



(10) **DE 103 56 953 B4** 2016.01.21

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 56 953.7**
(22) Anmeldetag: **05.12.2003**
(43) Offenlegungstag: **30.06.2005**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.01.2016**

(51) Int Cl.: **F01D 11/12 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
MTU Aero Engines AG, 80995 München, DE

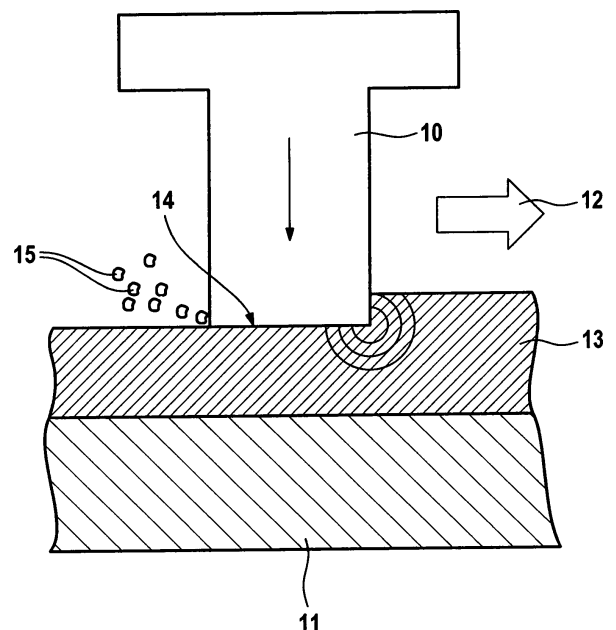
(72) Erfinder:
Däubler, Manfred A., Dr., 85221 Dachau, DE;
Schweitzer, Klaus, Dr., 82343 Pöcking, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	26 40 741	A1
DE	691 10 416	T2
US	5 047 612	A
US	5 536 022	A
US	3 817 719	A
EP	1 270 876	A2

(54) Bezeichnung: **Einlaufbelag für Gasturbinen sowie Verfahren zur Herstellung desselben**

(57) Hauptanspruch: Einlaufbelag für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf das Gehäuse (11) aufgebracht ist und aus einem CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Rockwellhärte des Einlaufbelags (13) in einem Bereich von 20 bis 60 liegt, wobei die Rockwellhärte eine in der HR15Y-Skala bestimmte Rockwellhärte ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag für Gasturbinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, wie aus der Druckschrift EP 1 270 876 A2 bekannt ist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 5.

[0002] Die Druckschrift US 3,817,719 offenbart einen Hochtemperatur-Einlaufbelag mit 48 bis 69 Gew.-% Nickel, 7 bis 17 Gew.-% Chrom, 1 bis 20 Gew.-% Kobalt, 10 bis 26 Gew.-% Aluminium, bis zu 3 Gew.-% aus der Gruppe der Elemente Bor, Kohlenstoff, Silizium, Phosphor und Wolfram. Im Einlaufbelag können ferner Yttrium, Hafnium Lanthan enthalten sein.

[0003] Die Druckschrift DE 26 40 741 offenbart ein Dichtungsteil, das eine Basis und einen abreibbaren Überzug darauf einschließt, wobei dieser Überzug zur Steuerung des Abstandes dient, bei Temperaturen bis zu 650°C eingesetzt werden kann und als Hauptbestandteil Nickel enthält.

[0004] Die Druckschrift DE 691 10 416 T2 offenbart ein thermisches Sprühpulver und die Verwendung davon in abreibbaren Verbundbeschichtungen.

[0005] Die Druckschrift US 5,536,022 offenbart ein Plasmaspritzverfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags mit oxidresistenten metallischen Partikeln und Bornitrid.

[0006] Die Druckschrift US 5,047,612 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Überwachung eines Beschichtungsvorgangs mittels eines Plasmaspritzverfahrens.

[0007] Gasturbinen, wie zum Beispiel Flugtriebwerke, 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. Bei Hochdruckverdichtern treten nämlich die größten Temperaturen sowie Temperaturengradienten auf, was die Spalthaltung der rotierenden Laufschaufeln zum feststehenden Gehäuse des Verdichters erschwert. Dies liegt unter anderem auch darin begründet, dass bei Verdichterlaufschau-

fel auf Deckbänder, wie sie bei Turbinen verwendet werden, verzichtet wird.

[0008] Wie bereits erwähnt, verfügen 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. Ein solches Anstreifen der Spitzen der Laufschaufeln in das Gehäuse wird bei Einstellung eines minimalen Radialspalts durch Fertigungstoleranzen hervorgerufen. Da durch den Reibkontakt der Spitzen der rotierenden Laufschaufeln 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 rotierenden Laufschaufeln mit einem harten Belag oder mit abrasiven Partikeln zu panzern. Solche Schaufelspitzenpanzerungen sind jedoch sehr teuer.

[0009] Eine andere Möglichkeit, den Verschleiß an den Spitzen der rotierenden Laufschaufeln zu vermeiden und für eine optimierte Abdichtung zwischen den Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse zu sorgen, besteht in der Beschichtung des Gehäuses mit einem sogenannten Einlaufbelag. Bei einem Materialabtrag an einem Einlaufbelag wird der Radialspalt nicht über den gesamten Umfang vergrößert, sondern in der Regel nur sichelförmig in einem oder in mehreren Sektoren. Hierdurch wird ein Leistungsabfall des Triebwerks verringert. Gehäuse mit einem Einlaufbelag sind aus dem Stand der Technik bekannt.

[0010] Aus dem Stand der Technik ist ein Einlaufbelag für das Gehäuse eines Hochdruckverdichters bekannt, wobei der Einlaufbelag aus einem NiCrAl-Bentonit-Werkstoff hergestellt ist. Ein derartiger Einlaufbelag aus einem Nickel-Chrom-Aluminium-Bentonit-Werkstoff eignet sich insbesondere für Laufschaufeln, die aus einem Nickelwerkstoff bzw. einer Nickelbasislegierung bestehen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass ein derartiger Einlaufbelag nicht für Schaufeln geeignet ist, die aus einem Titanwerkstoff bzw. aus einer Titanbasislegierung bestehen. Ungepanzerte Schaufelspitzen von Schaufeln auf Basis eines Titanwerkstoffs werden bei Verwendung eines NiCrAl-Bentonit-Werkstoffs beschädigt. Daher müssen nach dem Stand der Technik bei Verwendung eines derartigen Einlaufbelags die Schaufelspitzen von Laufschaufeln auf Basis eines Titanwerkstoffs für Temperaturen von größer als 480°C gepanzert werden. Aus dem Stand der Technik ist kein Einlaufbelag bekannt, mithilfe dessen sowohl bei Laufschaufeln auf Basis eines Nickelwerkstoffs als auch bei Laufschaufeln auf Basis eines Titanwerkstoffs auf Schaufelspitzenpanzerungen verzichtet werden kann.

[0011] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, einen neuartigen Einlaufbelag für Gasturbinen sowie ein Verfahren zur Herstellung desselben zu schaffen.

[0012] Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass der Eingangs genannte Einlaufbelag durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

[0013] Der erfindungsgemäße Einlaufbelag für Gasturbinen dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem feststehenden Gehäuse der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln derselben. Der Einlaufbelag ist an dem Gehäuse angebracht und aus einem CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff besteht, wobei die Rockwellhärte in einem Bereich von 20 bis 60 liegt, wobei die Rockwellhärte eine in der HR15Y-Skala bestimmte Rockwellhärte ist.

[0014] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Einlaufbelag eine Dichte und Porosität auf, so dass derselbe über eine relativ geringe Rockwellhärte verfügt, insbesondere in einem Bereich von 35 bis 50 liegt und eine in der HR15Y-Skala bestimmte Rockwellhärte ist.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags ist im unabhängigen Patentanspruch 5 definiert.

[0016] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

[0017] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

[0018] Fig. 1: eine stark schematisierte Darstellung einer Laufschaufel einer Gasturbine zusammen mit einem Gehäuse der Gasturbine und mit einem auf dem Gehäuse angeordneten Einlaufbelag,

[0019] Fig. 2: eine prinzipielle Darstellung des Einlaufbelags, und

[0020] Fig. 3: eine Prinzipskizze zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0021] Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine rotierende Laufschaufel **10** einer Gasturbine, die gegenüber einem feststehenden Gehäuse **11** in Richtung des Pfeils **12** rotiert. Auf dem Gehäuse **11** ist ein Einlaufbelag **13** angeordnet. Der Einlaufbelag **13** dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einer Spitze bzw. einem Ende **14** der rotierenden Laufschaufel **10** und dem feststehenden Gehäuse **11**. Bei dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Gehäuse **11**

handelt es sich nach dem bevorzugten Ausführungsbeispiel um das Gehäuse eines Hochdruckverdichters.

[0022] Die Anforderungen, die an einen solchen Einlaufbelag gestellt werden, sind sehr komplex. So muss der Einlaufbelag ein optimiertes Abriebverhalten aufweisen, d. h. es muss eine gute Spaltbarkeit und Entfernbarekeit des Abriebs gewährleistet sein. Weiterhin darf kein Materialübertrag auf die rotierenden Laufschaufeln **10** erfolgen. Der Einlaufbelag **13** muss des weiteren einen niedrigen Reibwiderstand aufweisen. Des weiteren darf sich der Einlaufbelag **13** beim Anstreifen durch die rotierenden Laufschaufeln **10** nicht entzünden. Als weitere Anforderungen, die an den Einlaufbelag **13** gestellt werden, seinen hier die Erosionsbeständigkeit, Temperaturbeständigkeit, Thermowechselbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit gegenüber Schmierstoffen und Meerwasser exemplarisch genannt. Fig. 1 verdeutlicht, dass bedingt durch die beim Betrieb der Gasturbine auftretenden Fliehkräfte und die Erwärmung der Gasturbine die Enden **14** der Laufschaufeln **10** mit dem Einlaufbelag **13** in Kontakt kommen und so ein Abrieb **15** freigesetzt wird. Dieser pulverisierte Abrieb **15** darf keine Beschädigungen an den rotierenden Laufschaufeln **10** hervorrufen.

[0023] Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung ist der Einlaufbelag **13** aus einem Kobalt (Co) Nickel (Ni) Chrom (Cr) Aluminium (Al) Yttrium(Y)-Werkstoff, gemischt mit hexagonalem Bornitrid (hBN), hergestellt. Der CoNiCrAlY-hBN-Einlaufbelag **13** verfügt über eine relativ geringe Härte. Die Rockwellhärte des Einlaufbelags **13** liegt in einem Bereich von 20 bis 60, vorzugsweise in einem Bereich von 35 bis 50, wobei die Rockwellhärte nach der HR15Y-Skala bestimmt ist. Dies wird dadurch erreicht, dass in den CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff Poren eingelagert werden. Die Porosität bestimmt die Dichte und damit die Härte des Einlaufbelags **13**.

[0024] Fig. 2 zeigt den schematischen Aufbau des Einlaufbelags **13**. Partikel **16** aus der CoNiCrAlY-Legierungsmatrix bilden zusammen mit Partikeln **17** aus hexagonalem Bornitrid (hBN) den Einlaufbelag **13**, wobei zwischen die Partikel **16** und **17** Poren **18** eingelagert sind. Die Anzahl der Poren **18** bestimmt mit die Dichte des Einlaufbelags **13** und damit dessen Rockwellhärte. Die CoNiCrAlY-Partikel **16** bilden das tragende Gerüst. Die eingelagerten, hexagonalen Bornitrid-Partikel **17** bilden aufgrund ihrer graphitähnlichen Spaltbarkeit Sollbruchstellen des Einlaufbelags **13**.

[0025] Wie oben bereits erwähnt, liegt die Rockwell-Härte des erfindungsgemäßen Einlaufbelags **13** in einem Bereich zwischen 20 und 60, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 35 und 50. Die Rockwell-Härte ist nach der HR15Y-Skala bestimmt. Dies bedeu-

tet, dass bei der Härteprüfung nach Rockwell als Eindringkörper eine Halbzoll (1/2") Stahlkugel verwendet wird mit einer Prüfkraft von 147 N (15 kp). Die Zahl **15** in der Härteskala HR15Y gibt demnach Aufschluss über die Prüfkraft, das Symbol Y in der Skala HR15Y gibt Aufschluss über den verwendeten Eindringkörper. Die Prüfvorkraft bei diesem Härteprüfverfahren nach Rockwell beträgt vorzugsweise 29,4 N (3 kp). Die Details der Härteprüfung nach Rockwell sind dem hier angesprochenen Fachmann geläufig.

[0026] Es liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, den Einlaufbelag **13** für das Gehäuse eines Hochdruckverdichters aus einem CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff herzustellen, wobei ausschließlich hexagonales Bornitrid (hBN) verwendet wird. Es liegt weiterhin im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, die Porosität und damit Dichte bzw. Härte des Einlaufbelags so einzustellen, dass die mithilfe der HR 15Y-Skala bestimmte Rockwell-Härte des Einlaufbelags **13** in einem Bereich **20** bis **60**, vorzugsweise in einem Bereich **35** bis **50** liegt. Ein derartiger Einlaufbelag **13** ist sowohl für Laufschaufeln auf Basis eines Nickelwerkstoffs als auch für Laufschaufeln auf Basis eines Titanwerkstoffs geeignet und somit kann für beide Laufschaufeltypen auf Schaufelspitzenpanzerungen verzichtet werden. Die Kosten für Schaufelspitzenpanzerungen können demnach eingespart werden. Weiterhin ist von Vorteil, dass der erfindungsgemäße Einlaufbelag **13** über ein gutes Abriebverhalten sowie gute Erosionsbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit verfügt. Darüber hinaus verfügt der Einlaufbelag **13** über hohe Wärmedämmeigenschaften, so dass die Gesamtdicke des Einlaufbelags **13** reduziert werden kann. Auch dies verringert die Materialkosten und spart des weiteren Gewicht. Insgesamt kann das Leistungsverhältnis der Gasturbine optimiert werden und dieselbe mit einem geringeren Kraftstoffverbrauch betrieben werden.

[0027] Der erfindungsgemäße Einlaufbelag **13** wird mittels thermischem Spritzen hergestellt. Beim thermischen Spritzen wird ein schmelzbarer Werkstoff geschmolzen und in geschmolzener Form auf ein zu beschichtendes Werkstück gespritzt bzw. gesprüht. Bevorzugt wird Plasmaspritzen als thermisches Spritzverfahren verwendet. Das erfindungsgemäße Herstellverfahren wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig. 3** erläutert.

[0028] Beim Plasmaspritzen wird zwischen einer Kathode und einer Anode eines schematisch dargestellten Plasmatrons **19** ein Lichtbogen gezündet wird. Dieser Lichtbogen erhitzt ein durch das Plasmatron strömendes Plasmagas. Als Plasmagase werden zum Beispiel Argon, Wasserstoff, Stickstoff, Helium oder Gemische dieser Gase verwendet. Durch das Erhitzen des Plasmagases stellt sich ein Plasmastrahl ein, der im Kern Temperaturen von bis 20.000°C erreichen kann.

[0029] Der zur Beschichtung verwendete und pulverförmige Werkstoff, hier der obige CoNiCrAlY-Werkstoff verklebt mit hexagonalem Bornitrid (hBN) und gemischt mit Polyester, wird mithilfe eines Trägergases in den Plasmastrahl injiziert und dort zumindest teilweise geschmolzen. Des Weiteren werden die Pulverpartikel durch den Plasmastrahl auf eine hohe Geschwindigkeit in Richtung auf das Bauteil beschleunigt. Das auf diese Art und Weise geschmolzene sowie beschleunigte Werkstoffgemisch wird bildet einen Spritzstrahl **20** aus, wobei der Spritzstrahl **20** zum einen aus dem Plasmastrahl und zum anderen aus dem Partikelstrahl des geschmolzenen Werkstoff besteht. Die Partikel des Werkstoffs prallen mit einer hohen thermischen sowie kinetischen Energie auf eine Oberfläche **21** des zu beschichtenden Werkstücks auf und bilden dort eine Beschichtung. Abhängig von den Parametern des Spritzprozesses bilden sich die gewünschten Beschichtungseigenschaften aus.

[0030] Die im Spritzstrahl **20** enthaltenen Polyesterpartikel werden statistisch verteilt in die Beschichtung eingelagert und nachfolgend aus der Beschichtung ausgebrannt um die Poren **18** zu hinterlassen.

[0031] Zur Bereitstellung des Einlaufbelags aus dem CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff mit einer Rockwell-Härte im Bereich von 20 bis 60, vorzugsweise im Bereich von 35 bis 50, ist es erforderlich, dass die Polyesterpartikel, die sich wegen ihrer geringen Dichte vorwiegend im Randbereich des Spritzstahls befinden, möglichst gleichmäßig in die CoNiCrAlY-hBN-Schicht eingelagert werden. Hierzu wird das Plasmaspritzen wie folgt durchgeführt: Zwischen dem Plasmatron **19** und der zu beschichtenden Oberfläche **21** des zu beschichtenden Bauteils wird eine möglichst große rotatorische als auch translatorische Relativgeschwindigkeit eingestellt. Die rotatorische Relativgeschwindigkeit ist in **Fig. 3** mit dem Pfeil **22**, die translatorische Relativgeschwindigkeit ist mit dem Pfeil **23** visualisiert. Zur Bereitstellung dieser Relativgeschwindigkeiten ist es bevorzugt, dass das Plasmatron **19** translatorisch verschoben wird und das zu beschichtende Bauteil gegenüber dem Plasmatron **19** rotiert. Es ist jedoch auch denkbar, dass das Plasmatron **19** stillsteht und nur das zu beschichtende Bauteil bewegt wird. Durch die rotatorische Bewegung wird sichergestellt, dass über die gesamte Umfangsrichtung die zu beschichtende Oberfläche **21** beschichtet wird. Durch die translatorische Bewegung wird sichergestellt, dass diese Beschichtung auch in axialer Richtung des Bauteils komplett erfolgt.

[0032] Das Plasmaspritzen wird vorzugsweise in einer Spritzkabine durchgeführt. Aus dieser Spritzkabine müssen mithilfe einer Luftströmung, die in **Fig. 3** durch Pfeile **24** dargestellt ist, Partikel fortlaufend aus der Spritzkabine herausgeführt werden. Es liegt nun im Sinne der Erfindung, dass die Luftströmung im Sinne der Pfeile **24** vorzugsweise in etwa par-

allel zur Spritzrichtung des Spritzstrahls **20** verläuft. Hierdurch wird sichergestellt, dass alle Partikel des Spritzstrahls, also der CoNiCrAlY-hBN-Schicht als auch die in die Schicht eingelagerten Polyesterpartikel definiert auf die zu beschichtende Oberfläche **21** gelangen.

[0033] Es ist eine Erkenntnis der hier vorliegenden Erfindung, dass die Einhaltung dieser parallelen Luftströmung sowie die Bereitstellung hoher rotatorischer als auch translatorischer Relativgeschwindigkeiten für die Herstellung des erfindungsgemäßen Einlaufbelags mit der definierten Rockwell-Härte von Wichtigkeit sind.

[0034] Der Spritzvorgang wird überwacht und ausgewertet. Die Überwachung und Auswertung des Spritzvorgangs erfolgt online. Hierdurch lässt sich eine Online-Prozesskontrolle bzw. Online-Qualitätssicherung des Beschichtungsvorgangs realisieren. Der sich beim Plasmaspritzen einstellende Spritzstrahl **20** wird mit einer Kamera optisch überwacht, die als CCD-Kamera ausgebildet sein kann. Das von der Kamera erfasste bzw. ermittelte Bild wird einem Bildverarbeitungssystem zugeführt. Im Bildverarbeitungssystem werden Eigenschaften des optisch überwachten Spritzstrahls **20** aus den von der Kamera erfassten Daten ermittelt.

[0035] Von der Kamera werden sowohl Eigenschaften eines Plasmastrahls als auch Eigenschaften eines Partikelstrahls erfasst. Die Kamera ermittelt vorzugsweise eine Leuchtdichteverteilung des Plasmastrahls sowie eine Leuchtdichteverteilung des Partikelstrahls. Aus diesen Leuchtdichteverteilungen werden im Bildverarbeitungssystem Höhenlinien mit gleicher Leuchtintensität ermittelt. In solche Höhenlinien mit gleicher Leuchtintensität werden dann vorzugsweise Ellipsen eingeschrieben. Dies erfolgt sowohl für den Plasmastrahl als auch für den Partikelstrahl. Die in die Höhenlinien eingeschriebenen Ellipsen verfügen über charakteristische geometrische Kenngrößen. Bei diesen geometrischen Kenngrößen der Ellipsen handelt es sich um Halbachsen sowie um den Schwerpunkt der Ellipsen. Aus diesen charakteristischen Daten der Ellipsen lässt sich eindeutig auf die Eigenschaften des Spritzstrahls und letztendlich auf die Eigenschaften der sich beim Spritzvorgang einstellenden Beschichtung schließen.

[0036] Die aus der optischen Überwachung des Spritzstrahls ermittelten, geometrischen Kenngrößen der Ellipsen, die Eigenschaften des Spritzstrahls entsprechen, werden mit vorgegebenen Werten für diese Eigenschaften bzw. vorgegebenen Ellipsenkenngrößen verglichen. Diese vorgegebenen Ellipsenkenngrößen sind durch eine Korrelation zwischen den Prozessparametern des Spritzvorgangs, den Partikeleigenschaften des geschmolzenen Werkstoffs und den Eigenschaften der sich er-

gebenden Beschichtung ermittelbar. Wird eine Abweichung der ermittelten Eigenschaften des Spritzstrahls von den vorbestimmten Werten für die Eigenschaften erkannt, so kann der Spritzvorgang entweder abgebrochen oder abhängig von dieser Abweichung derart geregelt werden, dass die vorbestimmten Eigenschaften des Spritzstrahls erreicht werden.

[0037] Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der erfindungsgemäße Einlaufbelag **13** aus dem CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff mit einer Rockwell-Härte nach der HR15Y-Skala im Bereich zwischen 20 bis 60 unmittelbar auf das Gehäuse **11** aufgebracht. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass zwischen dem Gehäuse **11** und dem Einlaufbelag **13** auch noch eine haftvermittelnde Schicht oder auch eine zusätzliche Funktionen wie Titanfeuerschutz oder Wärmedämmung erfüllende Schicht angeordnet sein kann, die ebenfalls durch Plasmaspritzen aufgebracht werden kann.

Bezugszeichenliste

10	Laufschaufel
11	Gehäuse
12	Pfeil
13	Einlaufbelag
14	Ende
15	Abrieb
16	Partikel
17	Partikel
18	Pore
19	Plasmatron
20	Spritzstrahl
21	Oberfläche
22	Pfeil
23	Pfeil
24	Pfeil

Patentansprüche

1. Einlaufbelag für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (**11**) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (**10**) derselben, wobei der Einlaufbelag (**13**) auf das Gehäuse (**11**) aufgebracht ist und aus einem CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rockwellhärte des Einlaufbelags (**13**) in einem Bereich von 20 bis 60 liegt, wobei die Rockwellhärte eine in der HR15Y-Skala bestimmte Rockwellhärte ist.
2. Einlaufbelag nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einlaufbelag (**13**) eine Porosität aufweist.
3. Einlaufbelag nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rockwellhärte des Einlaufbelags (**13**) in der HR15Y-Skala in einem Bereich von 35 bis 50 liegt.

4. Einlaufbelag nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einlaufbelag (13) unmittelbar oder unter Zwischenordnung einer haftvermittelnden Schicht auf das Gehäuse (11) aufgebracht ist.

wird, und wobei abhängig von der ermittelten Leuchtdichteverteilung das Plasmaspritzen beeinflusst wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

5. Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf dem Gehäuse (11) angebracht wird, mit folgenden Schritten:

a) Bereitstellen eines Gehäuses (11),
b) Aufbringen des Einlaufbelags (13) aus einem CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff auf das Gehäuse (11), **dadurch gekennzeichnet**, dass der CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff durch thermisches Spritzen derart aufgetragen wird, dass der sich einstellende Einlaufbelag (13) eine Rockwellhärte in einem Bereich von 20 bis 60 nach der HR15Y-Skala aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff unmittelbar oder unter Zwischenordnung einer haftvermittelnden Schicht auf das Gehäuse (11) aufgebracht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der CoNiCrAlY-hBN-Werkstoff derart aufgetragen wird, dass der sich einstellende Einlaufbelag (13) eine Rockwellhärte in einem Bereich von 35 bis 50 nach der HR15Y-Skala aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als thermisches Spritzen Plasmaspritzen verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das thermische Spritzen, insbesondere das Plasmaspritzen, derart durchgeführt wird, dass eine Luftströmung, die insbesondere der Abführung von Partikeln aus einer Spritzkabine dient, in etwa parallel zu einem Spritzstrahl, insbesondere einem Plasmastrahl, verläuft.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spritzvorgang überwacht und ausgewertet wird, wobei hierzu Eigenschaften eines Spritzstrahls optisch erfasst und ausgewertet werden, und wobei der Spritzvorgang abhängig von den ermittelten Eigenschaften des Spritzstrahls und abhängig von vorbestimmten Werten für die Eigenschaften geregelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass Eigenschaften eines Plasmastrahls und/oder Eigenschaften eines Partikelstrahls überwacht und ausgewertet werden, wobei hierzu mit Hilfe einer Kamera eine Leuchtdichteverteilung des Plasmastrahls und/oder des Partikelstrahls erfasst

Anhängende Zeichnungen

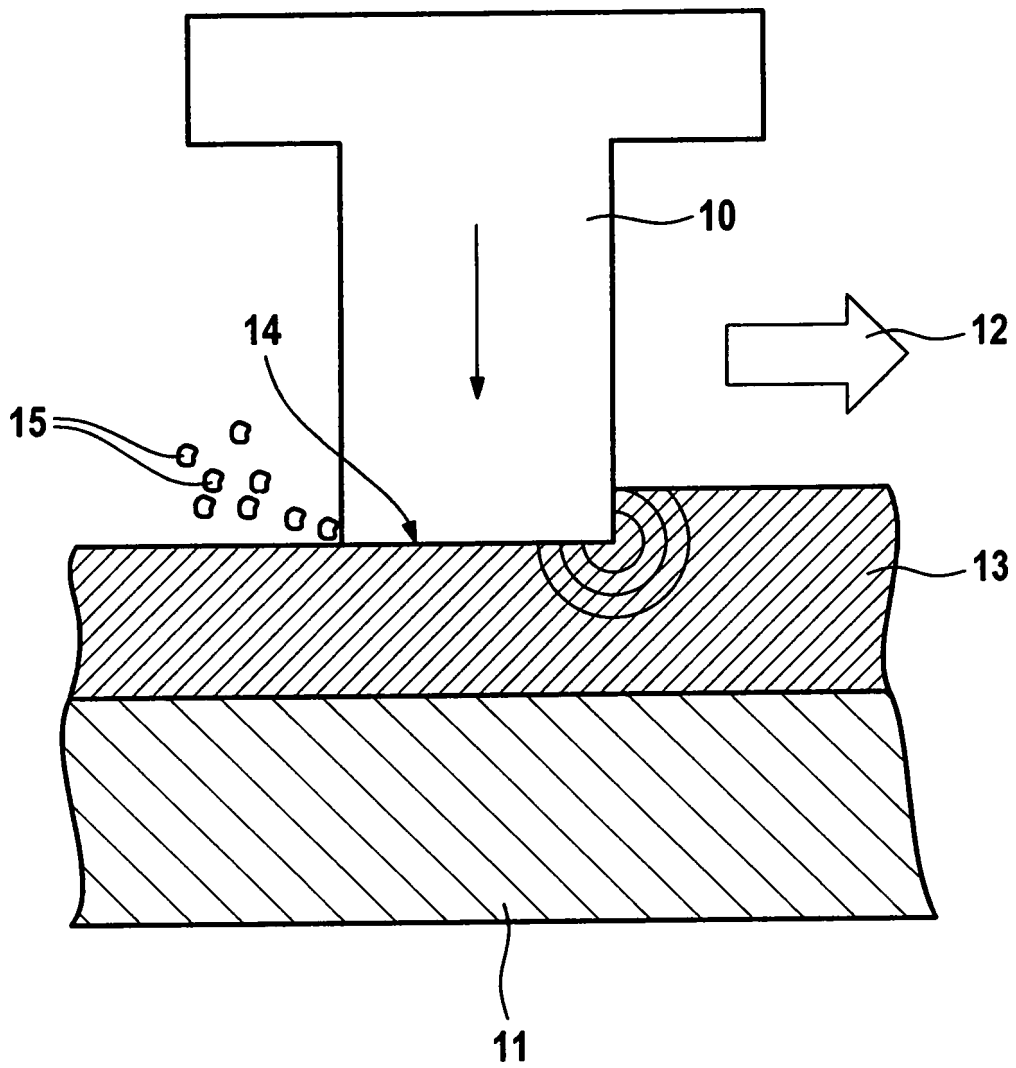


Fig. 1

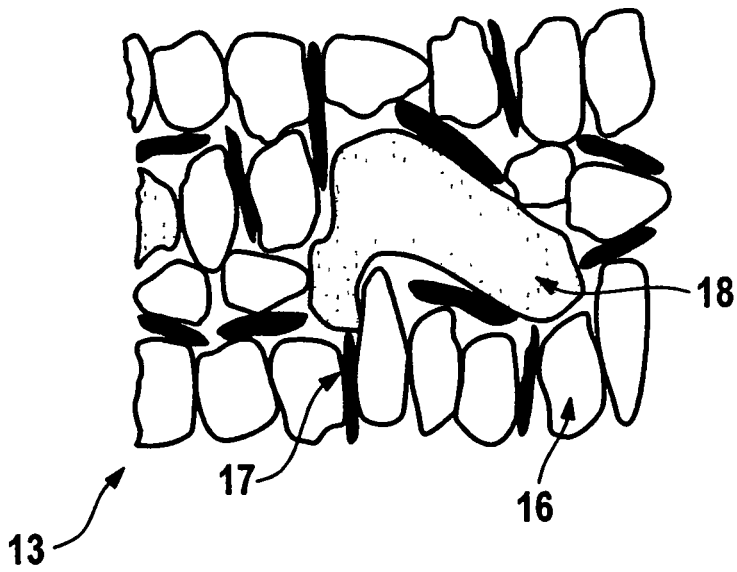


Fig. 2

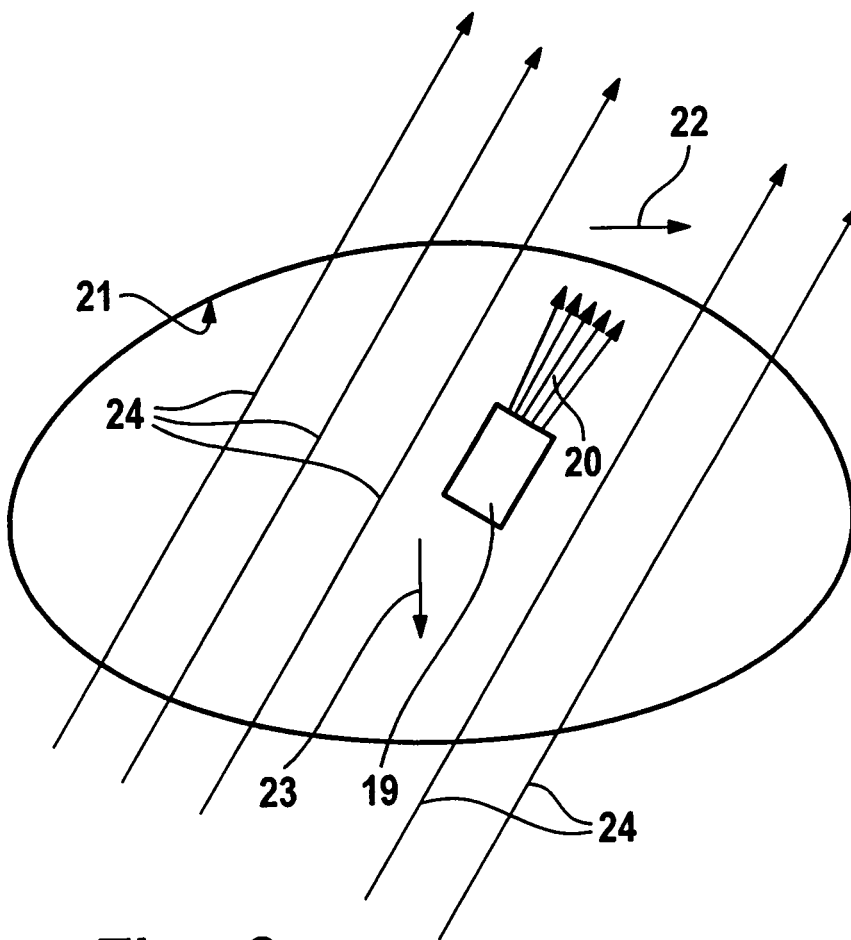


Fig. 3