



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 030 848 A1** 2007.01.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 030 848.1**

(22) Anmeldetag: **01.07.2005**

(43) Offenlegungstag: **11.01.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 31/02** (2006.01)
F01D 5/12 (2006.01)

(71) Anmelder:
MTU Aero Engines GmbH, 80995 München, DE

(72) Erfinder:
**Daniels, Bernd, 85635
Höhenkirchen-Siegertsbrunn, DE; Friedberger,
Katrin, 98701 Neustadt, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen einer Schaufelspitzenpanzerung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Schaufelspitzenpanzerung (14) auf einer Schaufel (10) einer Turbomaschine, insbesondere auf einer Hochdruckverdichterlaufschaukel einer Gasturbine, mit folgenden Schritten: a) Bereitstellen einer Schaufel (10) aus einem Nickelbasiswerkstoff; b) Aufbringen eines Lots auf eine Schaufelspitze (13) der Schaufel (10), wobei das Lot ein Nickelbasislot ist; c) Aufbringen von Hartstoffpartikeln aus kubischem Bornitrid auf das Lot, wobei die Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid mit einem Aktivelement beschichtet sind; d) Aufschmelzen des Lots unter Vakuum oder Schutzgas zu einer die Hartstoffpartikel mindestens teilweise umschließenden Matrix; e) Fixieren der Schaufelspitzenpanzerung (14) durch Abkühlen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Schaufelspitzenpanzerung auf einer Schaufel einer Turbomaschine, insbesondere auf einer Hochdruckverdichterlaufschaukel einer Gasturbine.

Stand der Technik

[0002] Turbomaschinen, wie zum Beispiel Gasturbinenflugtriebwerke, umfassen in der Regel mehrere Stufen mit rotierenden Laufschaufeln sowie feststehenden Leitschaufeln, wobei die Laufschaufeln zusammen mit einem Rotor rotieren und wobei die Laufschaufeln sowie die Leitschaufeln von einem feststehenden Gehäuse der Gasturbine umschlossen sind. Zur Leistungssteigerung eines Flugtriebwerks ist es von Bedeutung, alle Komponenten und Subsysteme zu optimieren. Hierzu zählen auch die sogenannten Dichtsysteme in Flugtriebwerken. Besonders problematisch ist bei Flugtriebwerken die Einhaltung eines minimalen Spalts zwischen den rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse eines Hochdruckverdichters sowie zwischen den feststehenden Leitschaufeln und einer rotierenden Rotorwelle des Hochdruckverdichters. Bei Hochdruckverdichtern treten nämlich die größten Temperaturen sowie Temperaturengradienten auf, was die Spalthaltung erschwert. Dies liegt unter anderem auch darin begründet, dass bei Verdichterlaufschaukeln sowie Verdichterleitschaufeln auf Deckbänder, wie sie bei Turbinen verwendet werden, verzichtet wird.

[0003] Wie bereits erwähnt, verfügen die Leitschaufeln und die Laufschaufeln im Verdichter über kein Deckband. Daher sind Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln beim sogenannten Anstreifen in das feststehende Gehäuse einem direkten Reibkontakt mit dem Gehäuse ausgesetzt. Die freien Enden bzw. Spitzen der Leitschaufeln sind einem direkten Reibkontakt mit der Rotorwelle ausgesetzt. Ein solches Anstreifen der Schaufelspitzen wird bei Einstellung eines minimalen Radialspalts durch Fertigungstoleranzen hervorgerufen. Da durch den Reibkontakt der Schaufelspitzen an denselben Material abgetragen wird, kann sich über den gesamten Umfang von Gehäuse und Rotor eine unerwünschte Spaltvergrößerung einstellen. Um dies zu vermeiden ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, die Enden bzw. Spitzen der Schaufeln mit einem keramischen Belag oder mit Hartstoffpartikeln bzw. mit abrasiven Partikeln zu panzern, wobei die Schaufelspitzenpanzerung unmittelbar auf die zu panzernde Schaufelspitze aufgebracht wird. Nach dem Stand der Technik wird eine Schaufelspitzenpanzerung, die aus Hartstoffpartikeln gebildet ist, auf die zu panzernde Schaufelspitze aufgelötet.

[0004] Aus der DE 44 39 950 C2 ist ein Verfahren zum Herstellen einer Schaufelspitzenpanzerung auf einer Schaufel aus einer Titanbasislegierung bekannt, wobei auf die Schaufel aus der Titanbasislegierung ein Lot lagenweise aufgebracht wird, indem die elementaren Komponenten des Lots, welches eine an die Titanbasislegierung der Schaufel angepasste Zusammensetzung aufweist, in Lagen gestaffelt auf die Schaufelspitze aufgebracht werden. Auf die mit dem Lot beschichtete Schaufel werden Hartstoffpartikel aufgetragen, wobei anschließend die Lotkomponenten des Lots aufgeschmolzen werden, um die Hartstoffpartikel zumindest teilweise in eine Matrix einzuhüllen. Das aus der DE 44 39 950 C2 bekannte Verfahren zum Herstellen einer Schaufelspitzenpanzerung eignet sich lediglich zur Verwendung bei Schaufeln aus einer Titanbasislegierung.

[0005] Hochdruckverdichterschaufeln werden in der Regel aus einem Titanbasiswerkstoff bzw. einer Titanbasislegierung oder aus einem Nickelbasiswerkstoff bzw. einer Nickelbasislegierung hergestellt. Üblicherweise finden die Titanbasiswerkstoffe oder Titanbasislegierungen in den vorderen, kälteren Stufen des Hochdruckverdichters Verwendung. Nickelbasiswerkstoffe oder Nickelbasislegierungen werden hingegen in den hinteren, heißeren Stufen des Hochdruckverdichters verwendet. Das in der DE 44 39 950 C2 offenbarte Verfahren eignet sich nicht zum Herstellen entsprechender Schaufelspitzenpanzerungen an Schaufeln aus einem Nickelbasiswerkstoff bzw. einer Nickelbasislegierung.

Aufgabenstellung

[0006] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zum Herstellen einer Schaufelspitzenpanzerung auf einer Schaufel einer Turbomaschine zu schaffen.

[0007] Dieses Problem wird durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren zumindest die folgenden Schritte: a) Bereitstellen einer Schaufel aus einem Nickelbasiswerkstoff; b) Aufbringen eines Lots auf eine Schaufelspitze der Schaufel, wobei das Lot ein Nickelbasislot ist; c) Aufbringen von Hartstoffpartikeln aus kubischem Bornitrid auf das Lot, wobei die Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid mit einem Aktivelement beschichtet sind; d) Aufschmelzen des Lots unter Vakuum oder Schutzgas zu einer die Hartstoffpartikel mindestens teilweise umschließenden Matrix; e) Fixieren der Schaufelspitzenpanzerung durch Abkühlen.

[0008] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, auch auf Schaufeln aus einem Nickelbasiswerkstoff bzw. aus einer Nickelbasislegierung Schaufelspitzenpanzerungen aus Hartstoffpartikeln sicher

und effektiv aufzubringen. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird auf eine Schaufel aus einem Nickelbasiswerkstoff zuerst ein Lot, nämlich ein Nickelbasislot, im Bereich der Schaufelspitze aufgebracht. Anschließend werden Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid, die mit einem Aktivelement beschichtet sind, auf das Lot aufgebracht. Das Aktivelement bildet mit dem kubischen Bornitrid eine relativ dünne Reaktionsphase um die Hartstoffpartikel, wodurch eine gute Benetzung mit dem Nickelbasislot gewährleistet wird.

[0009] Es liegt demnach im Sinne der Erfindung, zur Bereitstellung einer Schaufelspitzenpanzerung auf einer Schaufel aus einem Nickelbasiswerkstoff zuerst auf die Schaufelspitze derselben ein Nickelbasislot aufzubringen, wobei anschließend auf das Nickelbasislot als Hartstoffpartikel mit einem Aktivelement beschichtete Partikel aus kubischem Bornitrid aufgebracht werden. Beim anschließenden Aufschmelzen des Lots unter Vakuum oder Schutzgas ergibt sich eine stabile Verbindung der Hartstoffpartikel mit der Schaufelspitze der Schaufel.

[0010] Als Aktivelement findet vorzugsweise Titan oder eine Titanlegierung, Zirkon oder auch Gold Verwendung.

Ausführungsbeispiel

[0011] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

[0012] [Fig. 1](#) eine schematisierte Ansicht einer Schaufel mit einer Schaufelspitzenpanzerung.

[0013] Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) in größerem Detail beschrieben.

[0014] [Fig. 1](#) zeigt eine schematisierte Darstellung einer Laufschaufel eines Hochdruckverdichters eines Gasturbinenflugtriebwerks. Die Hochdruckverdichterschaufel besteht aus einem Nickelbasiswerkstoff bzw. einer Nickelbasislegierung. Die Laufschaufel **10** umfasst ein Schaufelblatt **11** sowie einen Schaufelfuß **12**. Ein radial außenliegendes Ende des Schaufelblatts **11** bildet eine sogenannte Schaufelspitze **13**.

[0015] Zum Verschleißschutz der Schaufelspitze **13** beim sogenannten Anstreifen derselben in ein feststehendes Gehäuse trägt dieselbe eine Schaufelspitzenpanzerung **14** aus Hartstoffpartikeln bzw. mit abrasiven Partikeln. Die hier vorliegende Erfindung betrifft nun neuartiges Verfahren zum Herstellen einer solchen Schaufelspitzenpanzerung **14** auf einer

Schaufel aus einem Nickelbasiswerkstoff.

[0016] Im Sinne des erfindungsgemäßer. Verfahrens zum Herstellen einer Schaufelspitzenpanzerung wird zuerst eine Schaufel **10** aus einem Nickelbasiswerkstoff bzw. einer Nickelbasislegierung bereitgestellt. Auf die bereitgestellte Schaufel wird im Bereich der Schaufelspitze **13** des Schaufelblatts **11** ein Nickelbasislot aufgebracht. Im Sinne der Erfindung wird das Nickelbasislot in Form einer Lotfolie aus einem homogenen Lotwerkstoff auf die Schaufelspitze **13** aufgebracht, nämlich vorzugsweise durch Punktschweißen. Anschließend werden auf die Lotfolie Hartstoffpartikel aufgebracht, nämlich Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid, die mit einem Aktivelement aus vorzugsweise Titan oder einer Titanlegierung, Zirkon oder auch Gold beschichtet sind. Das Aufbringen der mit dem Aktivelement beschichteten Hartstoffpartikel auf die Lotfolie erfolgt mit Hilfe eines Binders, vorzugsweise mit Hilfe eines organischen Binders.

[0017] Das Beschichten der Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid mit dem Aktivelement aus vorzugsweise Titan bzw. einem Titanbasiswerkstoff erfolgt vorzugsweise mit Hilfe eines PVD-Prozesses. Nach dem Aufbringen der mit dem Aktivelement beschichteten Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid auf die Lotfolie erfolgt ein Aufschmelzen des Lots bei Löttemperatur unter Vakuum oder Schutzgas, um so die Hartstoffpartikel mindestens teilweise in eine Matrix einzuschließen und dieselben sicher und fest an die Schaufelspitze **13** der Laufschaufel **10** anzubinden. Durch Abkühlen erfolgt ein Fixieren der Schaufelspitzenpanzerung **14** auf der Schaufelspitze **13** der Laufschaufel **10**.

[0018] Für das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen der Schaufelspitzenpanzerung ist einerseits von Bedeutung, dass auf eine Schaufel aus einem Nickelbasiswerkstoff ein Nickelbasislot vorzugsweise in Form einer homogenen Lotfolie aufgebracht wird. Weiterhin ist von Bedeutung, dass mit einem Aktivelement beschichtete Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid auf das Lot aufgebracht werden. Das Aktivelement bilden mit dem kubischen Bornitrid eine relativ dünne Reaktionsphase um die Hartstoffpartikel, wodurch eine gute Benetzung mit dem Nickelbasislot gewährleistet wird.

[0019] Dann, wenn Titan als Aktivelement verwendet wird, bildet das Titan der beschichteten Hartstoffpartikel mit dem kubischen Bornitrid eine relativ dünne Titan-Nitrid-Beschichtung um die Hartstoffpartikel, wodurch eine gute Benetzung mit dem Nickelbasislot gewährleistet wird. Es wird eine gute Verbindung der Hartstoffpartikel aus kubischen Bornitrid mit dem Nickelbasislot und damit mit der Schaufelspitze gewährleistet.

Bezugszeichenliste

- 10 Laufschaufel
- 11 Schaufelblatt
- 12 Schaufelfuß
- 13 Schaufelspitze
- 14 Schaufelspitzenpanzerung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Schaufelspitzenpanzerung auf einer Schaufel einer Turbomaschine, insbesondere auf einer Hochdruckverdichterlaufschaufel einer Gasturbine, mit folgenden Schritten:

- a) Bereitstellen einer Schaufel aus einem Nickelbasiswerkstoff;
- b) Aufbringen eines Lots auf eine Schaufelspitze der Schaufel, wobei das Lot ein Nickelbasislot ist;
- c) Aufbringen von Hartstoffpartikeln aus kubischem Bornitrid auf das Lot, wobei die Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid mit einem Aktivelement beschichtet sind;
- d) Aufschmelzen des Lots unter Vakuum oder Schutzgas zu einer die Hartstoffpartikel mindestens teilweise umschließenden Matrix;
- e) Fixieren der Schaufelspitzenpanzerung durch Abkühlen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Lot als eine Lotfolie aus einem homogenem Nickelbasislot auf die Schaufelspitze aufgebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lotfolie durch Schweißen auf die Schaufelspitze aufgebracht wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Hartstoffpartikeln aus kubischem Bornitrid vor dem Aufbringen derselben auf das Lot mit dem Aktivelement durch einen PVD-Prozess beschichtet werden.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Aktivelement Titan oder ein Titanbasiswerkstoff verwendet wird.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Aktivelement Gold oder Zirkon verwendet wird.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem Aktivelement beschichteten Hartstoffpartikel aus kubischem Bornitrid mit einem Binder auf das Lot aufgebracht werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

