



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 284 337 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
06.04.2005 Patentblatt 2005/14

(51) Int Cl.7: **F01D 5/14, B64C 21/10**

(21) Anmeldenummer: **02405661.6**

(22) Anmeldetag: **30.07.2002**

(54) **Verfahren zur Bearbeitung einer beschichteten Gasturbinenschaufel**

Method for machining a coated gas turbine blade

Procédé d'usinage d'une ailette de turbine à gaz

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **14.08.2001 CH 14992001**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.02.2003 Patentblatt 2003/08

(73) Patentinhaber: **ALSTOM Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Anderson, Gordon**
5400 Baden (CH)

- **Fried, Reinhard**
5415 Nussbaumen (CH)
- **Lötzerich, Michael**
79793 Horheim (DE)
- **Oehl, Markus**
79761 Waldshut-Tiengen (DE)
- **Schlechtriem, Stefan**
5522 Tägerig (CH)
- **Stengele, Jörg**
5406 Rütihof (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 081 332 **WO-A-97/21907**
GB-A- 580 806 **GB-A- 1 579 349**
US-A- 4 576 874

EP 1 284 337 B1

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

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines mit einer keramischen Schutzschicht beschichteten Gasturbinenteils gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs. Ein solches Verfahren ist aus US-A-4,576,874 bekannt.

STAND DER TECHNIK

[0002] Es ist allgemein und zahlreich bekannt, Turbinenschaufeln, also Leit- oder Laufschaufeln von Gasturbinen, mit einer oder mehreren Schutzschichten zu versehen, um die Turbinenschaufel vor den thermischen und mechanischen Belastungen, vor Oxidation und anderen, schädlichen Einflüssen während des Betriebes zu schützen und die Lebensdauer der Turbinenschaufel auf diese Weise zu verlängern. Dabei besteht eine erste Schutzschicht der Turbinenschaufel in der Regel aus einer metallischen Legierung wie MCrAlY, wobei M für Ni, Co oder Fe steht. Diese Art der metallischen Beschichtung dient als Schutz vor Oxidation. Eine zweite, rauhere Beschichtung aus MCrAlY wird mit anderen Beschichtungsparametern darauf aufgetragen. Diese Schicht wird auch als "bond-coating" bezeichnet. Solche Beschichtungen sind zahlreich aus dem Stand der Technik und beispielsweise aus US-A-3,528,861 oder US-A-4,585,481 bekannt.

[0003] Zudem wird eine weitere Schutzschicht aus TBC (Thermal Barrier Coating), welche aus einem keramischen Material (Y stabilisiertes Zr-Oxid) besteht und als thermischer Schutz dient, aufgebracht. Keramische Beschichtungen und Methoden zur Beschichtung sind beispielsweise aus den Schriften EP-A2-441 095, EP-A1-937,787, US-A-5,972,424, US-A-4,055,705, US-A-4,248,940, US-A-4,321,311, US-A-4,676,994, US-A-5,894,053 bekannt. Die aufgetragenen Schutzschichten haben in der Regel eine relativ hohe Oberflächenrauigkeit. Diese Oberflächenrauigkeit beeinflusst aber den Wärmeübergang auf positive Weise, so dass das Grundmaterial mit zunehmender Rauigkeit thermisch verstärkt belastet wird. Um dies zu vermeiden ist ein Verfahren zur Glättung der Oberfläche beispielsweise aus der Schrift EP-A2-1 088 908 bekannt. Auf der anderen Seite beeinflusst aber eine geschliffene Oberfläche das Strömungsverhalten und insbesondere das Ablöseverhalten negativ.

[0004] EP-A1-1 081 332 offenbart eine Turbinenschaufel, die sich dadurch auszeichnet, dass ein Streifen mit einer erhöhten Rauigkeit abstromseitig angebracht ist. Diese Massnahme wirkt sich positiv auf das Ablöseverhalten aus.

[0005] US-A-4,576,874 offenbart einen Prozess zum Aufbringen einer keramischen Schutzschicht.

[0006] W097/21907 offenbart eine Turbinenschaufel, die für den Einsatz im Nassdampfbereich von Vord-

und Endstufen von Dampfturbinen vorgesehen ist und einem Erosionsverschleiss durch aufschlagende Wassertropfen unterliegt und im Bereich der Eintrittskanten und Teilen des Schaufelblatts so behandelt ist, dass sich eine Herabsetzung des Erosionsverschleisses ergibt. Eine besonders vorteilhafte Möglichkeit zur Verminderung der erosiven Wirkung besteht darin, dass das Schaufelblatt im Bereich seiner Eintrittskante und seines Schaufelrückens oder in mindestens einem Teilbereich davon eine Oberflächenrauigkeit aufweist, die gegenüber der Oberflächenrauigkeit der Vorderseite des Schaufelblattes deutlich verstärkt ist.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, mit dem der Wärmeübergang von einem mit einer keramischen Schutzschicht beschichteten Gasturbinenteil, um welches ein Heissgas strömt, zu dem Heissgas verschlechtert wird, so dass ein verbesserter Schutz des Grundmaterials des Gasturbinenteils erreicht wird und gleichzeitig das Strömungsverhalten um das Gasturbinenteil und damit der Wirkungsgrad der gesamten Anlage positiv beeinflusst wird.

[0008] Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe bei einem Verfahren gemäss dem Anspruch 1 dadurch gelöst, dass die Rauigkeit der bereits aufgetragenen keramischen Schicht auf dem Grundmaterial an mindestens einer ersten Stelle reduziert wird und an mindestens einer zweiten Stelle die ursprüngliche Rauigkeit der keramischen Schicht beibehalten wird.

[0009] Es besteht prinzipiell die Möglichkeit, die Rauigkeit durch Schleifen, Sandstrahlen, Polieren, Trowalisieren, Bürsten oder auf andere, geeignete Arten, welche aus dem Stand der Technik bekannt sind, zu reduzieren.

[0010] In einer besonderen Ausführungsform handelt es sich bei dem Gasturbinenteil um eine Turbinenschaufel, welche mit Y stabilisiertem Zr-Oxid beschichtet ist.

[0011] Um das Ablöseverhalten an der Oberfläche der Turbinenschaufel positiv zu beeinflussen, kann die Rauigkeit an nur mindestens einer stromabgelegenen Stelle der Turbinenschaufel beibehalten werden, während die restliche Oberfläche der Turbinenschaufel glatt geschliffen wird. An den glatt geschliffenen Teilen der Oberfläche wird der Wärmeübergang damit vorteilhaft reduziert, so dass der Wärmeübergang hier verschlechtert wird, und bei gleicher Kühlleistung das Grundmaterial verbessert gekühlt wird. An den Stellen jedoch, an denen Ablösung droht, bleibt die keramische Schutzschicht rau, so dass dort eine gewisse Turbulenz erzeugt wird und die Strömung länger anliegt. Der Wirkungsgrad der gesamten Anlage wird durch diese einfache Massnahmen vorteilhaft erhöht.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] Die Erfindung ist anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert, wobei

Fig. 1 einen Schnitt durch eine Turbinenschaufel zeigt, welche nach dem erfindungsgemässen Verfahren bearbeitet wurde und

Fig. 2 einen Schnitt durch eine zweite Ausführungsform einer Turbinenschaufel zeigt, welche nach dem erfindungsgemässen Verfahren bearbeitet wurde.

[0013] Es werden nur die für die Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Gleiche Elemente in unterschiedlichen Figuren sind gleich bezeichnet. Strömungsrichtungen werden durch Pfeile dargestellt.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0014] Die Figur 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Turbinenschaufel 1 einer Gasturbine. Die Turbinenschaufel 1 ist an der Oberfläche 2 mit einer keramischen Schutzschicht 3 beschichtet worden. Die keramische Schutzschicht 3 (engl. Thermal Barrier Coating, TBC), bei der es sich um Y stabilisiertes Zr-Oxid handelt, dient als Schutz vor dem die Turbinenschaufel 1 umströmenden Heissgas 4, dessen Stromlinien in der Figur 1 sichtbar sind.

[0015] Derartige keramische Beschichtungen und Verfahren zur Beschichtung sind beispielsweise aus den Schriften EP-A2-441 095, EP-A1-937,787, US-A-5,972,424, US-A-4,055,705, US-A-4,248,940, US-A-321, 311, US-A-4,676,994, US-A-5,894,053 bekannt. Es dabei bekannt, dass die aufgetragene Schutzschicht eine gewisse Oberflächenrauigkeit aufweist.

[0016] Erfindungsgemäss wird daher vorgeschlagen, die Rauigkeit der bereits aufgetragenen keramischen Schicht 3 an mindestens einer ersten Stelle 5 an der Oberfläche zu reduzieren, während die Rauigkeit an mindestens einer zweiten Stelle 6 wie nach dem Beschichtungsvorgang erhalten bleibt. Beispielsweise kann also die Durchschnittrauigkeit (R_a , average roughness) an der ersten Stelle 5 auf maximal 1/3 der ursprünglichen Durchschnittrauigkeit reduziert werden. Die Rauigkeit R_T wird sich damit beispielsweise von etwa 50 μm auf 20 μm reduzieren. Eine solche Glättung der TBC Oberfläche senkt die Wärmeübergangszahl um 20% bis 30%. Dies bringt also einen deutlich verbesserten Schutz des eingesetzten Grundmaterials 1 vor den Heissgasen 4 an diesen Stellen 5.

[0017] Es besteht prinzipiell die Möglichkeit, die Rauigkeit durch Schleifen, Sandstrahlen, Polieren, Trowalisieren, Bürsten oder auf andere, geeignete Arten, welche aus dem Stand der Technik bekannt sind, zu reduzieren. Zu Schleifen besonders geeignet sind Siliziumkarbid oder Diamanten, welche mit einer Kunststoffbindung auf Bändern oder Scheiben befestigt sind.

[0018] In einer ersten Ausführungsform (Fig. 1) kann die Rauigkeit der keramischen Schutzschicht 3 an mindestens einer stromabgelegenen Stelle 6, an der die Ablösung der Heissgasströmung stattfindet, beibehalten werden. Das Ablösegebiet 7 wird somit insgesamt kleiner ausfallen im Vergleich mit einer gänzlich geglätteten Oberfläche, da an der ablösegefährdeten Stelle 6 eine gewisse Turbulenz, die der Ablösung entgegenwirkt, erhalten bleibt.

[0019] Die restliche keramische Schutzschicht 3 wird zum Zwecke eines verschlechterten Wärmeübergangs glattschliffen, d.h. auf maximal 1/3 der ursprünglichen Rauigkeit reduziert. Dies bedeutet für die Praxis, dass die Durchschnittrauigkeit R_a kleiner als 5 μm ist. An den glatt geschliffenen Teilen der Oberfläche wird der Wärmeübergang damit vorteilhaft reduziert, so dass der Wärmeübergang hier weiter verschlechtert wird, und somit - bei gleicher Kühlleistung - das Grundmaterial verbessert gekühlt wird.

[0020] Der Wirkungsgrad der gesamten Anlage wird durch diese einfachen Massnahmen vorteilhaft erhöht.

[0021] In der zweiten Ausführungsform der Turbinenschaufel 1 gemäss der Figur 2 wird die Rauigkeit der keramischen Schutzschicht 3 an verschiedenen Stellen 6 an der stromabgelegenen Seite der Turbinenschaufel 1 beibehalten. Die Stellen 6 sind jedoch nicht zusammenhängend, sondern unabhängig voneinander. Diese Massnahme dient weiter dazu, das Ablöseverhalten positiv zu beeinflussen. Zwischen diesen Stellen 6 wird zum Zwecke des verschlechterten Wärmeübergangs die Rauigkeit wiederum ganz reduziert.

[0022] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebene Ausführungsbeispiele reduziert, sondern bezieht sich allgemein auf das durch die nachfolgenden Ansprüche definierte Verfahren.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0023]

- 1 Turbinenschaufel, Gasturbinenteil
- 2 Oberfläche der Turbinenschaufel 1
- 3 Keramische Schutzschicht
- 4 Heissgas
- 5 Stellen der Schutzschicht (3), bearbeitet
- 6 Stellen der Schutzschicht (3), unbearbeitet
- 7 Ablösegebiet

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten einer keramischen Schutzschicht (3), welche auf der Oberfläche (2) eines Gasturbinenteils (1) aufgetragen ist wobei die keramische Schutzschicht (3) nach dem Auftragen auf der Gasturbinenteil (1) eine gewisse Rauigkeit aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Rauigkeit der bereits aufgetragenen keramischen Schicht (3) auf dem Grundmaterial (1) an mindestens einer ersten Stelle (5) reduziert wird und an mindestens einer zweiten Stelle (6) die ursprüngliche Rauigkeit der keramischen Schicht (3) beibehalten wird.

2. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rauigkeit der aufgetragenen keramischen Schicht (3) an der ersten Stelle (5) auf bis maximal 1/3 der ursprünglichen Durchschnittsrauigkeit reduziert wird.
3. Bearbeitungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gasturbinenteil (1) eine Turbinenschaufel (1) ist und die Rauigkeit nur an mindestens einer der Strömung abgewandten und ablösegefährdeten Stelle (6) auf der Turbinenschaufel (1) beibehalten wird und auf der restlichen Oberfläche (2) der Turbinenschaufel (1) die Rauigkeit reduziert wird.
4. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gasturbinenteil (1) mit Y stabilisiertem Zr-Oxid beschichtet wird.
5. Bearbeitungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rauigkeit durch Schleifen, Sandstrahlen, Polieren, Trowalisieren, Bürsten oder auf andere geeignete Art reduziert wird.

Claims

1. Process for treating a ceramic protective layer (3) which is applied to the surface (2) of a gas turbine part (1), the ceramic protective layer (3) having a certain roughness after it has been applied to the gas turbine part (1), **characterized in that** the roughness of the ceramic layer (3) which has already been applied to the base material (1) is reduced at at least one first location (5), and the original roughness of the ceramic layer (3) is retained at at least one second location (6).
2. Treating process according to Claim 1, **characterized in that** the roughness of the applied ceramic layer (3) is reduced at the first location (5) to at most 1/3 of the original average roughness.
3. Treating process according to one of Claims 1 or 2, **characterized in that** the gas turbine part (1) is a turbine blade or vane (1), and the roughness is re-

tained only at at least one location (6) on the turbine blade or vane (1) which is remote from the flow and is at risk of detachment, while the roughness is reduced on the remaining surface area (2) of the turbine blade or vane (1).

4. Treating process according to Claim 3, **characterized in that** the gas turbine part (1) is coated with Y-stabilized Zr oxide.
5. Treating process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the roughness is reduced by grinding, sand-blasting, polishing, smoothing, brushing or in some other suitable way.

Revendications

1. Procédé d'usinage d'une couche de protection céramique (3), qui est appliquée sur la surface (2) d'une partie de turbine à gaz (1), la couche de protection céramique (3) présentant après son application sur la partie de turbine à gaz (1) une certaine rugosité, **caractérisé en ce que** la rugosité de la couche céramique déjà appliquée (3) sur le matériau de base (1) est réduite en au moins un premier endroit (5) et la rugosité initiale de la couche céramique (3) est maintenue en au moins un deuxième endroit (6).
2. Procédé d'usinage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la rugosité de la couche céramique appliquée (3) est réduite au premier endroit (5) jusqu'à au maximum 1/3 de la rugosité moyenne initiale.
3. Procédé d'usinage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la partie de turbine à gaz (1) est une aube de turbine (1) et la rugosité n'est maintenue qu'en au moins un endroit (6) sur l'aube de turbine (1) opposé à l'écoulement et susceptible de décollement, et la rugosité est réduite sur la surface restante (2) de l'aube de turbine (1).
4. Procédé d'usinage selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la partie de turbine à gaz (1) est revêtue d'oxyde de Zr stabilisé à l'yttrine.
5. Procédé d'usinage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la rugosité est réduite par meulage, sablage, polissage, trowalissage, brossage ou d'une autre manière appropriée.

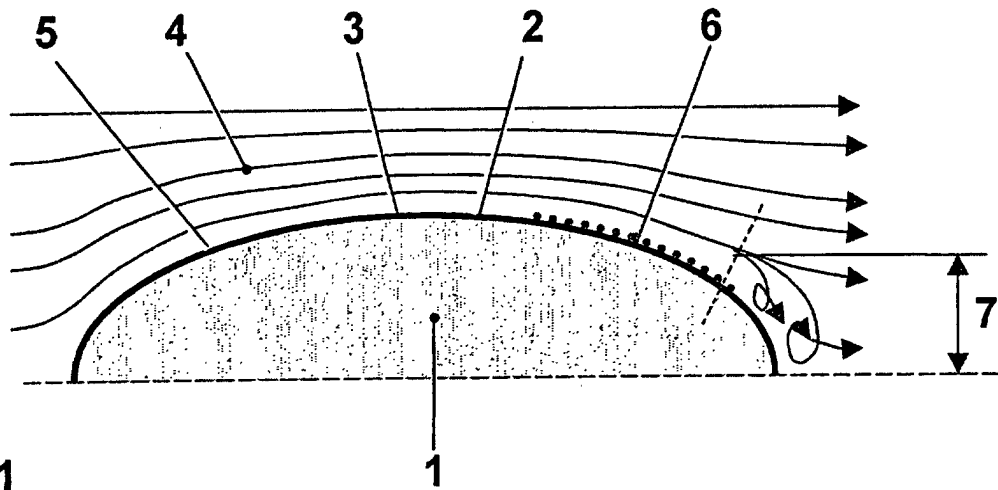


Fig. 1

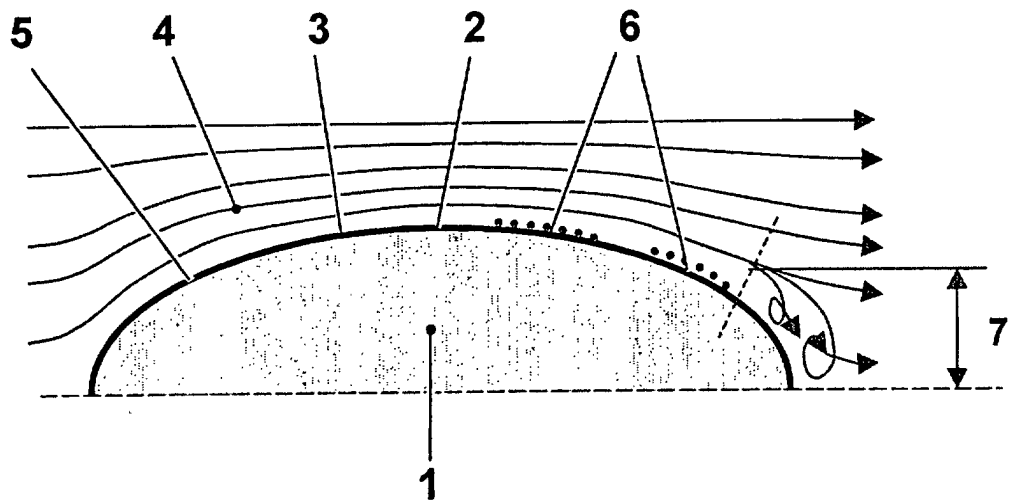


Fig. 2