallgegenstand gegen eine potentiell erosive und korrosive Umwelt zu schützen, eine Verbundstruktur hergestellt werden kann, um der erosiven und korrosiven Umwelt standzuhalten. Die Verbundstruktur kann eine schützende Metallbeschichtung enthalten, die mit einer Basismetallfläche kompatibel ist, und die Metallbeschichtung kann eine Metalllegierung enthalten, die andere Partikel inkorporiert wie harte Partikel, um die schützende Beschichtung zu verstärken und die Erosion der Beschichtung zur Verlängerung des Schutzes herabzusetzen. Es wird ebenfalls angenommen, dass eine dünne schützende Beschichtung wünschenswert sein kann, die die Gleichförmigkeit der Schicht eventuell erhöht und Verfahrens- und Materialkosten möglicherweise reduziert.

[0006] Insbesondere liefert die vorliegende Erfindung einen Ansatz zur Lösung des Problems, der das Tempo der Turbinenschaufelschädigung reduziert durch Bereitstellung einer Verbundstruktur, die eine Metallbeschichtung enthält, die eine verstärkte Metallmatrixbeschichtungszusammensetzung aufweist, wobei die Zusammensetzung anodischer Natur ist, einschliesslich einer Metallbasislegierung, die opferartiger Natur ist, mit dem Zusatz von harten Partikeln, die als Schutz des Basismetalls dienen können wie zum Beispiel bei einer Turbinenschaufel.

[0007] Eine Verbundstruktur der vorliegenden Erfindung enthält: ein Basissubstrat und eine Beschichtung, die eine Vielzahl von harten Partikeln und eine Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln auf einer Fläche des Basissubstrats umfasst, wobei die Opfermetallbinderpartikel in Bezug auf das Basissubstrat anodisch sind. Die Beschichtung hat eine elektrochemische Potentialdifferenz von mindestens 50 mV in Bezug auf das Basissubstrat.

[0008] Ein Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers der vorliegenden Erfindung enthält: Herstellung einer Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln, Herstellung einer Vielzahl von harten Partikeln, Mischen der Opfermetallbinderpartikel und der harten Partikel in einem flüssigen Medium, um die Opfermetallbinderpartikel und die harten Partikel zu verbinden und eine Vielzahl von verbundenen Partikeln zu produzieren, Trennen der Vielzahl der verbundenen Partikeln vom flüssigen Medium, um ein Rohstoffpulver zu erzeugen, und Trocknen des Rohstoffpulvers.

[0009] Ein Verfahren zur Beschichtung eines Basissubstrats nach der vorliegenden Erfindung enthält: Herstellung eines Rohstoffpulvers, das eine Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln und eine Vielzahl von harten Partikeln umfasst, und Spritzen eines Basissubstrats mit dem Rohstoffpulver, um eine Beschichtung einer Fläche des Basissubstrats zu bilden. Die Beschichtung hat eine elektrochemische Potentialdifferenz von mindestens 50 mV in Bezug auf das Basissubstrat.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0010]

- Fig. 1 ist ein Diagramm, das mehrere übliche Metallmaterialien, basierend auf jeweiligen elektrochemischen Potentialen, von den mehr anodischen bis zu den mehr kathodischen Materialien grafisch darstellt;
- Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Rohstoffpulverzusammensetzung, die nur Aluminiumpartikel und harte Partikel umfasst;
- Fig. 3 ist eine vergrösserte Ansicht einer beispielhaften Rohmaterialpulverzusammensetzung, die vergrösserte Partikel mit einer Vergrösserung von 1,00 KX zeigt;
- Fig. 4 ist eine vergrösserte Ansicht einer beispielhaften Rohmaterialpulverzusammensetzung, die vergrösserte Partikel mit einer Vergrösserung von 5,00 KX zeigt;
- Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht eines beschichteten Gegenstands, der unter Anwendung einer beispielhaften Rohstoffpulverzusammensetzung beschichtet wurde, die nur Aluminiumpartikel und harte Partikel umfasst;
- Fig. 6 liefert ein Foto eines beispielhaften beschichteten Gegenstands, der unter Anwendung einer Ausführungsformzusammensetzung beschichtet wurde, die 10 Gew.-% Aluminium und 90 Gew.-% harte Partikel umfasst;
- Fig. 7 liefert ein Foto des beispielhaften beschichteten Gegenstands nach Fig. 7 nach einem Salznebeltest;
- Fig. 8 liefert ein vergrössertes Foto des beispielhaften beschichteten Metallgegenstands nach Fig. 7, das Oberflächendetails der beispielhaften Probe zeigt, nachdem diese einem Salznebeltest unterzogen wurde;
- Fig. 9 liefert ein Foto eines beispielhaften beschichteten Gegenstands, der unter Anwendung einer Ausführungsformzusammensetzung beschichtet wurde, die 20 Gew.-% Aluminiumpartikel und 80 Gew.-% harte Partikel umfasst; und
- Fig. 10 liefert ein Foto eines beispielhaften beschichteten Gegenstands nach Fig. 9, nachdem dieser einem Salznebeltest unterzogen wurde.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0011] Die vorliegende Erfindung liefert einen alternativen Ansatz für die herkömmliche schützende Beschichtung auf einer Metallfläche wie zum Beispiel für eine Turbinenschaufel. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liefert eine verstärkte Einzelschichtmetallmatrixbeschichtung, die erosions- und korrosionsbeständig sein kann.

[0012] Es wird angenommen, dass es vorteilhaft ist, das allgemein elektropositive (d.h. kathodische) Metallbasissubstrat mit einer elektronegativen (d.h. anodischen) Beschichtung zu beschichten, um eine geeignete schützende Beschichtung für eine Turbinenschaufel bereitzustellen, die erosiven und korrosiven Umwelten ausgesetzt wird. Herkömmliche schützende Beschichtungen für Turbinen können zwei Beschichtungsschichten enthalten: eine Basisschutzbeschichtung und eine harte Schicht, die Schutz gegen Erosion bietet.

[0013] Die vorliegende Erfindung liefert eine einschichtige Beschichtung, die beide Merkmale aufweist, um das Basissubstrat sowohl gegen Erosion als auch Korrosion zu schützen. Spezifisch liefert die vorliegende Erfindung eine schützende Beschichtungsschicht, die nur zwei Komponenten enthält, Opfermetallbinderpartikel und harte Partikel.

[0014] Entsprechend ihrer Anwendung in vorliegender Spezifikation und vorliegenden Ansprüchen werden die Begriffe wie folgt definiert.

[0015] «Opfer»/«opferartig» wird definiert als ein Merkmal eines Metalls oder einer Metalllegierung, die elektronegativer (d.h. anodischer) als das Basissubstrat sein können, derart dass das anodische Metall oder die anodische Metalllegierung zuerst von Korrosionsmitteln in einer korrosiven Umwelt angegriffen wird.

[0016] «Harte Partikel» werden definiert als eine Vielzahl von Partikeln einer Verbindung, die Hochgeschwindigkeitsaufprall von Materialien standhalten können, die eine Turbinenschaufel während des Betriebs erodieren und eine Mohs Härte von ungefähr 5 bis 10 aufweisen können.

[0017] «Metallmatrix» ist eine chemische Matrix, die in der Zusammensetzung durchweg kontinuierlich ist.

[0018] «Metallbinder» wird definiert als ein Metall- oder ein Metalllegierungsmaterial, das ein monolithisches Material ist und eine Metallmatrix bilden kann.

[0019] «Basissubstrat» wird definiert als ein Metallbasismaterial, das für eine Turbinenschaufel verwendet werden kann wie zum Beispiel ein rostfreier Stahl 403CB+ Basismaterial und dergleichen.

[0020] «Anodisch» wird definiert als ein Merkmal eines Materials, das ein elektrochemisches Potential hat, das elektro-negativer ist als das jeweilige Material, mit dem es verglichen wird.

[0021] «Kathodisch» wird definiert als ein Merkmal eines Materials, das ein elektrochemisches Potential hat, das elektro-positiver ist als das jeweilige Material, mit dem es verglichen wird.

[0022] «Rohstoff» wird definiert als ein Material, das als Ausgangsstoff in einem nachfolgenden Verfahren oder einer Ein-richtung verwendet werden soll.

[0023] «Pulver» wird definiert als ein Masegut, zusammengesetzt aus einer Vielzahl von Partikeln in kleinen Grössen, wie sehr feine granulöse Partikel, die frei fließen können, wenn sie geschüttelt oder gekippt werden.

[0024] Bei der vorliegenden Erfindung wird das Opfermerkmal eines Metalls oder einer Metalllegierung definiert als ein Merkmal eines Metalls oder einer Metalllegierung, die elektronegativer (d.h. anodischer) als das Basissubstrat sind derart, dass das anodische Metall oder die anodische Metalllegierung zuerst von den Korrosionsmitteln in einer korrosiven Umwelt angegriffen werden. Wie beschrieben kann das anodische Metall oder die anodische Legierung ein Opfermerkmal in Bezug auf das Basissubstrat haben.

[0025] Jedes anodische Metall und jede anodische Metalllegierung, die in Bezug auf das Basissubstrat opferartig sein können, können bei der vorliegenden Erfindung als Opfermetallbinderpartikel verwendet werden, einschliesslich Metalle und Metalllegierungen wie Aluminium, Magnesium, Zink, Aluminiumlegierungen, Cadmium, Beryllium, Nickel 20% Alumi-niumlegierung und dergleichen.

[0026] Fig. 1 liefert ein Diagramm, das verschiedene Materialien zeigt, die in Bezug auf das elektrochemische Potential eines jeden Materials grafisch dargestellt werden. Aluminium, Magnesium, Zink, Beryllium, Aluminiumlegierungen und Cadmium stehen oben und werden als die elektronegativsten (d.h. am stärksten anodischen) aufgeführt, und Material wie Graphit, Gold, Platin und Titan werden als die elektropositivsten (d.h. am stärksten kathodischen) aufgeführt.

[0027] Die Beschichtungsschicht und das Basissubstrat haben bevorzugt eine elektrochemische Potentialdifferenz von ungefähr 50 mV bis ungefähr 1000 mV, 50 mV bis ungefähr 600 mV, insbesondere eine Differenz von ungefähr 50 mV bis ungefähr 400 mV und ganz besonders eine Differenz von ungefähr 50 mV bis ungefähr 300 mV.

[0028] Wie im Zusammenhang mit den Parametern der vorliegenden Erfindung angewandt, bezieht sich das Wort «un-gefähr» auf einen Bereich von 10% über und unter dem spezifizierten Parameter.

[0029] Wenn die elektrochemische Potentialdifferenz höher als 1000 mV ist, dann können die Metallbinderpartikel zu leicht korrosiv sein, um als Schutzmittel für das Basissubstrat zu wirken. Wenn die Differenz jedoch geringer als 50 mV ist, kann die Differenz zu grenzwertig sein, und die Metallbinderpartikel wirken unter Umständen nicht als Opfer in Bezug auf das Basismaterial.

[0030] Es wurde festgestellt, dass die harten Partikel, die in der Zusammensetzung der Beschichtung enthalten sind, die Elektronegativität der Schichtzusammensetzung nicht wesentlich beeinträchtigen, und möglicherweise beeinträchtigt die Anwesenheit von harten Partikeln nicht die Opfermerkmale der Metallbinderpartikel.

[0031] Technische Vorteile der Beschichtung und Zusammensetzung nach der vorliegenden Erfindung umfassen: Bereitstellung einer harten, inerten Beschichtung, die in Bezug auf das Basismaterial anodisch ist, mit verbesserter Wider-standsfähigkeit gegen Erosion und Ablagerung von korrosivem und erosivem Material; Bereitstellung eines verbesserten Korrosionsschutzes der Metallgegenstände während des Stillstands;

[0032] Die Fähigkeit, ein glattes Oberflächenfinish bei Metallgegenständen besser aufrechtzuerhalten;

[0033] Bereitstellung einer einschichtigen Beschichtung, die eine einfache Herstellung und Anwendung ermöglicht, und

[0034] Die Möglichkeit, mit einem kalten oder warmen Spritzbeschichtungsverfahren mechanisch kompatibel zu sein für eine einfache Anwendung der Beschichtung und die Fähigkeit, eine Brennbeschichtung der Zusammensetzung durchzu-führen.

[0035] Weitere kommerzielle Vorteile von Beschichtung und Zusammensetzung nach der vorliegenden Erfindung können Folgendes umfassen:

Eine Beschichtungsoption mit massigen Kosten und

die Fähigkeit, ein glattes Oberflächenfinish besser aufrechtzuerhalten, das den Leistungsabfall mindert, was eine bis zu 0,5% Leistungsverlustreduktion bedeuten kann (zum Beispiel kann die Verlustreduktion für eine Turbine mit einer Kapazität von 200 MW 1 MW pro Stunde oder ein \$100 Ertragsanstieg pro Stunde sein).

[0036] Eine Beschichtung der vorliegenden Erfindung, welche die oben erwähnten Vorteile liefert, umfasst eine Beschich-tung, die eine Opfermetallmatrix-Hartpartikelzusammensetzung verwendet. Die Zusammensetzung enthält nur eine Viel-zahl von Opfermetallbinderpartikeln wie anodische Metall- oder Metalllegierungspartikel, die eine Metallmatrix bilden kön-nen, und eine Vielzahl von harten Partikeln, die in die Metallmatrix eingebettet sind, um die Beschichtung zu stützen und zu verstärken.

[0037] Wie in der Technik bekannt, ist ein Metallbinder ein monolithisches Material, das eine Metallmatrix bilden kann, in die Verstärkungspartikel eingebettet werden können. Eine Metallmatrix ist eine chemische Matrix des Metallbinders, die im Material durchweg kontinuierlich ist, und die gegenwärtig offenbarte Zusammensetzung kann eine Beschichtung bilden, die eine Metallmatrix mit Verstärkungsmaterial besitzt, das in die Matrix eingebettet ist. Das Verstärkungsmaterial kann eine kontinuierliche oder eine diskontinuierliche Matrixbindung haben.

[0038] Eine Ausführungsform der Zusammensetzung nach der vorliegenden Erfindung enthält eine zweiteilige Zusammensetzung, umfassend (1) eine Vielfalt von Opfermetallbinderpartikeln, die ein anodisches Metall oder eine anodische Metalllegierung verwenden, und (2) eine Vielzahl von harten Partikeln.

[0039] Eine Ausführungsform der Beschichtung kann eine Vielzahl von anodischen Metallbinderpartikeln in Bezug auf ein Basissubstrat haben wie Aluminium, Magnesium, Zink, Aluminiumlegierungen, Cadmium, Beryllium, Nickel 20% Aluminiumlegierung und dergleichen. Es wird angenommen, dass anodische Metallbinderpartikel die Entwicklung von örtlichen anodischen Zellen in der Zusammensetzung und Beschichtung fördern können. Die anodische Natur der Metallbinderpartikel kann in Bezug auf ein kathodisches Basismetallsubstrat opferartig sein derart, dass die Metallbinderpartikel zuerst von der korrosiven Umwelt angegriffen werden.

[0040] Eine beispielhafte Zusammensetzung kann eine Menge von Opfermetallbinderpartikeln enthalten, die ungefähr von 0,5 Gew.-% bis ungefähr 30 Gew.-% betragen, spezifisch von ungefähr 5 Gew.-% bis ungefähr 20 Gew.-%, spezifischer von ungefähr 10 Gew.-% bis ungefähr 15 Gew.-% des Gesamtgewichts der Zusammensetzung.

[0041] Nach der vorliegenden Erfindung beziehen sich harte Partikel, die in der Zusammensetzung verwendet werden, auf Materialien, die potentiell einem Hochgeschwindigkeitsaufprall von Material standhalten können, das eine Turbinenschaukel während des Betriebs erodieren kann wie Hochgeschwindigkeitswassertröpfchen, Schlamm, Sand und dergleichen. Die harten Partikel können eine Mohs Härte von ungefähr 5 bis ungefähr 10 haben, wobei 10 die Härte eines Diamanten ist. Besonders können die harten Partikel eine Mohs Härte von ungefähr 6,5 bis ungefähr 9, ganz besonders von 7,5 bis ungefähr 8,5 haben.

[0042] Bei einer Ausführungsform können harte Partikel, die in der Zusammensetzung verwendet werden, eine Vielzahl von denselben oder verschiedenen Partikeln sein, und die Zusammensetzung kann eine Menge von harten Partikeln enthalten, die von ungefähr 70 Gew.-% bis 99,5 Gew.-%, spezifisch von ungefähr 75 Gew.-% bis 90 Gew.-%, spezifischer von ungefähr 80 Gew.-% bis 85 Gew.-% des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen.

[0043] Beispiele für harte Partikel umfassen Wolframcarbid, Molybdencarbid, Titanitrid, Titanborid, Chromcarbid, Chromoxid, Siliciumcarbid, Siliciumoxid, Siliciumnitrid, Bornitrid, Magnesiumborid, Magnesiumnitrid, Magnesiumoxid, Aluminiumnitrid, Aluminiumcarbid, Aluminiumoxid, Aluminiumborid, Zirkonoxid, Titanoxid, Aluminiumtitanoxid und jedes Übergangsmetallcarbid, Übergangsmetalloxid und Übergangsmetallnitrid, die in Bezug auf ein herkömmliches Basismetallmaterial anodisch sein können, das für eine Turbinenschaukel in einem Verdichter eingesetzt wird, und eine Kombination derselben.

[0044] Die harten Partikel können eine durchschnittliche Partikelgrösse haben, die von ungefähr 0,5 Mikron bis ungefähr 3 Mikron reicht, besonders von ungefähr 1 Mikron bis ungefähr 2,3 Mikron, ganz besonders von ungefähr 1,5 bis ungefähr 2 Mikron.

[0045] Bei einer beispielhaften Zusammensetzung umfassen eine Vielzahl von harten Partikeln Chromcarbidpartikel, die eine Partikelgrösse von ungefähr 0,5 bis ungefähr 3,0 Mikron haben. Das Chromcarbid hat einen primären Carbidgehalt von ungefähr 50 % des Chromcarbids derart, dass harte Chromcarbidpartikel dicht verteilt sein können, um sicherzustellen, dass die Partikel der Beschichtung eine wünschenswerte Härte verleihen.

[0046] Bei einer Ausführungsform wird eine Zusammensetzung in Form eines Rohstoffpulvers geliefert, das Opfermetallbinderpartikel und harte Partikel enthält. Ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers umfasst: Herstellung einer Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln in partikulärer Form; Herstellung einer Vielzahl von harten Partikeln in partikulärer Form; Mischen der Opfermetallbinderpartikel und der harten Partikel in einem flüssigen Medium, um die Opfermetallbinderpartikel und die harten Partikel miteinander zu verbinden und eine Vielzahl von gebundenen Partikeln zu produzieren; Trennen der Vielzahl der gebundenen Partikel vom flüssigen Medium, um ein Rohstoffpulver zu produzieren; und Trocknen der Partikelmasse.

[0047] In einer Ausführungsform kann das flüssige Medium ein anorganisches Medium sein, das die Bindung der Opfermetallbinderpartikel und der harten Partikel fördert. Bei einer anderen Ausführungsform kann das flüssige Medium ein organisches Medium sein, um Verbrennung zu vermeiden, während potentiell brennbare Metallbinderpartikel und harte Partikel vermischt werden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden Aluminiumpartikel als Metallbinder verwendet, die von einer Vielzahl von harten Partikeln verstärkt sind, und Aluminiumpartikel und harte Partikel werden in einem organischen flüssigen Medium miteinander vermischt.

[0048] Die Partikel können durch mechanische Legierung oder durch ein Agglomerat der Partikel in einem Mischer wie einem Schüttler-Mischer verbunden werden. Es mag keine chemische Bindung zwischen den Partikeln stattfinden. Nach

der Bindung können die verbundenen Partikel durch Anwendung von Sprühtrocknungsverfahren oder durch Sintern der gebundenen Partikel auf ungefähr 600 °C getrocknet werden.

[0049] Bei einer Ausführungsform kann das entstehende Rohstoffpulver in einer fließfähigen kugelförmigen Pulverform vorhanden sein mit einer Pulvergrösse von ungefähr 5 bis 60 Mikron im Durchmesser, besonders von ungefähr 10 bis 45 Mikron im Durchmesser und ganz besonders von ungefähr 15 bis 25 Mikron im Durchmesser.

[0050] Das Rohstoffpulver der vorliegenden Erfindung kann als Grundstoffmaterial in einem kalten Spritzverfahren oder einem warmen Spritzverfahren verwendet werden, um eine verstärkte Metallmatrixbeschichtung auf einer Metallfläche wie einer Turbinenschaufel aus rostfreiem Stahl aufzutragen, die aus rostfreiem Stahl 403CB+ Material hergestellt wurde. Es wird angenommen, dass die verstärkte Metallmatrixbeschichtung oxidationsbeständig und anodisch in Bezug auf ein zu beschichtendes Basissubstrat ist.

[0051] Ein Verfahren für die Beschichtung eines Basissubstrats unter Anwendung des Rohstoffpulvers der vorliegenden Erfindung umfasst:

Herstellung eines Rohstoffpulvers umfassend eine Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln und eine Vielzahl von harten Partikeln und

Spritzen eines Basissubstrats mit dem Rohstoffpulver, um eine Beschichtung auf einer Fläche des Basissubstrats zu bilden.

[0052] Ein herkömmliches 403CB+ Stahl-Basismaterial kann zum Beispiel ein elektrochemisches Potential von ungefähr -400 mV haben. Bei einer Ausführungsform kann die anodische Beschichtung, die auf dem Basismaterial aufgetragen werden soll, eine Zusammensetzung haben, die eine aluminiumbasierte Legierung enthält, die ein elektrochemisches Potential von ungefähr -1000 mV hat und mit einer Dispersion von einer Vielzahl von harten Partikeln verstärkt ist wie zum Beispiel Chromcarbid-, Siliciumcarbid-, Chromoxid- oder Aluminiumoxidpartikeln. Die elektrochemische Potentialdifferenz zwischen dem Basismaterial und der verstärkten Metallmatrixbeschichtung ist bevorzugt von ungefähr 50 mV bis 1000 mV, besonders bevorzugt von ungefähr 100 mV bis 600 mV, ganz besonders bevorzugt von ungefähr 150 mV bis 300 mV.

[0053] Die verstärkte Metallmatrixbeschichtung kann die Fähigkeit haben, einer Temperatúraussetzung von mindestens ungefähr 900 °F standzuhalten, besonders mindestens ungefähr 1000 °F, ganz besonders mindestens ungefähr 1050 °F.

[0054] Bei einer Ausführungsform kann das Rohstoffpulver auf eine Metallfläche unter Anwendung eines kalten Spritzbeschichtungsverfahrens aufgetragen werden.

[0055] Wie nach dem Stand der Technik bekannt, verwendet ein kaltes Spritzbeschichtungsverfahren Rohmaterialpulverpartikel, die typischerweise zwischen 10 und 50 Mikron gross sind, und die Partikel werden durch Druckgas auf sehr hohe Geschwindigkeiten, zum Beispiel zwischen 200 und 1500 m/s, beschleunigt. Die Partikel können während des Spritzverfahrens massig auf eine höhere Temperatur erwärmt werden. Nach Aufprall auf einem Metallsubstrat erfahren die Partikel eine extreme und schnelle plastische Verformung, die die Partikel befähigt, sich mit den ausgesetzten Metallflächen zu verbinden. Es wird angenommen, dass ein feines Gleichgewicht zwischen Partikelgrösse, -dichte, -temperatur und -geschwindigkeit wichtig sein kann, um eine gewünschte Beschichtung zu erreichen. Die Partikel bleiben in festem Zustand und sind während des Beschichtungsprozesses relativ kalt, so dass die Partikel im Beschichtungsprozess nicht schmelzen.

[0056] Vorteile der verstärkten Metallmatrixbeschichtungszusammensetzung, die in einem kalten Beschichtungsverfahren nach der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, können unter Anwendung der nachstehend hergestellten und getesteten beispielhaften Ausführungsformen bewiesen werden.

[0057] Fig. 2 zeigt ein elektronisches Bild eines beispielhaften Rohstoffpulvers 200, das nur Opfermetallbinderpartikel umfasst wie Aluminiumpartikel und harte Partikel, einschliesslich Silicium-, Chrom-, Nickel-, Wolframpartikel und dergleichen. Die Partikel, die verwendet werden, um das Rohstoffpulver herzustellen, können kugelförmig sein. Das Rohstoffpulver 200 ist ungefähr 4 Stunden lang in einem Schüttler-Mischer gemischt worden. Im Inneren eines Rohstoffpulvers einer Ausführungsform kann es eine Vielzahl von anodischen Inseln 202 geben. Anodische Inseln 202 können von den Opfermetallbinderpartikeln geformt werden, einschliesslich Aluminiumpartikeln, wobei harte Partikel im Inneren eingebettet sind und die Opfermetallbinderpartikel umgeben.

[0058] Fig. 3 liefert eine vergrösserte Ansicht eines beispielhaften Rohstoffpulvers 300 mit 1,00 KX Vergrösserung. Das Bild zeigt grössere Aluminiumpartikel 301, die durch das gesamte Rohstoffpulver 300 verteilt sind. Die Aluminiumpartikel 301 können während des Mischprozesses winklig geplättet werden und einige harte Partikel 302 enthalten, die physisch in die Aluminiumpartikel 301 während des Mischens eingebettet wurden.

[0059] Fig. 4 liefert eine vergrösserte Ansicht eines beispielhaften Rohstoffpulvers mit einer 5,00 KX Vergrösserung. Man kann sehen, dass die Aluminiumpartikel 401 Rillen und Inseln haben, und die kugelförmigen harten Partikel 402, können sich in dem Aluminiumpartikel 401 im physischen Sinne festsetzen, wenn sie kleiner sind.

[0060] In einer Ausführungsform kann das beispielhafte Rohstoffpulver, das in einem kalten Spritzverfahren verwendet werden soll, Metall- und Metalllegierungspartikel enthalten, die grösser sind als die harten Partikel.

[0061] Für ein kaltes Spritzverfahren wird angenommen, dass es wünschenswert sein kann, dass die Partikel eine gleichmässige Geschwindigkeit erreichen, damit die Rohstoffpulverpartikel eine gleichmässige plastische Verformung erhalten.

Wie nach dem Stand der Technik bekannt, können jedoch zum Beispiel Aluminiumpartikel weniger dicht sein als die harten Partikel.

[0062] Um den Dichteunterschied auszugleichen und eine gleichförmige Geschwindigkeit der Partikel zu erreichen, kann es wünschenswert sein, Aluminiumpartikel zu benutzen, deren Partikelgrösse grösser ist als die Partikelgrösse der harten Partikel, die in derselben Zusammensetzung verwendet werden. In gleicher Weise können andere Metall- oder Metalllegierungspartikel, die eine geringere Dichte haben als die harten Partikel, ebenfalls in einer Zusammensetzung verwendet werden und haben wünschenswerterweise eine grössere Grösse als die harten Partikel.

[0063] Die weniger dichten Metall- oder Metalllegierungspartikel wie Aluminiumpartikel können 2, 3, 4 oder 5 Mal grösser sein als die Grösse der harten Partikel.

[0064] Fig. 5 liefert eine Querschnittsansicht einer kalt gespritzten Beschichtung 502 auf einem Metallbasissubstrat 501 unter Anwendung einer beispielhaften Zusammensetzung umfassend Aluminiumpartikel und harte Partikel. Aus Fig. 5 ist zu ersehen, dass die Beschichtung 502 sich mit Basissubstrat 501 durch plastische Deformierung der Aluminiumpartikel und harten Partikel an einer Grenzfläche 504 zwischen Beschichtung 502 und Substrat 501 verbunden hat. Eine plastische Deformierung von Partikeln kann ermöglichen, dass die Beschichtung gut an das Basissubstrat gebunden wird.

[0065] Man kann sehen, dass an der Grenzfläche 504 harte Partikel in die plastisch deformierten Aluminiumpartikel eingebettet sind. Selbst im Falle eines Bruchs in der Beschichtung, der die korrosiven Medien mit dem Basismaterial verbindet, d.h. eine defekte Stelle 503 bildet, sind genügend Aluminiumpartikel an den defekten Stellen vorhanden, um eine anodische Insel zu bilden und das Basismaterial gegen Korrosion zu schützen.

[0066] Bei einer beispielhaften Ausführungsform, die 10 Gew.-% der Aluminiumpartikel umfasst und 90 Gew.-% der harten Partikel, wurden vor Beschichtung die kollektiven harten Partikel gemessen und zeigten eine Härte von ungefähr 914 HV_{0,3} ohne die Aluminiumpartikel. Nach Beschichtung wurde die gesamte Beschichtungshärte (einschliesslich Aluminiumpartikel) als ungefähr 871 HV_{0,3} gemessen. Bevorzugt hat eine Beschichtung mit Opferpartikeln und harten Partikeln eine gemessene Härte von > 1000 HV.

[0067] Fig. 6 zeigt ein Foto eines beispielhaften beschichteten Gegenstands 600 mit Anwendung einer Rohstoffpulverzusammensetzung von 10 Gew.-% Aluminiumpartikeln und 90 Gew.-% harten Partikeln, wie oben beschrieben. Man kann sehen, dass der beschichtete Gegenstand 600 eine gleichmässig beschichtete Aussenfläche hat.

[0068] Der beschichtete Gegenstand 600 wurde nachfolgend unter Anwendung eines Salznebeltests getestet, um eine potentielle korrosive Umwelt zu mimen, der eine Turbinenschaufel ausgesetzt sein kann. Ein Salznebeltest setzt Proben einer feuchten, salzhaltigen Atmosphäre aus und stellt die Korrosivität der Probe unter solchen Bedingungen fest. Der beschichtete Gegenstand 600 wurde 143,47 Stunden Belastung im Salznebeltest ausgesetzt. Fig. 7 zeigt ein Foto des getesteten beschichteten Gegenstands 700 nach dem Salznebeltest. Es ist zu beobachten, dass der getestete beschichtete Gegenstand 700 eine Schicht von weissem Pulver hat.

[0069] Fig. 8 zeigt ferner ein vergrössertes und detailliertes Foto eines Teils des in Fig. 7 gezeigten getesteten beschichteten Artikels 700. Eine Schicht weisses Pulver ist auf der Oberfläche des getesteten beschichteten Gegenstands 700 zu sehen, und es wird kein Rost auf dem getesteten beschichteten Gegenstand 700 nach dem Salznebeltest beobachtet. Es wird angenommen, dass das weisse Pulver Aluminiumhydroxid ist, das aus dem getesteten beschichteten Gegenstand 700 ausgeschieden wurde.

[0070] Es wird angenommen, dass während des Salznebeltests die Opfermetallbinderpartikel (d.h. Aluminiumpartikel) mit der feuchten, salzhaltigen Atmosphäre reagierten, um Aluminiumhydroxid zu bilden. Da Aluminiumhydroxid sich sichtbar ohne Rostbildung gebildet hat, wird daher angenommen, dass das Basismetallsubstrat gegen die korrosive Umwelt durch die Opfereigenschaften der Aluminiumpartikel, die zuerst mit der korrosiven Umwelt reagieren, geschützt wird. Es wird angenommen, dass durch den Salznebeltest die 10% Aluminiumzusammensetzung bewiesen hat, dass die Beschichtung fähig ist, mit den oben im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung beschriebenen Vorteilen zu arbeiten.

[0071] Eine weitere beispielhafte Ausführungsform, die 20 Gew.-% Aluminiumpartikel und 80 Gew.-% harte Partikel umfasst, wurde auf dieselbe oben beschriebene Weise hergestellt und getestet.

[0072] Vor Beschichtung wurden die kollektiven harten Partikel gemessen und zeigten eine Härte von ungefähr 914 HV_{0,3} ohne die Aluminiumpartikel. Nach Beschichtung wurde die gesamte Beschichtungshärte als ungefähr 821 HV_{0,3} gemessen, dies ist niedriger als die für die 10 Gew.-% Aluminiumpartikelbeschichtung gemessene Härte (gemessen ungefähr 871 HV_{0,3}).

[0073] Fig. 9 ist ein Foto eines beschichteten Ausführungsformgegenstands 900, bei dem die beschriebene Ausführungsformrohstoffpulverzusammensetzung verwendet wurde. Es ist zu beobachten, dass der beschichtete Gegenstand 900 eine gleichmässig beschichtete Aussenfläche hat.

[0074] Die beschichteten Gegenstände 900 wurden ebenfalls unter Anwendung eines Salznebeltests getestet. Der beschichtete Gegenstand 900 wurde demselben Salznebeltest unterzogen wie der beschichtete Gegenstand 600, der oben für Fig. 6 beschrieben wurde. Der beschichtete Gegenstand 900 wurde 143,47 Stunden lang Belastung im Salznebeltest ausgesetzt. Fig. 15 zeigt ein Foto des getesteten beschichteten Gegenstands 1000 nach dem Salznebeltest. Es ist zu

beobachten, dass der getestete beschichtete Gegenstand 1000 eine Schicht weisses Pulver auf der Oberfläche hat. Kein Rost ist am getesteten beschichteten Gegenstand 1000 zu sehen.

[0075] Es wird angenommen, dass wie beim getesteten beschichteten Gegenstand 700 das weisse Pulver Aluminiumhydroxid ist, das vom beschichteten Gegenstand 900 abgeschieden wurde. Es wird ebenfalls angenommen, dass ein Mangel an Rostbildung mit Bildung der weissen Pulverschicht auf dem getesteten beschichteten Gegenstand 1000 beweist, dass die Aluminiumpartikel in der schützenden Beschichtung Opfereigenschaften besitzen können.

[0076] Alternativ kann ein thermales Spritzbeschichtungsverfahren angewandt werden, um eine schützende Beschichtung auf einem Substratmetall zu produzieren. Ein thermales Spritzbeschichtungsverfahren ist ein Beschichtungsverfahren, bei dem geschmolzene (oder erhitzte) Materialien auf eine Fläche gespritzt werden. Beispielhafte thermale Spritzbeschichtungsverfahren, die unter Anwendung des Rohstoffpulvers der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können, umfassen Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (high velocity oxygen fuel spraying (HVOF)), Plasmaspritzen und Flammshockspritzen.

[0077] Bei einer Ausführungsform kann das Rohstoffpulver als ein thermaler Spritzrohstoff bei Anwendung des HVOF-Verfahrens verwendet werden. Das HVOF-Beschichtungsverfahren kann ein teilweises Schmelzen der Al-basierten Legierung mit einer wünschenswerten teilweisen Zersetzung der harten Partikel wie der Chromcarbid- in getrennte Chrom- und Kohlenstoffpartikel im Binder sicherstellen, um chromiumreiche Inseln in der sich ergebenden Metallmatrix zu bilden. Die Dichte der harten Partikel kann ein besseres Passivieren auf der Oberfläche des Metallgegenstands ermöglichen. Bei einer anderen Ausführungsform kann ebenfalls ein anderes thermales Spritzverfahren angewandt werden, um die harte anodische Zusammensetzung auf dem Metallgegenstand aufzutragen, einschliesslich Plasmaspritzen und thermale Spritzen.

[0078] Nachdem die Opfermetallbinderpartikel wie Aluminiumpartikel mit harten Partikeln (wie Chromcarbid oder Chromnitrid oder Chromborid) vermischt worden sind, kann die hergestellte Partikelmischung auf eine Metallsubstratfläche bei Anwendung des HVOF-Verfahrens gespritzt werden. Infolge der hohen Temperatur können die harten Partikel sich zersetzen, Chrompartikel freigeben und dadurch Chrompartikel in die Aluminiummatrix einbetten. Wenn Aluminium mit anderen Partikeln legiert wird wie Chrompartikeln, kann die elektrochemische Differenz zwischen der Matrix und dem Basismaterial von >900 mV auf unter 600 mV zurückgehen, weniger als 400 mV, und auf ungefähr 400 mV bis 300 mV. Während die anodische Natur der Beschichtung erhalten bleiben kann, können die Potentialdifferenzen, die die Korrosionsraten während des Betriebs treiben, zurückgehen und auf diese Weise die Kombination von Anodizität und Korrosionswiderstand aufrechterhalten.

[0079] Bei einer anderen Ausführungsform kann eine verstärkte Metallmatrixbeschichtung auf einer Metallfläche durch Anwendung eines Klebebands gebildet werden, das eine Zusammensetzung von Aluminiumlegierung und harten Partikeln umfasst. Ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung der verstärkten Metallmatrixbeschichtung als ein Klebeband umfasst: Bereitstellung einer Vorstufenschicht, die Binderpolymere enthält. Die Vorstufenschicht kann Sn-Pulver als Sinterhilfe enthalten, um ein Diffusionsbond der Al-basierten Legierung und des Sn auf dem Basismetallgegenstand zu ermöglichen; Auftragung einer Schicht Rohstoffpulver auf die Vorstufenschicht.

[0080] Das hergestellte Band kann auf die Oberfläche eines Metallgegenstands, wie zum Beispiel eine Turbinenschaufel aus rostfreiem Stahl, mit einem Verfahren aufgetragen werden umfassend: Platzieren von einer oder mehreren Schichten des hergestellten Bands auf die Oberfläche des Metallgegenstands und Verbrennen des Bands, um das im Band enthaltene Polymer wegzubrennen und ein Diffusionsbond von Al und Sn auf der Oberfläche des Metallgegenstands zu ermöglichen.

[0081] Ein polymeres Band wie ein Polyvinylacetat mit einer selbstklebenden Rückseite kann mit dem gewünschten Verbundpulver bestreut werden, das harte Partikel und anodische Metallzusätze, z.B. Opfermetallbinderpartikel, enthält, zusammen mit einem Niedertemperaturhartlötpulver. Das Band und die Partikel können einem massigen Druckrollen unterzogen werden, so dass die Pulver mechanisch am PVA-Band mit selbstklebendem Rücken verankert werden. Das entstandene Band kann auf eine Luftfolienfläche in einer Wasserturbine aufgetragen werden.

[0082] Nach Auftragen der Zusammensetzung auf die Metalloberfläche, zum Beispiel durch das kalte Spritzbeschichtungsverfahren, das thermale Spritzbeschichtungsverfahren oder Auftragen eines beispielhaften Klebebands auf die Metalloberfläche, kann die Beschichtung durch die Anwendung von Schleppscheifentechniken mechanisch fertigbearbeitet werden, indem sie zum Beispiel einer Reihe von Trommeln ausgesetzt wird, die progressiv feinere Schleifmittel enthalten. Die fertige Beschichtung kann eine Oberflächenrauheit von ungefähr 0 bis 45 Microinch, besonders ungefähr 5 bis 30 Microinch, ganz besonders von ungefähr 10 bis 25 Microinch haben.

[0083] Während die Erfindung im Zusammenhang mit dem beschrieben wurde, was gegenwärtig als die praktischste und bevorzugte Ausführungsform betrachtet wird, ist zu verstehen, dass die Erfindung nicht auf die offenbarte Ausführungsform beschränkt sein soll, sondern im Gegenteil verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen erfassen soll, die Geist und Geltungsbereich der angehängten Ansprüche entsprechen.

BEZUGSZEICHENLISTE**ZUSAMMENSETZUNG EINER TURBINENSCHAUFELBESCHICHTUNG UND EIN VERFAHREN HIERZU****[0084]**

Bezugsnummer	Beschreibung der Teile
200	Rohstoffpulver
202	Anodische Inseln
300	Rohstoffpulver
301	Aluminiumpartikel
302	Harte Partikel
401	Aluminiumpartikel
402	Harte Partikel
501	Metallbasissubstrat
502	Kalt gespritzte Beschichtung
503	Defekte Stelle
504	Schnittfläche
600	Beschichteter Gegenstand
700	Getesteter beschichteter Gegenstand
900	Beschichteter Gegenstand
1000	Getesteter beschichteter Gegenstand

Patentansprüche

- Verbundstruktur umfassend:
ein Basissubstrat (501); und
eine Beschichtung (502) umfassend eine Vielzahl von harten Partikeln (302, 402) und eine Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln (301, 401) auf einer Fläche des Basissubstrats (501), wobei die Opfermetallbinderpartikel (301, 401) in Bezug auf das Basissubstrat (501) anodisch sind;
wobei die Beschichtung (502) eine elektrochemische Potentialdifferenz von mindestens ungefähr 50 mV in Bezug auf das Basissubstrat (501) aufweist.
- Verbundstruktur nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl der Opfermetallbinderpartikel (301, 401) ein Metall oder eine Metalllegierung umfassen.
- Verbundstruktur nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Vielzahl der Opfermetallbinderpartikel (301, 401) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die aus Aluminium, Magnesium, Zink, Aluminiumlegierungen, Cadmium, Beryllium und Nickel 20 % Aluminiumlegierung besteht.
- Verbundstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Vielzahl der harten Partikel (302, 402) aus der Gruppe ausgewählt ist, bestehend aus Wolframcarbid, Molybdencarbid, Titancarbid, Titanitrid, Titanborid, Chromcarbid, Chromoxid, Chromnitrid, Chromborid, Siliciumcarbid, Siliciumoxid, Siliciumnitrid, Bornitrid, Magnesiumborid, Magnesiumnitrid, Magnesiumoxid, Aluminiumnitrid, Aluminiumcarbid, Aluminiumoxid, Aluminiumborid, Zirconiumoxid, Titanoxid, Aluminium-Titanoxid und Kombinationen derselben.
- Verbundstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Opfermetallbinderpartikel (301, 401) in einer Menge von ungefähr 10 Gew.-% bis ungefähr 25 Gew.-% des Gesamtgewichts der Beschichtung vorhanden sind.
- Verbundstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die harten Partikel (302, 402) in einer Menge von ungefähr 75 Gew.-% bis 90 Gew.-% des Gesamtgewichts der Beschichtung vorhanden sind.
- Verbundstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Beschichtung (502) eine elektrochemische Potentialdifferenz von ungefähr 50 mV bis ungefähr 1000 mV in Bezug auf das Basissubstrat (501) hat.

CH 710 249 A2

8. Verbundstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die harten Partikel (302,402) eine Mohs Härte von ungefähr 5 bis ungefähr 10 haben.
9. Verbundstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die harten Partikel (302, 402) eine durchschnittliche Partikelgrösse haben, die in einem Bereich von ungefähr 0,5 Mikron bis ungefähr 3 Mikron liegt.
10. Verbundstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Basissubstrat (501) aus einem rostfreien Stahlmaterial hergestellt ist.
11. Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers (200, 300) umfassend:
Herstellung einer Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln (301, 401);
Herstellung einer Vielzahl von harten Partikeln (302, 402);
Mischen der Opfermetallbinderpartikel (301, 401) und der harten Partikel (302, 402) in einem flüssigen Medium, um die Opfermetallbinderpartikel (301, 401) und die harten Partikel (302, 402) miteinander zu verbinden und eine Vielzahl von verbundenen Partikeln zu produzieren;
Trennen der Vielzahl von verbundenen Partikeln vom flüssigen Medium, um ein Rohstoffpulver (200, 300) zu erzeugen, und
Trocknen des Rohstoffpulvers (200, 300).
12. Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers (200, 300) nach Anspruch 11, wobei die Opfermetallbinderpartikel (301, 401) und harten Partikel (302, 402) verbunden werden durch mechanische Legierung oder durch Agglomeration der Partikel.
13. Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers (200, 300) nach Anspruch 11 oder 12, wobei das Rohstoffpulver (200, 300) durch Sprühtrocknung und Sintern getrocknet wird.
14. Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers (200, 300) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Rohstoffpulver (200, 300) kugelförmige Partikel umfasst.
15. Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers (200, 300) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei das Rohstoffpulver (200, 300) fließfähig ist.
16. Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers (200, 300) nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei das Rohstoffpulver (200, 300) Partikel umfasst, die eine Grösse von ungefähr 5 bis 60 Mikron haben.
17. Verfahren zur Herstellung eines Rohstoffpulvers (200, 300) nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei das flüssige Medium ein organisches Medium oder ein anorganisches Medium ist.
18. Verfahren zur Beschichtung eines Basissubstrats (501) umfassend:
Herstellung eines Rohstoffpulvers (200, 300) umfassend eine Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln (301, 401) und eine Vielzahl von harten Partikeln (302, 402); und
Spritzen eines Basissubstrats (501) mit dem Rohstoffpulver (200, 300), um eine Beschichtung (502) auf einem Basissubstrat (501) zu bilden;
wobei die Beschichtung (502) eine elektrochemische Potentialdifferenz von mindestens ungefähr 50 mV in Bezug auf das Basissubstrat (501) besitzt.
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei der Spritzschritt ein Verfahren verwendet, das aus einer Gruppe ausgewählt wird bestehend aus einem kalten Spritzbeschichtungsverfahren und einem thermalen Spritzbeschichtungsverfahren.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, wobei das Rohstoffpulver (200, 300) nach Schritten hergestellt wird umfassend:
Herstellung einer Vielzahl von Opfermetallbinderpartikeln (301, 401);
Herstellung einer Vielzahl von harten Partikeln (302, 402);
Mischen der Opfermetallbinderpartikel (301, 401) und der harten Partikel (302, 402) in einem flüssigen Medium, um die Opfermetallbinderpartikel (301, 401) und die harten Partikel (302, 402) zu verbinden und eine Vielzahl von gebundenen Partikeln zu erzeugen;
Trennen der Vielzahl von gebundenen Partikeln vom flüssigen Medium, um ein Rohstoffpulver (200, 300) zu produzieren, und
Trocknen des Rohstoffpulvers (200, 300).

Die galvanische Serie für Metalle,
bei denen das Elektrolyt Salzwasser ist

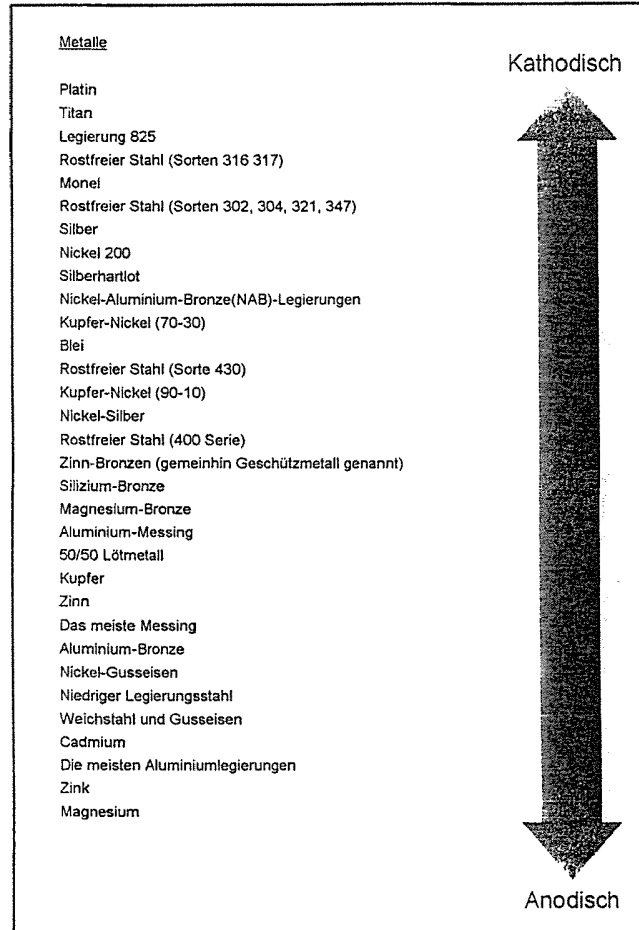


FIG. 1

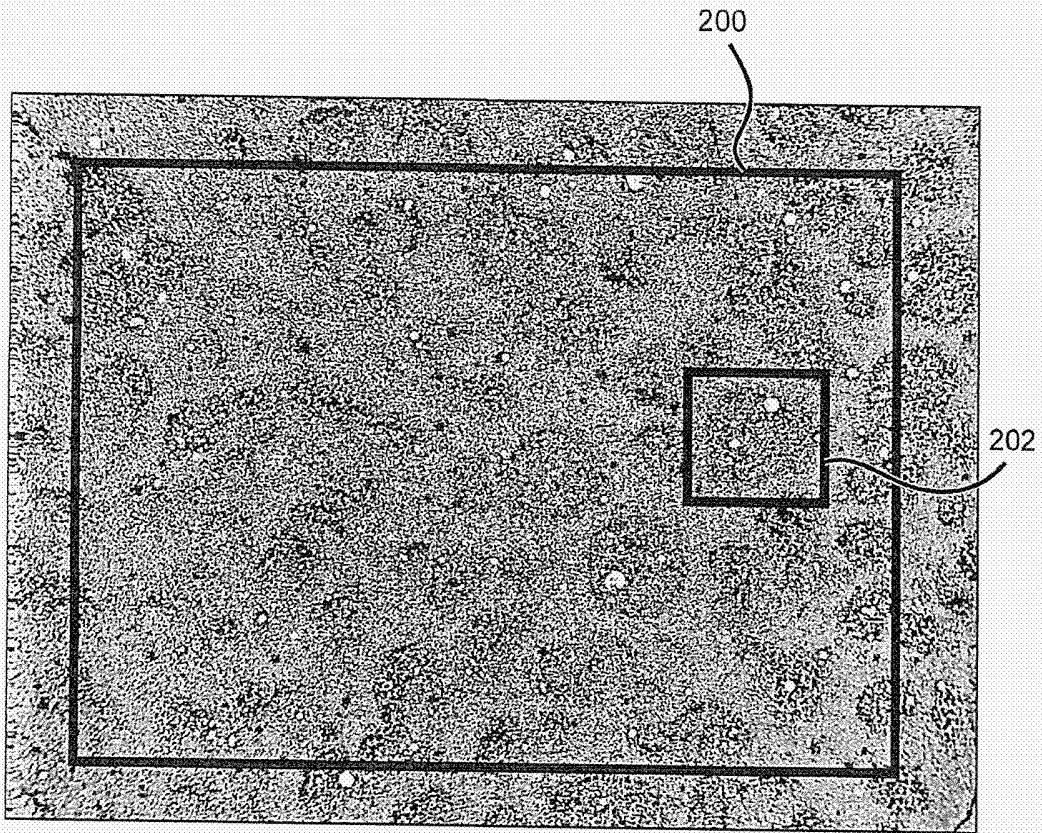


FIG. 2

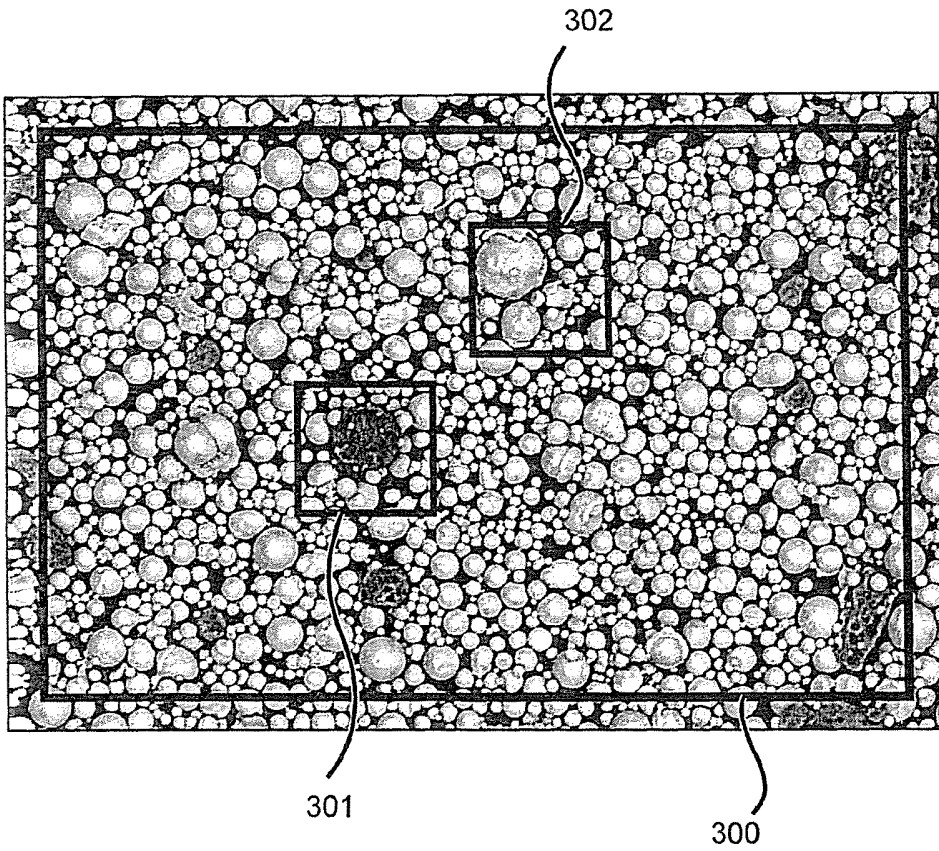


FIG. 3

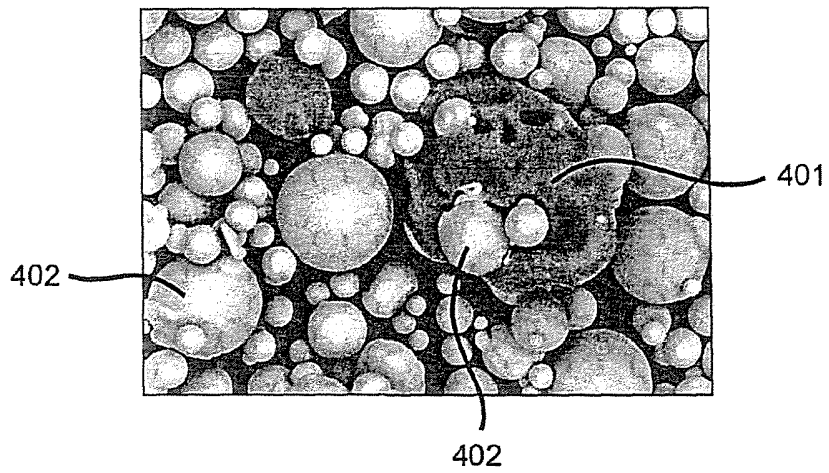


FIG. 4

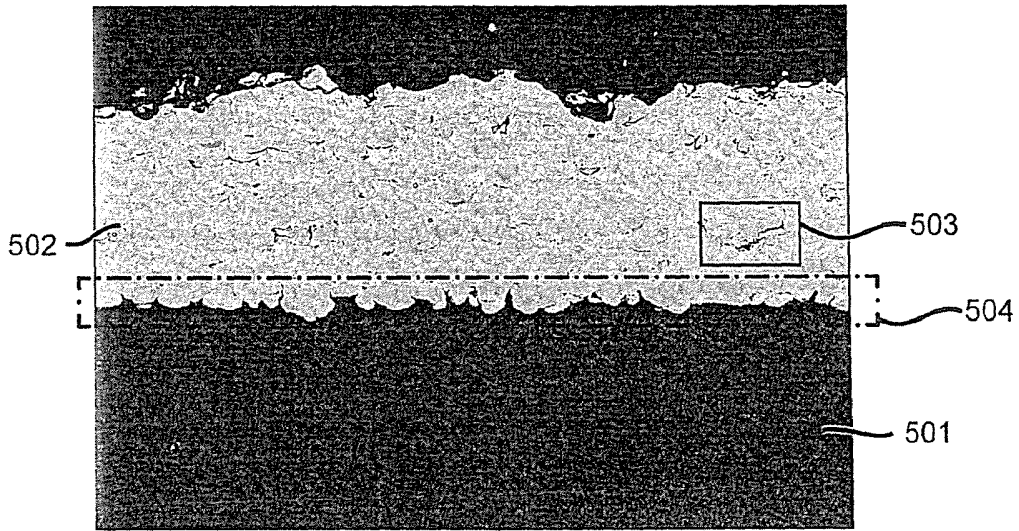


FIG. 5

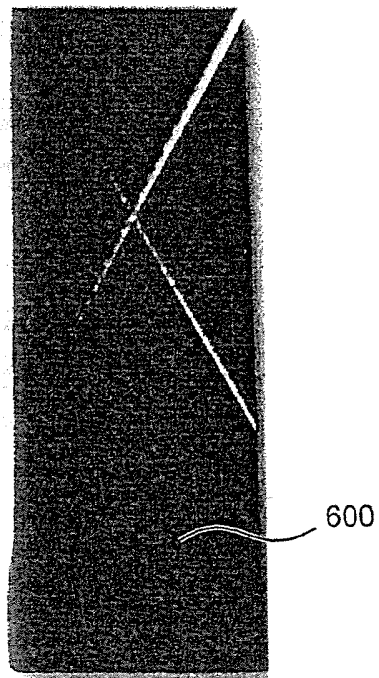


FIG. 6

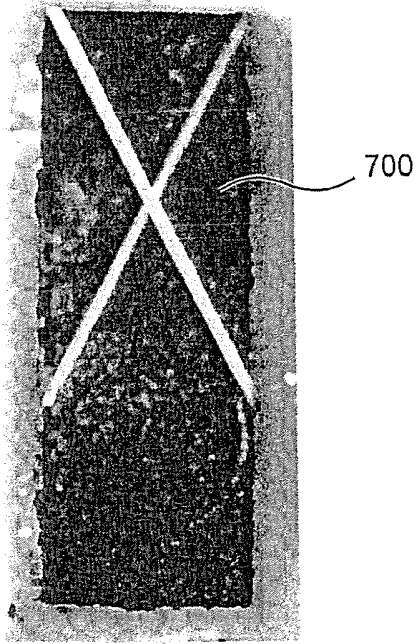


FIG. 7

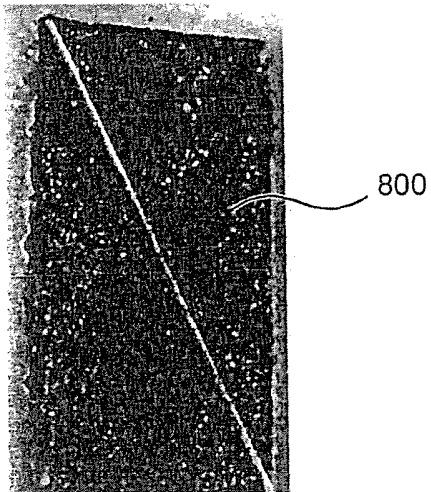


FIG. 8

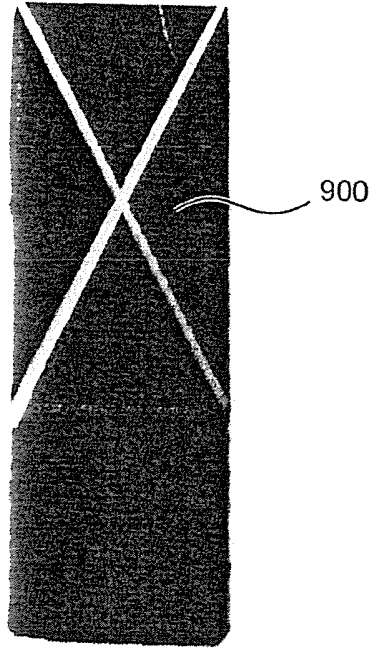


FIG. 9

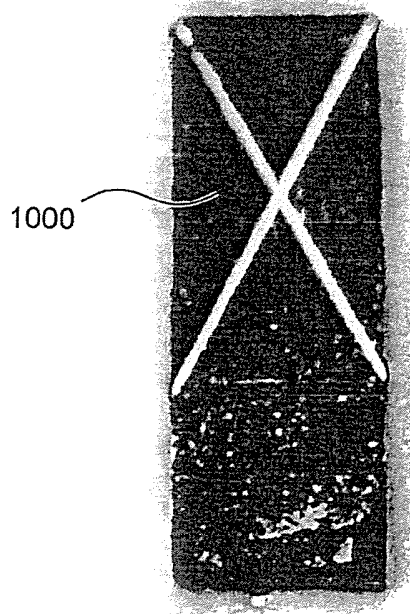


FIG. 10