(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 545 210 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.10.2018 Patentblatt 2018/41

(21) Anmeldenummer: **11709334.4**

(22) Anmeldetag: **08.03.2011**

(51) Int Cl.:
C25F 5/00 *(2006.01)* ***C25F 7/00*** *(2006.01)*
F01D 5/00 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/001123

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/110324 (15.09.2011 Gazette 2011/37)

(54) **VERFAHREN ZUM ELEKTROCHEMISCHEN ENTSCHICHTEN VON GASTURBINENBAUTEILEN**

METHOD FOR ELECTROCHEMICALLY STRIPPING COATINGS FROM GAS TURBINE COMPONENTS

PROCÉDÉ D'ENLÈVEMENT DE REVÊTEMENT PAR VOIE ÉLECTROCHIMIQUE POUR ÉLÉMENTS STRUCTURAUX DE TURBINE À GAZ

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

(30) Priorität: **09.03.2010 DE 102010010770**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.01.2013 Patentblatt 2013/03

(73) Patentinhaber: **Lufthansa Technik AG**
22335 Hamburg (DE)

(72) Erfinder:
- **ULLRICH, Thiemo**
  25436 Heidgraben (DE)
- **SCHLÖSSER, Marcel**
  20251 Hamburg (DE)
- **SIES, Michael**
  21077 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **Müller Verweyen**
Patentanwälte
Friedensallee 290
22763 Hamburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2008/138301
US-A- 3 151 049
US-A- 5 062 941
US-B1- 6 531 049

- **SEN Y ET AL: "Stripping of CrN from CrN-coated high-speed steels", SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 113, Nr. 1-2, 1. Januar 1999 (1999-01-01), Seiten 31-35, XP009105099, ISSN: 0257-8972, DOI: DOI:10.1016/S0257-8972(98)00814-7**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 545 210 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum elektrochemischen Entschichten von Gasturbinenbauteilen mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1.

[0002] Bauteile in Gasturbinen, insbesondere in Flugzeugturbinen, unterliegen unterschiedlichen Anforderungen. Im vorderen Bereich der Gasturbine und im Bereich des Verdichters sind die auftretenden Temperaturen im Vergleich zum restlichen Teil der Turbine vergleichsweise gering und daher steht bei den in diesem Bereich eingesetzten Bauteilen weniger die Temperaturfestigkeit, sondern eher die Resistenz der eingesetzten Bauteile, insbesondere der Leit- und Laufschaufeln, gegen Oxidation, Korrosion und Erosion im Vordergrund. Dieser Verschleiß wird unter anderem durch feste Partikel, beispielsweise Sand und Staub, verursacht, die von der Gasturbine eingesaugt und mit der Gasströmung durch die Turbine bewegt werden. Die Bauteile können durch die erosive Wirkung der Partikel geschädigt werden, was zu Leistungseinbußen der Turbine führt und ein regelmäßiges Austauschen der teuren Bauteile erfordert. Um die Lebensdauer von den im Verdichter eingesetzten Leit- und Laufschaufeln zu erhöhen, werden sie mit Verschleißschutzschichten beschichtet. Im Laufe der Zeit nutzt sich aber auch diese Verschleißschutzschicht ab. Bevor die Verschleißschutzschicht im Zuge einer Routineüberholung der Gasturbine erneut auf die Turbinenschaufeln aufgebracht werden kann, müssen die Reste der alten Schicht von den Turbinenschaufeln entfernt werden. Ein solches Abziehen der Verschleißschutzschicht kann oft nicht ohne Schädigung des Grundmaterials der Turbinenschaufeln geschehen. Vor allem physikalische Verfahren, wie z.B. Sandstrahlen, sind immer mit einem Abtrag des Grundmaterials verbunden. Die ohnehin verhältnismäßig dünne Wandstärke der Turbinenschaufeln wird dadurch weiter verringert, wobei erschwerend hinzukommt, dass durch ein solches Abziehen der Verschleißschutzschicht auch die Dickenverhältnisse der Turbinenschaufeln und damit auch die Strömungsverhältnisse verändert werden können. Als Alternative zu physikalischen Methoden, wie z. B. dem Sandstrahlen, haben sich chemische bzw. elektrochemische Verfahren etabliert. Diese Verfahren werden in der Regel speziell für die jeweilige Kombination aus Grundwerkstoff und Schichtmaterial entwickelt, da je nach Art der Materialien unterschiedliche Parameter, wie bspw. Zusammensetzungen des flüssigen Mediums, Temperaturen, Spannungen, Stromstärken, pH-Werte oder Zusatzstoffe gewählt werden müssen. Manche Schichten können auch nur mit ganz speziellen Kathodengeometrien, gepulstem Strom oder anderen Hilfsmitteln in befriedigendem Maße von dem Grundwerkstoff abgezogen werden.

[0003] So wird beispielsweise in der Druckschrift DE 10 2004 009 757 A1 eine solche, der Bauteilgeometrie angepasste Kathode beschrieben, die die Qualität des Entschichtens von Turbinenschaufeln verbessern soll. Zusätzlich zu der an die Turbinenschaufel angepassten Kathode wird hier auch ein gepulster Strom verwendet.

[0004] Zum Abziehen einer anderen Beschichtung ist in der Patentschrift US 6 454 870 B1 ein elektrochemischer Abziehprozess, auch "Strippen" genannt, beschrieben, der besonders bauteilschonend ist und die Verschleißschutzschicht, in diesem Fall eine Chromoxidschicht, mit Hilfe eines auf Salzsäure basierenden Mediums entfernt.

[0005] Aus der US 3 151 049 A ist ein Verfahren zum elektrolytischen Entschichten von Bauteilen bekannt. Die WO 2008/138 301 A1 lehrt ein Verfahren zur Entschichtung von Bauteilen mit Multilayer-Verschleißschutzbeschichtungen. In der US 6 531 049 B1 ist ein Entschichtungsverfahren für Titanbeschichtung offenbart, wobei eine wässrige Lösung eingesetzt wird. Weiterhin ist aus der US 5 062 941 A ein Entschichtungsverfahren für Metallbeschichtungen auf Titan oder Titanlegierungen bekannt.

[0006] Neuartige komplexe Verschleißschutzschichten ermöglichen es, einen immer höheren Verschleißschutz für Turbinenbauteile zu realisieren. Ein Beispiel für eine solche innovative Verschleißschutzschichtvariante ist ein so genanntes Mehrlagenschichtsystem, wobei das Mehrlagenschichtsystem ein oder mehrere übereinander angeordnete Schichtsysteme umfasst, wobei ein einzelnes Schichtsystem immer ein Metall und eine dem Metall elementverwandte Keramik (bspw. Cr und CrN) umfasst. Solche Mehrlagenschichtsysteme werden in der Vakuumbeschichtungstechnik vorzugsweise durch EB-PVD (Electron Beam Physical Vapour Deposition) Prozesse auf Gasturbinenbauteile aufgebracht.

[0007] Der beschriebene Aufbau des beschriebenen innovativen Mehrlagenschichtsystems soll kurz anhand der Figuren 2 und 3 erläutert werden: In der Figur 2 ist ein Mehrlagenschichtsystem 13 dargestellt, welches aus vier einzelnen, übereinander angeordneten Schichtsystemen 11 gebildet wird, welche auf ein Substrat 10 beispielsweise durch EB-PVD appliziert wurden. Ein Schichtsystem 11 umfasst dabei immer ein Metall 14 und eine dem Metall 14 elementverwandte Keramik 15. Elementverwandt bedeutet, dass der metallische Bindungspartner der Keramik 15 (im Falle von Chromnitrit wäre dies Chrom) das gleiche Element wie das Metall 14 umfasst. Somit wird die Keramik 15 aus einem nichtmetallischen Bindungspartner und einem metallischen Bindungspartner gebildet, wobei der metallische Bindungspartner - zumindest in seinen überwiegenden Bestandteilen - das gleiche metallische Element umfasst wie das Metall 14. Dasselbe Metall liegt somit einerseits als Metall 14 in elementarer Form vor und zusätzlich bildet es mit mindestens einem nichtmetallischen Element die Keramik 15. Im Falle eines Schichtsystems 11 aus Chrom und Chromnitrit liegt somit Chrom einerseits als Metall 14 und zusätzlich als gebundener Form zusammen mit Stickstoff als Keramik 15 (Chromnitrit) vor. Die Keramik

15 ist dann elementverwandt mit dem Metall 14. Neben Cr und CrN sind Cr und CrAlN, Ti und TiN sowie Ti und TiAlN weitere Beispiele solcher elementverwandten Metalle 14 und Keramiken 15.

[0008] Das Schichtsystem 11 kann aber auch weitere Schichten umfassen, dieser Zustand ist in der Figur 3 verdeutlicht. Zwischen der Lage aus Metall 14 und der Lage aus Keramik 15 können beispielsweise noch eine Zwischenlage aus Metalllegierungswerkstoff 17 und eine Zwischenlage aus gradiertem Metall-Keramik-Werkstoff 16 vorgesehen werden.

[0009] Mittels EB-PVD applizierte Schichten weisen eine deutlich höhere Haftung zum Grundmaterial und weniger Porosität auf, als es bei anderen Verfahren, wie beispielsweise dem Plasmaspritzverfahren, der Fall ist. Dies führt allerdings auch dazu, dass die Schichten schwieriger zu entfernen sind als solche, die mittels Plasmaspritzverfahren appliziert wurden.

[0010] In der Regel lassen sich keramische Schichten sehr viel schlechter als metallische Schichten durch elektrochemische Verfahren von Bauteilen lösen (aufgrund der meist geringen elektrischen Leitfähigkeit von Keramiken), wobei das Abziehen insbesondere dann problematisch ist, wenn mehrere artfremde Schichten gleichzeitig abgezogen werden sollen. Auch sind nicht alle elektrochemischen Verfahren generell bauteilschonend, so dass die zum Teil sehr aggressiven Medien auch den Grundwerkstoff des Bauteils angreifen können. Die aus dem Stand der Technik bekannten elektrochemischen Abziehverfahren können bei Gasturbinenbauteilen mit diesem Mehrlagenschichtsystem zu einem direkten flächenmäßigen Angriff des Grundwerkstoffs, aber auch zum interkristallinen Auflösen der Gefügestruktur führen. Die dabei eingesetzten Elektrolytlösungen, die sog. galvanischen Bäder, basieren beispielsweise auf geschmolzenem Natriumhydroxid (*Molten Salt Method*) oder auf Salzsäure und können Werkstoffe, wie Titanlegierungen oder Nickelbasislegierungen schädigen. Neben dem direkten flächenmäßigen Angriff des Grundwerkstoffs können solche Elektrolytlösungen auch interkristalline Korrosion im Grundwerkstoff auslösen. Bei einem solchen Angriff werden die Korngrenzen des Gefüges stärker als die Körner selber zersetzt, was dazu führt, dass ganze Körner aus dem Gefüge herausgelöst werden und der Grundwerkstoff nach und nach aufgelöst wird. Auch wenn diese Schadenswirkung optisch nicht so sichtbar ist, wie die Erosion beim Sandstrahlen, so wird die Gefügestruktur des Grundwerkstoffs durch den Abziehvorgang deutlich geschwächt und die Bauteilfestigkeit verringert. Dieser Effekt tritt bei jedem durchgeführten Abziehvorgang erneut auf, so dass sich die Schadenswirkung des interkristallinen Angriffs über die Gesamtlebensdauer der Turbinenschaufel akkumuliert. Das Grundwerkstoffgefüge wird durch das für das routinemäßig durchgeführte Neuaufbringen der Verschleißschutzschicht nötige Strippen der alten Verschleißschutzschicht immer weiter verschlissen, was im Widerspruch zum eigentlichen Ziel der Wartung, nämlich gerade dem Vermeiden des Verschleißes der Turbinenteile, steht. Da für das beschriebene neue Mehrlagenschichtsystem noch kein schonendes Abziehverfahren bekannt ist, wird es in der Regel durch abrasive Strahlverfahren entfernt, was, wie oben beschrieben, auch einen Materialabtrag des Grundwerkstoffs und damit eine Bauteilschädigung mit sich bringt. Ein Beispiel für abrasive Strahlverfahren ist das Strahlen mit Aluminiumoxid (Korund), welches schon an sich einen hohen Materialabtrag (Erosion) verursachen kann und darüber hinaus in der Regel im Anschluss an die *Molten Salt Method* erfolgt.

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein schonendes Verfahren zum elektrochemischen Entschichten von Gasturbinenbauteilen bereitzustellen.

[0012] Die Erfindung löst die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen und den zugehörigen Beschreibungen und der Zeichnung zu entnehmen.

[0013] Zur Lösung des Problems wird erfindungsgemäß ein Verfahren vorgeschlagen, in dem das zu entschichtende Gasturbinenbauteil aus rostfreiem Stahl oder einer Titanlegierung, welches ein Mehrlagenschichtsystem an der Oberfläche aufweist, in einer Elektrolytlösung als Anode gepolt wird und die Elektrolytlösung Natriumcarbonat und eine Tartratquelle, und das Mehrlagenschichtsystem mindestens ein Schichtsystem aus Cr und CrN und/oder mindestens ein Schichtsystem aus Ti und TiN und/oder mindestens ein Schichtsystem aus Cr und CrAlN und/oder mindestens ein Schichtsystem aus Ti und TiAlN umfasst. Das hier beschriebene Verfahren bietet wichtige Vorteile im Vergleich zu den bereits etablierten Verfahren, die zum Entschichten von Gasturbinenbauteilen angewandt werden. Wie sich in Versuchen herausgestellt hat, wird der Grundwerkstoff des Gasturbinenbauteils durch das erfindungsgemäße Verfahren nicht angegriffen, wobei insbesondere der in anderen chemischen und physikalischen Verfahren beobachtete Materialabtrag bzw. die schädliche Veränderung der Gefügestruktur nicht stattfindet. Der Grund dafür ist, dass durch die Kombination von Natriumcarbonat und Tartrat eine Lösung geschaffen wird, die die elektrochemisch abgelösten Metallionen (bspw. Chromionen) der Mehrlagenschicht sehr effizient komplexiert und dadurch im galvanischen Bad in Lösung hält und der Grundwerkstoff beim Abziehen passiviert wird und damit einer Schädigung des Grundwerkstoffs zusätzlich entgegenwirkt. Die keramischen Komponenten des Mehrlagenschichtsystems können beim Entschichtungsvorgang als Schlamm anfallen.

[0014] Vorzugsweise weist die Elektrolytlösung einen pH-Wert von 10 bis 12 auf, da sich bei Versuchen herausgestellt hat, dass im pH-Bereich 10-12 die besten Ergebnisse erzielt werden können.

[0015] Vorzugsweise wird als Tartratquelle Natrium-Kalium-Tartrat und/oder Natrium-Tartrat und/oder Weinsäure (die im pH-Bereich 10-12 auch als Tartrat vorliegt) verwendet. Diese Chemikalien sind einfach in großer

Menge verfügbar und tragen auch umwelttechnischen Gesichtspunkten des galvanischen Prozesses Rechnung. So weist Natriumtartrat beispielsweise nur eine äußerst geringe bis gar keine Umweltrelevanz auf und ist als Lebensmittelzusatzstoff mit der Nummer E 335 zugelassen. Auch Natrium-Kalium-Tartrat ist als Lebensmittelzusatzstoff Nummer E 337 zugelassen, genauso wie Weinsäure als E 334. Zwar bedeutet eine Zulassung als Lebensmittelzusatz nicht, dass die Stoffe völlig harmlos sind, aber verglichen mit vielen anderen galvanischen Bädern, die industriell zum Entschichten eingesetzt werden, ist die Lebensmittelzulassung der erfindungsgemäßen Elektrolytlösungsbestandteile ein klares Indiz für dessen Umweltverträglichkeit.

[0016] Idealerweise ist die Temperatur der Elektrolytlösung im Bereich von 50-80°C, vorzugsweise im Bereich von 60-70°C. Bekannterweise hat die Temperatur einen signifikanten Einfluss auf die Geschwindigkeit von chemischen Reaktionen. Im Bereich von 40-80°C, vorzugsweise 60-70°C, können die besten Ergebnisse erzielt werden, der galvanische Prozess verläuft kontrolliert, und es können sehr kurze Prozesszeiten (bis zu zwei Stunden) erreicht werden. Neben der Badtemperatur wird auch die Fremdmetallkonzentration in der Lösung überwacht und bei einem Überschreiten eines definierten Grenzwertes wird die Lösung entsprechend der üblichen Vorschriften entsorgt.

[0017] Vorzugsweise ist die an das Gasturbinenbauteil angelegte Spannung im Bereich von 3-8 V, vorzugsweise 4-6 V. Die anzulegende Spannung richtet sich nach dem zu entschichtenden Bauteil, wobei der angegebene Bereich für die Mehrzahl von Gasturbinenbauteilen aus Titanlegierungen oder rostfreiem Stahl ideal ist. Zu hohe Spannungen können zu unerwünschtem Grundmaterialabtrag führen, daher muss die angelegte Spannung durch eine Spannungsversorgung konstant gehalten werden. Vorzugsweise wird die Spannung dabei langsam auf das gewünschte Niveau heraufgeregelt, um ein schonendes Abziehverfahren zu gewährleisten.

[0018] Vorzugsweise wird Stahl als Kathodenmaterial verwendet. Da das Kathodenmaterial signifikanten Einfluss auf die Qualität des Abziehverfahrens haben kann, muss ein Kathodenwerkstoff gewählt werden, der sich möglichst positiv auf die Qualität des Abziehverfahrens auswirkt. Im erfindungsgemäßen Verfahren führt Stahl als Kathodenmaterial zu den besten Ergebnissen.

[0019] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels unter Zuhilfenahme der Figuren näher erläutert. In den Figuren ist im Einzelnen zu erkennen:

Fig. 1: Schematische Darstellung einer Vorrichtung zum elektrochemischen Entschichten eines Gasturbinenbauteils

Fig. 2: Darstellung eines Mehrlagenschichtsystems

Fig. 3: Darstellung eines einzelnen Schichtsystems

[0020] In der Fig. 1 ist ein Behälter 4 zu sehen, der eine Elektrolytlösung 2 enthält. Ferner ist eine Absenkvorrichtung 6 vorgesehen, mit der ein Gasturbinenbauteil 1 in die Elektrolytlösung 2 herabgesenkt wird. Das Gasturbinenbauteil 1 wurde vorher von Öl, Fett, Schmutz oder anderen Verunreinigungen gesäubert. Solche Verunreinigungen können sich negativ auf das Abziehverfahren auswirken und sollten daher sorgfältig mit bekannten Mitteln entfernt werden.

[0021] Das Gasturbinenbauteil 1 ist in diesem Ausführungsbeispiel aus einer Titanlegierung oder rostfreiem Stahl und weist an der Oberfläche ein Mehrlagenschichtsystem 13 auf. Die Absenkvorrichtung 6 bildet gleichzeitig die Anode und ist mit einer Spannungsversorgung 5 verbunden, die wiederum mit einer Kathode 8 verbunden ist. Vorzugsweise ist die Absenkvorrichtung 6 so gestaltet, dass sie mehrere Gasturbinenbauteile 1 gleichzeitig aufnehmen und absenken kann. Vorteilhafterweise können dabei auch individuelle Spannungen für verschiedene Gasturbinenbauteile 1 eingestellt werden, falls dies bspw. aufgrund von Größen- und/oder Geometrieunterschieden vorteilhaft oder nötig ist. Die Spannungsversorgung 5 dient generell dazu, an Gasturbinenbauteile 1 eine positive Spannung anzulegen, sie als Anode zu schalten, und an die Kathode 8 eine negative Spannung anzulegen. Die Kathode 8 kann dabei so ausgeführt sein, dass sie als gesondertes Bauteil ausgebildet ist und in die Elektrolytlösung 2 herabgelassen wird oder in der Elektrolytlösung 2 fest installiert ist oder, wie in diesem Ausführungsbeispiel, durch den Behälter 4 selbst realisiert wird und damit die Elektrolytlösung 2 großflächig umgibt. Die Kathode 8 bzw. der Behälter 4 ist vorzugsweise aus Stahl und nach außen hin isoliert, bspw. durch einen Kunststoffüberzug. Hier zeichnet sich einer der großen Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens ab, da die Kathodengeometrie verhältnismäßig simpel sein kann. Eine besondere, auf die Geometrie des Gasturbinenbauteils 1 genau angepasste Kathodengeometrie ist nicht erforderlich. Das Verfahren ist dadurch mit deutlich geringerem Prozessaufwand als viele vergleichbare Verfahren nach dem Stand der Technik durchführbar. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ohne geometrisch konforme Kathode ist, dass auf einfache Weise sehr hohe Stückzahlen gleichzeitig entschichtet werden können. Um den Prozessaufwand weiter zu minimieren, kann die Kathode 8 auch vorzugsweise so gestaltet sein, dass sie leicht ausgetauscht werden kann. Sollte sich die Kathode 8 in irgendeiner Form abnutzen, kann sie durch diese Austauschmöglichkeit einfach ersetzt werden und das Verfahren muss deswegen nicht lange unterbrochen werden.

[0022] Die Zusammensetzung der Elektrolytlösung 2 richtet sich nach dem Grundwerkstoffmaterial und umfasst für Gasturbinenbauteile 1, die aus einer Titanlegierung oder aus rostfreiem Stahl bestehen, Natriumcarbonat und eine Tartratquelle. In diesem Ausführungsbeispiel umfasst die Elektrolytlösung Natriumcarbonat (150-250 g/l) und entweder Natriumtartrat (60-90 g/l), Na-

trium-Kalium-Tartrat (60-90 g/l) oder Weinsäure (25-40 g/l) in einer Zusammensetzung, die einen pH-Wert im Bereich 10 bis 12 aufweist. Die eingesetzten chemischen Komponenten im hier beschriebenen Verfahren bieten wichtige Vorteile im Vergleich zu den bereits etablierten Verfahren. Die eingesetzten Grundwerkstoffe werden nicht angegriffen; der in anderen chemischen und physikalischen Verfahren beobachtete Materialabtrag bzw. die Änderung in der Gefügestruktur findet nicht statt. Die Temperatur der Elektrolytlösung 2 wird über eine Temperaturregelung 3 auf 60-70°C eingestellt. Die über die Spannungsversorgung 5 an das Gasturbinenbauteil 1 angelegte Spannung wird langsam von 0 V auf 4-6 V angehoben und so lange gehalten, bis das Mehrlagenschichtsystem vom Gasturbinenbauteil 1 abgezogen ist. Je nach Alter der Elektrolytlösung 2 ist die ideale Haltezeit unterschiedlich. Es wird anhand von Erfahrungswerten und optischer Inspektion der genaue Zeitpunkt bestimmt, an dem das Mehrlagenschichtsystem 13 komplett vom Gasturbinenbauteil 1 abgelöst ist, und das Gasturbinenbauteil 1 durch die Absenkvorrichtung 6 aus der Elektrolytlösung 2 herausgehoben werden soll. Rückstände des Mehrlagenschichtsystems 13 können dabei ggf. mit einer weichen Bürste entfernt werden. Über ein Badmonitoring 7 kann die Zusammensetzung der Elektrolytlösung 2 periodisch kontrolliert werden. Dabei kann auch die Konzentration von Metallverunreinigungen in der Elektrolytlösung 2 überwacht werden. Ggf. wird veranlasst eine frische Elektrolytlösung 2 zu präparieren. Die verbrauchte Elektrolytlösung 2 muss dann nach geltenden Vorschriften entsorgt werden. Da die Zusammensetzung der Elektrolytlösung 2 verglichen mit anderen galvanischen Bädern verhältnismäßig umweltverträglich ist, ist das Entsorgen nicht nur entsprechend einfach und damit günstig, sondern darüber hinaus auch aus ökologischer Sicht vorteilhaft und komplettiert so das erfindungsgemäße schonende elektrochemische Verfahren zum Entschichten von Mehrlagenschichtsystemen 13 von Gasturbinenbauteilen.

[0023] In der Figur 2 ist ein beispielhaftes Mehrlagenschichtsystem 13 dargestellt, welches mit dem erfindungsgemäßen Entschichtungsverfahren von einem Substrat 10 schonend entfernt werden kann. Das Substrat 10 ist demnach beispielsweise ein Gasturbinenbauteil 1. Auf das Substrat 10 bzw. das Gasturbinenbauteil 1 wurde das Mehrlagenschichtsystem 13 vorzugsweise mittels eines PVD (Physical Vapor Deposition) Verfahrens appliziert. Das Mehrlagenschichtsystem 13 umfasst in diesem Beispiel vier Schichtsysteme 11. Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren zum Entschichten von Mehrlagenschichtsystemen 13 eingesetzt, die drei bis sechs Schichtsysteme 11 aufweisen, weiter bevorzugt für Mehrlagenschichtsysteme 13, welche vier oder fünf Schichtsysteme 11 umfassen.

[0024] Die einzelnen Schichtsysteme 11 umfassen eine Lage aus Metall 14 und eine Lage aus einer diesem Metall 14 elementverwandten Keramik 15. Ein bevorzugtes Schichtsystem 11 besteht aus einer Lage Metall 14 aus Chrom und einer Lage Keramik 15 aus Chromnitrit oder Chromaluminiumnitrit. Ein anderes bevorzugtes Schichtsystem 11 umfasst Titan und Titannitrit oder Titanaluminiumnitrit.

[0025] Neben Metall 14 und Keramik 15 kann das Schichtsystem 11 auch noch weitere Lagen umfassen. Dies ist in der Figur 3 dargestellt. Das Schichtsystem 11 weist hier noch zwei weitere Lagen auf. Vorzugsweise umfasst das Schichtsystem 11 zusätzlich noch eine Lage aus Metalllegierungswerkstoff 17 und eine Lage aus gradiertem Metall-Keramik-Werkstoff 16. Diese Zwischenlagen können die Festigkeit und Haftung des Mehrlagenschichtsystems 13 weiter erhöhen. Vorzugsweise sind die Zwischenlagen auch aus elementverwandten Werkstoffen und homogenisieren den Übergang von Metall 14 zu Keramik 15.

[0026] Auch für diese noch komplexeren Mehrlagenschichtsysteme 13, bei denen die Schichtsysteme 11 mehr als die zwei Lagen aus Metall 14 und Keramik 15 umfassen, ist das erfindungsgemäße Entschichtungsverfahren gut geeignet.

Bezugszeichenliste:

[0027]

1 Gasturbinenbauteil
2 Elektrolytlösung
3 Temperaturregelung
4 Behälter
5 Spannungsversorgung
6 Absenkvorrichtung
7 Badmonitoring
8 Kathode
10 Substrat
11 Schichtsystem
13 Mehrlagenschichtsystem
14 Metall
15 Keramik
16 Metall-Keramik-Werkstoff
17 Metalllegierungswerkstoff

Patentansprüche

1. Verfahren zum elektrochemischen Entschichten von Gasturbinenbauteilen (1) aus Titanlegierungen oder rostfreien Stählen in einer Elektrolytlösung (2), wobei das Gasturbinenbauteil (1) auf der Oberfläche ein Mehrlagenschichtsystem (13) aufweist und als Anode gepolt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrolytlösung (2) Natriumcarbonat und eine Tartratquelle umfasst, und das Mehrlagenschichtsystem (13) mindestens ein Schichtsystem (11) aus Cr und CrN und/oder mindestens ein Schichtsystem (11) aus Ti und TiN und/oder mindestens ein Schichtsystem (11) aus Cr und CrAlN und/oder mindestens ein Schichtsystem (11) aus Ti und Ti-A1N

umfasst.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Elektrolytlösung (2) einen pH-Wert von 10 bis 12 aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Tartratquelle Natrium-Kalium-Tartrat und/oder Natrium-Tartrat und/oder Weinsäure verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Elektrolytlösung (2) im Bereich von 40-80°C, vorzugsweise 60-70°C liegt.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die an das Gasturbinenbauteil angelegte Spannung im Bereich von 3-8 V, vorzugsweise 4-6 V liegt.

Claims

1. Method for the electrochemically stripping of gas turbine components (1) made of Titanium alloys or stainless steels in an electrolyte solution (2), wherein the gas turbine component (1) comprises a multilayer system (13) on the surface and is polarized as anode, **characterized in that** the electrolyte solution (2) comprises sodium carbonate and a tartrate source, and the multilayer system (13) comprises at least one layer system (11) of Cr and CrN and/or at least one layer system (11) of Ti and TiN and/or at least one layer system (11) of Cr and CrAlN and/or at least one layer system (11) of Ti and TiAlN.

2. Method of claim 1, **characterized in that** the electrolyte solution (2) has a pH of 10 to 12.

3. Method of claim 1 or 2, **characterized in that** sodium potassium tartrate and/or sodium tartrate and/or tartaric acid is used as tartrate source.

4. Method as claimed in any of the preceding claims, **characterized in that** the temperature of the electrolyte solution (2) is in the range of 40-80°C, preferably 60-70°C.

5. Method as claimed in any of the preceding claims, **characterized in that** the voltage applied to the gas turbine component is in the range of 3-8 V, preferably 4-6 V.

Revendications

1. Procédé d'enlèvement de couche par voie électrochimique pour des éléments structuraux de turbine à gaz (1) en alliages de titane ou en aciers inoxydables dans une solution d'électrolyte (2), l'élément structural de turbine à gaz (1) présentant sur la surface un système à plusieurs couches (13) et étant polarisé en tant qu'anode, **caractérisé en ce que** la solution d'électrolyte (2) comprend du carbonate de sodium et une source de tartrate, et le système à plusieurs couches (13) comprend au moins un système de couche (11) en Cr et CrN et/ou au moins un système de couche (11) en Ti et TiN et/ou au moins un système de couche (11) en Cr et CrAlN et/ou au moins un système de couche (11) en Ti et TiAlN.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la solution d'électrolyte (2) présente une pH de 10 à 12.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, pour la source de tartrate, on utilise du sodium-potassium-tartrate et/ou du sodium-tartrate et/ou un acide tartrique.

4. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de la solution d'électrolyte (2) est située dans la plage de 40 à 80 °C, de préférence de 60 à 70 °C.

5. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tension appliquée à l'élément structural de turbine à gaz est située dans la plage de 3 à 8 V, de préférence de 4 à 6 V.

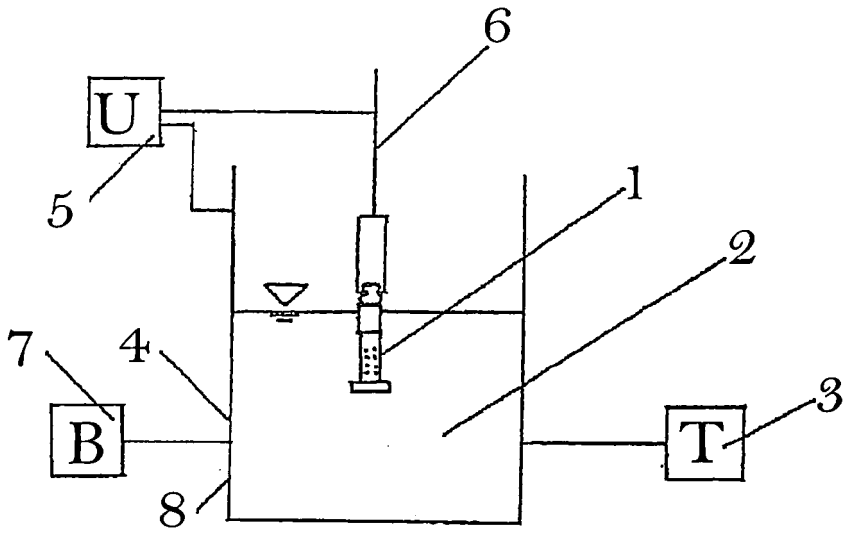

Fig. 1

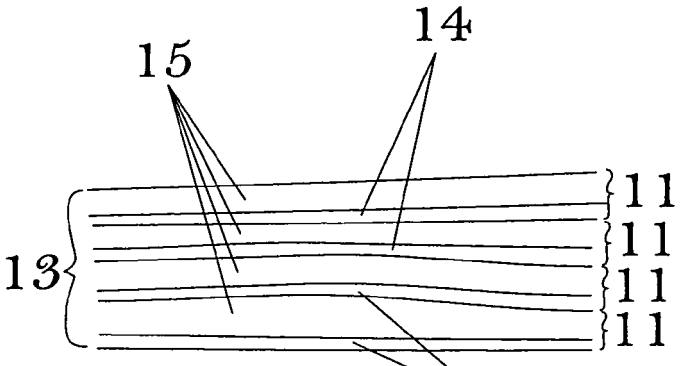

Fig. 2

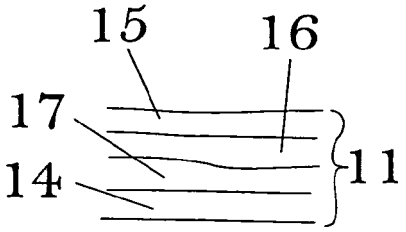

Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004009757 A1 **[0003]**
- US 6454870 B1 **[0004]**
- US 3151049 A **[0005]**
- WO 2008138301 A1 **[0005]**
- US 6531049 B1 **[0005]**
- US 5062941 A **[0005]**