



(10) **DE 10 2014 112 236 A1** 2015.04.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 112 236.4**

(22) Anmeldetag: **26.08.2014**

(43) Offenlegungstag: **02.04.2015**

(51) Int Cl.: **F01D 5/28 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

14/041,262 **30.09.2013** **US**

(71) Anmelder:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady,
N.Y., US**

(74) Vertreter:

**Rüger, Barthelt & Abel Patentanwälte, 73728
Esslingen, DE**

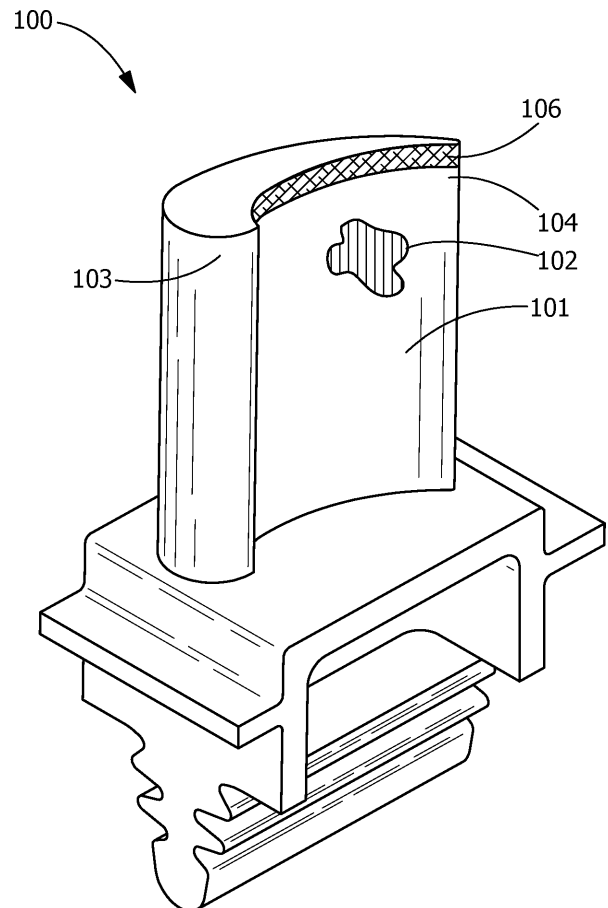
(72) Erfinder:

Delvaux, John McConnell, Greenville, S.C., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Komponente aus Keramikmatrixverbundwerkstoff, Turbinensystem und Herstellungsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Es sind eine Komponente aus Keramikmatrixverbundwerkstoff, ein Turbinensystem und ein Herstellungsverfahren offenbart. Die Komponente aus Keramikmatrixverbundwerkstoff (CMC) enthält ein CMC-Material, eine Umgebungssperrbeschichtung (EBC) auf dem CMC-Material und eine harte Verschleißbeschichtung, die über der EBC-Beschichtung aufgebracht ist. Das Turbinensystem enthält eine drehbare CMC-Komponente mit einer harten Verschleißbeschichtung und eine stationäre Turbinenkomponente, wobei die stationäre Turbinenkomponente eine abreibbare Beschichtung aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um durch die harte Verschleißbeschichtung, wie beispielsweise ein Siliziumkarbidmaterial, geschnitten zu werden. Das Herstellungsverfahren enthält ein Positionieren der drehbaren CMC-Komponente in einem vorbestimmten Abstand zu der stationären Turbinenkomponente und Drehen der drehbaren CMC-Komponente. Die harte Verschleißbeschichtung an der drehbaren CMC-Komponente schneidet in die abreibbare Beschichtung der stationären Turbinenkomponente ein.



Beschreibung

ERKLÄRUNG BEZÜGLICH VOM US-
BUNDESSTAAT GEFÖRDERTER FORSCHUNG

ODER ENTWICKLUNG

[0001] Diese Erfindung wurde mit Unterstützung der US-Regierung unter dem Auftrag Nr. DE-FC26-05NT 42643, der von dem Energieministerium vergeben wurde, geschaffen. Die US-Regierung hat bestimmte Rechte an der Erfindung.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Die vorliegende Erfindung ist auf hergestellte Komponenten und ein Verfahren zur Verwendung hergestellter Komponenten gerichtet. Insbesondere ist die vorliegende Erfindung auf eine Verschleißbeschichtung gerichtet, die auf Komponenten aus Keramikmatrixverbundwerkstoff (CMC, Ceramic Matrix Composite) aufgebracht wird.

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0003] Gasturbinen werden ständig modifiziert, um erhöhten Wirkungswert und gesteigerte Leistung zu erzielen. Diese Modifikationen umfassen die Fähigkeit, bei höheren Temperaturen und unter rauerer Bedingungen zu arbeiten, was häufig Materialmodifikationen und/oder Beschichtungen zum Schutz der Komponenten vor derartigen Temperaturen und Bedingungen erfordert. Wenn mehr Modifikationen eingeführt werden, werden weitere Herausforderungen bemerkt.

[0004] Eine Modifikation zur Steigerung der Leistung und des Wirkungsgrads umfasst eine Minimierung eines Spaltabstands zwischen einer Turbinenschaufelspitze und einem Turbinenmantel. Die minimierten Spalte führen zu einem Anstreifen oder Reiben zwischen der Schaufelspitze und dem Mantel während mancher Leistungstransienten. Eine Umgebungssperrbeschichtung (EBC, Environmental Barrier Coating), die auf CMC- Laufschaufelspitzen von Gasturbinen verwendet werden, können durch diese Reibvorgänge beschädigt werden.

[0005] Eine Beschädigung der EBC an einer Turbinenschaufel kann ein darunter liegendes CMC-Material freilegen und Verbrennungsgasen mit hoher Temperatur aussetzen, was zu einer verstärkten Verflüchtigung führt. Eine Erhöhung der EBC-Dicke an der Laufschaufel vergrößert das Gewicht der Schaufel und verringert den Wirkungsgrad und das Leistungsvermögen der Turbine. Außerdem verringert eine Aufweitung des Spaltes, um Reibung zu minimieren, ebenfalls den Wirkungsgrad und die Leistung.

[0006] Eine hergestellte Komponente und ein Verfahren zur Verwendung von hergestellten Komponenten, die die vorstehenden Nachteile nicht aufweisen, wären in der Technik erwünscht.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0007] In einer beispielhaften Ausführungsform enthält eine Komponente aus Keramikmatrixverbundwerkstoff (CMC) einen CMC-Werkstoff, eine über dem CMC-Werkstoff aufgebrachte Umgebungssperrbeschichtung und eine harte Verschleißbeschichtung, die über der Umgebungssperrbeschichtung aufgebracht ist.

[0008] In der zuvor erwähnten Keramikmatrixverbundwerkstoffkomponente kann die harte Verschleißbeschichtung ferner Siliziumkarbid aufweisen.

[0009] In der Keramikmatrixverbundwerkstoffkomponente einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann die harte Verschleißbeschichtung die äußerste Schicht bilden.

[0010] Die harte Verschleißbeschichtung kann eine äußere Oberfläche der Komponente überziehen.

[0011] In der Keramikmatrixverbundwerkstoffkomponente einer beliebigen vorstehend erwähnten Art, kann die harte Verschleißbeschichtung durch physikalische Gasphasenabscheidung aufgebracht sein.

[0012] Alternativ kann die harte Verschleißbeschichtung durch chemische Gasphasenabscheidung aufgebracht sein.

[0013] In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform enthält ein Turbinensystem eine drehbare CMC-Komponente, die einen CMC-Werkstoff, eine Umgebungssperrbeschichtung (EBC), die über dem CMC-Werkstoff aufgebracht ist, und eine harte Verschleißbeschichtung aufweist, die über der EBC-Beschichtung aufgebracht ist. Das Turbinensystem enthält ferner eine stationäre Turbinenkomponente, die eine abreibbare Beschichtung aufweist, die eingerichtet und benachbart zu der drehbaren CMC-Komponente angeordnet ist, um durch die harte Verschleißbeschichtung der drehbaren Turbinenkomponente eingeschnitten zu werden.

[0014] In dem zuvor erwähnten Turbinensystem kann die drehbare CMC-Komponente eine drehbare CMC-Laufschaufel sein, die an einer Scheibe angebracht ist, und die stationäre Turbinenkomponente kann ein stationärer Turbinenmantel sein.

[0015] Der stationäre Turbinenmantel kann einen Umfang rings um die drehbare Schaufel bilden.

[0016] Mehrere drehbare Keramikmatrixverbundwerkstoffschaufeln können längs des Umfangs an der Turbinenscheibe angebracht sein.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform enthält ein Herstellungsverfahren ein Positionieren einer drehbaren CMC-Komponente in einem vorbestimmten Abstand zu einer stationären Turbinenkomponente, wobei die stationäre Turbinenkomponente ein abreibbares Material aufweist. Das Herstellungsverfahren enthält ferner ein Drehen der drehbaren CMC-Komponente, wobei eine harte Verschleißbeschichtung auf der drehbaren CMC-Komponente das abreibbare Material der stationären Turbinenkomponente schneidet. Insbesondere kann das abreibbare Material eine abreibbare Beschichtung sein, und die harte Verschleißbeschichtung kann eine harte Verschleißschicht sein, die über einer Umgebungssperrschicht aufgebracht ist.

[0018] In dem zuvor erwähnten Herstellungsverfahren können Leistungstransienten bewirken, dass die drehbare Keramikmatrixverbundwerkstoffkomponente mit der abreibbaren Beschichtung in Kontakt gelangt.

[0019] In dem Herstellungsverfahren einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann der Schnitt durch die drehbare Keramikmatrixverbundwerkstoffkomponente eine Bahn in der abreibbaren Beschichtung formen.

[0020] Das Herstellungsverfahren einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann ferner eine Einlaufzeit aufweisen.

[0021] Die Einlaufzeit kann bis zu etwa 100 Stunden betragen.

[0022] Alternativ kann die Einlaufzeit wenigstens 100 Stunden betragen.

[0023] In dem Herstellungsverfahren einer beliebigen vorstehend erwähnten Art verflüchtigt sich die harte Verschleißschicht vorzugsweise nach einer vorbestimmten Beaufschlagung durch erhöhte Temperatur.

[0024] Die erhöhte Temperatur kann wenigstens 1500°F aufweisen.

[0025] Die erhöhte Temperatur kann vorzugsweise wenigstens 2900°F betragen.

[0026] In dem Herstellungsverfahren mit der Verflüchtigung der harten Verschleißschicht, wie vorstehend erwähnt, kann die Verflüchtigung der harten Verschleißschicht die Umgebungssperrbeschichtung freilegen.

[0027] In dem Herstellungsverfahren einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann die Umgebungssperrbeschichtung einen Härtewert aufweisen, der kleiner ist als derjenige der harten Verschleißbeschichtung.

[0028] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierteren Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen offensichtlich, die in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen zu lesen ist und die anhand eines Beispiels die Prinzipien der Erfindung veranschaulichen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0029] Fig. 1 zeigt eine Perspektivansicht einer Turbinenschaufel.

[0030] Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht eines Turbinensystems.

[0031] Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht eines Eingriffsmusters zwischen einem umlaufenden Teil und einem stationären Teil.

[0032] Wenn es möglich ist, werden die gleichen Bezugszeichen überall in den Zeichnungen verwendet, um die gleichen Teile zu bezeichnen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0033] Es sind eine beispielhafte Keramikmatrixverbundwerkstoffkomponente, ein Turbinensystem und ein Herstellungsverfahren geschaffen. Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung können im Vergleich zu Verfahren und Produkten, die nicht eines oder mehrere hierin offenbarte Merkmale verwenden, eine verringerte Menge an Umgebungssperrschicht (EBC)-Material verwenden, eine Beschädigung an dem EBC-Material verringern, Reparaturmaßnahmen reduzieren, eine Verflüchtigung des Keramikmatrixverbundwerkstoffs (CMC) verringern, den Spaltabstand verringern, den Turbinenwirkungsgrad vergrößern oder eine Kombination davon erzielen.

[0034] Indem nun auf Fig. 1 Bezug genommen wird, enthält eine drehbare CMC-Komponente **101** in einer Ausführungsform einen CMC-Werkstoff **102**, eine EBC-Beschichtung **104**, die über dem CMC-Werkstoff **102** aufgebracht ist, und eine harte Verschleißbeschichtung **106**, die über der EBC-Beschichtung **104** aufgebracht ist. Die drehbare CMC-Komponente **101** ist eine beliebige geeignete Komponente, die eine Verflüchtigung und/oder einen Reibverschleiß erfahren kann, wie beispielsweise eine Schaufel oder Laufschaufel, ohne jedoch darauf begrenzt zu sein. Die Laufschaufel kann entweder eine deckbandlose Schaufel oder eine Schaufel mit Deckband sein. Die harte Verschleißbeschichtung **106** ist ein Ma-

terial, wie beispielsweise, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, Siliziumkarbid (SiC), SiO₂, kubisches Bornitrid (CBN) oder Kombinationen von diesen. Zu Beispielen für den CMC-Werkstoff **102** gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, kohlenstofffaserverstärkter Kohlenstoff (C/C), kohlenstofffaserverstärktes Siliziumkarbid (C/SiC), siliziumkarbidfaserverstärktes Siliziumkarbid (SiC/SiC) und aluminiumoxidfaserverstärktes Aluminiumoxid (Al₂O₃/Al₂O₃). Die CMC-Verbundstoffe haben eine erhöhte Dehnbarkeit, Bruchzähigkeit, Temperaturschockbeständigkeit, dynamische Lastaufnahmefähigkeit und anisotrope Eigenschaften im Vergleich zu einer monolithischen Keramikstruktur. Jedoch kann sich der CMC-Verbundstoff ohne eine Umgebungssperrbeschichtung während eines Gasturbinenbetriebs verflüchtigen.

[0035] Zum Beispiel reagiert Wasserdampf bei Temperaturen oberhalb von 1500°F chemisch mit dem CMC-Verbundstoff **102**. Der Wasserdampf reagiert mit Silizium und Kohlenstoff in dem CMC-Verbundstoff **102**, um Siliziumhydroxid (SiOH) bzw. Kohlenstoffdioxid (CO₂) zu erzeugen. Das SiOH und das CO₂, die durch die Reaktion zwischen dem Wasserdampf und dem CMC-Verbundstoff **102** erzeugt werden, vergasen langsam oder verflüchtigen sich. Über viele Betriebsstunden oberhalb von 1500°F hinweg wird das CMC-Material **102** von der Außenseite entfernt.

[0036] Die EBC-Beschichtung **104** schützt den CMC-Verbundstoff **102** gegen Wasserdampf, Hitze und andere Verbrennungsgase, die die Verflüchtigung oder Beeinträchtigung des CMC-Verbundstoffs **102** herbeiführen können. In einer Ausführungsform reduziert oder eliminiert die EBC-Beschichtung **104** das Auftreten der chemischen Reaktion zwischen dem Wasserdampf und dem CMC-Verbundstoff **102**. Die EBC-Beschichtung **104** kann ein beliebiges geeignetes Material zum Schutz des CMC-Verbundstoffs **102** gegen die heißen Verbrennungsgase sein. Zu geeigneten EBC-Materialien gehören Barium-Strontium-Alumosilikat (BSAS), Mullit, Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid sowie Kombinationen von diesen.

[0037] Bezugnehmend auf **Fig. 1** bildet die harte Verschleißbeschichtung **106** in einer Ausführungsform eine äußerste Schicht der drehbaren CMC-Komponente **101**, die über einer oder mehreren EBC-Schichten **104** aufgebracht ist. Die harte Verschleißbeschichtung **106** wird über einen beliebigen geeigneten Abschnitt der drehbaren CMC-Komponente **101** aufgebracht, die während eines Anstreib- bzw. Reibereignisses einen Verschleiß erfährt. Geeignete Abschnitte der drehbaren CMC-Komponente **101** umfassen, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, einen Spitzenabschnitt **103**, eine Plattformverbindungsstelle, die Kontaktstelle zwischen einem Schaufelblatt und einem Deckband, die Kontaktstelle

zwischen dem Schaufelblatt und Deckbandschienen oder eine Kombination von diesen. Außerdem wird die harte Verschleißbeschichtung **106** mit einer beliebigen geeigneten Dicke aufgebracht, um einen Verlust der EBC-Beschichtung **104** bei tiefen Reibeingriffen zu reduzieren oder zu eliminieren. Geeignete Dicken umfassen, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, zwischen etwa 0,1 Millizoll und etwa 4 Millizoll, zwischen etwa 0,5 Millizoll und etwa 3 Millizoll, zwischen etwa 1 Millizoll und etwa 2,5 Millizoll oder eine beliebige Kombination, Unterkombination, einen beliebigen Bereich oder Unterbereich davon. Zum Beispiel erstreckt sich die harte Verschleißbeschichtung **106** in einer Ausführungsform über die gesamte Breite und Länge des Spitzenabschnitts **103**. In einem anderen Beispiel wird die harte Verschleißbeschichtung **106** rings um einen Rand des Spitzenabschnitts **103** und hinunter bis zu einer sich radial erstreckenden Fläche der drehbaren CMC-Komponente **101** aufgebracht, um einen erhöhten Schutz gegen schwerste Bedingungen zu schaffen.

[0038] Die harte Verschleißbeschichtung **106** wird über der EBC-Beschichtung **104** durch ein beliebiges geeignetes Beschichtungsverfahren aufgebracht. Zum Beispiel ist ein geeignetes Beschichtungsverfahren die physikalische Gasphasenabscheidung (PVD). Beim PVD kondensiert eine verdampfte Form der harten Verschleißbeschichtung **106** auf der EBC-Beschichtung **104** der drehbaren CMC-Komponente **101**, um eine harte dünne Verschleißbeschichtung **106** zu bilden. Zu weiteren geeigneten Beschichtungsverfahren gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, chemische Gasphasenabscheidung (CVD), Luftplasmaspritzen (APS), Brennspritzen mit Pulver oder Stab, Schlickerbeschichtung, Sol/Gel-Technik, elektrophoretische Abscheidung, Foliengießen oder eine Kombination von diesen. In einer Ausführungsform wird SiC als die harte Verschleißbeschichtung **106** verwendet. Das SiC haftet gut, weil ein Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE) des SiC gut zu dem CTE sowohl für den CMC-Verbundstoff **102** als auch für die EBC-Beschichtung **104** passt. Die EBC-Beschichtung **104** kann auf den CMC-Verbundstoff **102** aufgebracht werden und in Kontakt mit diesem stehen. Die harte Verschleißbeschichtung **106** kann auf die EBC-Beschichtung **104** aufgebracht werden und in Kontakt mit dieser stehen.

[0039] Bezugnehmend auf **Fig. 2** enthält ein Turbinensystem **100** in einer Ausführungsform die drehbare CMC-Komponente **101**, wie beispielsweise eine Turbinenlaufschaufel, die an einem drehbaren Element **107**, wie beispielsweise einer Turbinenlaufscheibe, angebracht ist. Die CMC-Komponente **101** und das drehbare Element **107** erstrecken sich von einer zentralen Stelle **131**, wie beispielsweise einer drehbaren Welle, weg. In einer weiteren Ausführungsform sind mehrere drehbare CMC-Komponenten

ten **101** rings um das drehbare Element **107** positioniert, und sie erstrecken sich von der zentralen Stelle **131** weg. In einer Ausführungsform bildet eine stationäre Turbinenkomponente **120** einen Umfang rings um das drehbare Element **107**, wobei die CMC-Komponente **101** zwischen dem drehbaren Element **107** und der stationären Turbinenkomponente **120** angeordnet ist. Die stationäre Turbinenkomponente **120** ist rings um die zentrale Stelle **131** zentriert, so dass sie sich eine gemeinsame zentrale Stelle mit dem drehbaren Element **107** teilt. Der Spitzenabschnitt **103** der drehbaren CMC-Komponente **101** bildet idealerweise eine Abdichtung gemeinsam mit der stationären Turbinenkomponente **120**.

[0040] Eine abreibbare Beschichtung **122** an der stationären Turbinenkomponente **120** ist eingerichtet und angeordnet, um durch die drehbare CMC-Komponente **101** geschnitten oder geschliffen zu werden. Die abreibbare Beschichtung **122** ist eine beliebige geeignete Beschichtung, die auf dem Material der stationären Turbinenkomponente **120** und der Betriebstemperatur basiert. Zu geeigneten abreibbaren Beschichtungen **122** für eine metallische stationäre Turbinenkomponente **120** bei niedrigen Temperaturen (bis zu etwa 2200°F) gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, Metall-Einlaufschichten, die die allgemeine Form von MCrAlY haben, wie beispielsweise NiCrAlY, CoCrAlY, FeCrAlY oder Kombinationen von diesen. In einer Ausführungsform wird die Metall-Einlaufschicht durch Luftplasmaspritzen, Lichtbogen-Draht- und Brennspritzen, Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF, High Velocity Oxy-Fuel) oder Kombinationen von diesen aufgebracht.

[0041] Geeignete abreibbare Beschichtungen **122** für die metallische stationäre Turbinenkomponente **120** bei höheren Temperaturen (von wenigstens ungefähr 2200°F) umfassen, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, keramische Einlaufschichten, wie beispielsweise teilweise stabilisiertes Zirkonoxid mit Yttrium als der Stabilisator (7 oder 8 YSZ). In einer Ausführungsform enthalten die Metall-Einlaufschichten für Anwendungen bei niedrigeren Temperaturen und/oder die keramischen Einlaufschichten für Anwendungen bei höheren Temperaturen anfänglich eine Polyesterkomponente während der Aufbringung. Die Polyesterkomponente wird durch Erhitzung in Luft ausgebrannt, um eine Porosität zu hinterlassen. Die Porosität macht die abreibbare Beschichtung **122** mit einer rotierenden CMC-Komponente **101** während eines Reib- bzw. Anstreibvorgangs verträglich. In einer Ausführungsform enthält/enthalten die metallische abreibbare Beschichtung und/oder die keramische abreibbare Beschichtung ferner Bornitrid als ein Festschmierstoff.

[0042] Geeignete abreibbare Beschichtungen **122** für eine keramische stationäre Turbinenkomponen-

te **120** umfassen Silikate, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein. Zum Beispiel ist in einer Ausführungsform die geeignete abreibbare Beschichtung **122** für die keramische stationäre Turbinenkomponente **120**, die bei niedrigeren Temperaturen (bis zu ungefähr 2200°F) arbeitet, Barium-Strontium-Alumosilikat (BSAS). Als ein weiteres Beispiel enthalten die geeigneten abreibbaren Beschichtungen **122** für die keramische stationäre Turbinenkomponente **120**, die bei höheren Temperaturen (von wenigstens ungefähr 2201°F) arbeitet, in einer Ausführungsform Silikate mit höherem Gehalt an seltener Erde, wie beispielsweise $\text{Yb}_2\text{O}_3\text{Si}_2\text{O}_7$.

[0043] In einer Ausführungsform enthalten die abreibbaren Silikatbeschichtungen **122** eine Polyesterkomponente während der Aufbringung. Die Polyesterkomponente wird durch Erhitzen in Luft ausgebrannt, um eine Porosität zu hinterlassen, die zu der Verträglichkeit beiträgt. In einer Ausführungsform wird die abreibbare Silikatbeschichtung **122** durch Luftplasmaspritzen, Schlickerbeschichtung, Sol-Gel-Technik, elektrophoretische Abscheidung, Foliengießen oder eine Kombination von diesen aufgebracht.

[0044] Bezugnehmend auf Fig. 3 enthält das Herstellungsverfahren **200** in einer Ausführungsform ein Positionieren des drehbaren Elementes **107** in einem vorbestimmten Abstand **105** zu der stationären Turbinenkomponente **120**. Das drehbare Element **107** wird rings um die zentrale Stelle **131** gedreht, wodurch die CMC-Komponente **101** gedreht wird. Während Leistungstransienten schwankt der vorbestimmte Abstand **105**, was einen Kontakt zwischen dem Spitzenabschnitt **103** und der abreibbaren Beschichtung **122** der stationären Turbinenkomponente **120** zur Folge hat. Die harte Verschleißbeschichtung **106** schneidet in die abreibbare Beschichtung **122** ein unter Ausbildung einer Bahn **201**, um den Kontakt während weiterer Leistungstransienten zu reduzieren. In einer Ausführungsform ist die Drehrichtung **203** im Uhrzeigersinn. In einer anderen Ausführungsform ist die Drehrichtung **203** im Gegenuhrzeigersinn (nicht veranschaulicht).

[0045] Bezugnehmend auf Fig. 1 ist in einer Ausführungsform ein Härtewert der harten Verschleißbeschichtung **106** höher als der Härtewert der EBC-Beschichtung **104**. Der Härtewert kennzeichnet eine Fähigkeit eines Materials, einen Kontakt auszuhalten, ohne beschädigt zu werden. Zum Beispiel ist die harte Verschleißbeschichtung **106**, die den höheren Härtewert als die EBC-Beschichtung **104** aufweist, in der Lage, tiefere Reibeingriffe auszuhalten als die EBC-Beschichtung **104**.

[0046] In einer Ausführungsform wird die harte Verschleißbeschichtung **106**, die den höheren Härtewert aufweist, über der EBC-Beschichtung **104** aufgebracht, um die EBC-Beschichtung **104** davor zu

schützen, beschädigt zu werden, wenn Energietransienten einen Kontakt zwischen der rotierenden CMC-Komponente **101** und der stationären Turbinenkomponente **102** herbeiführen. In einer Ausführungsform ist die harte Verschleißbeschichtung **106** SiC, wobei das SiC einen Knoop-Wert (Härte) von 2480 aufweist und die EBC-Beschichtung **104** einen Knoop-Wert von weniger als 2480 aufweist. In einer Ausführungsform weist die EBC-Beschichtung **104** einen Knoop-Wert zwischen ungefähr 500 und 1800 je nach der Architektur der EBC-Beschichtung **104** auf. Zu den Architekturelementen gehören die Anzahl der Schichten, die Dicke jeder Schicht, die Schichtzusammensetzung, der Aufbringungsprozess und die eingesetzte Wärmebehandlung.

[0047] Zum Beispiel ist in einer Ausführungsform die EBC-Beschichtung **104** nur in der Lage, einen Kontakt zwischen dem Spitzenabschnitt **103** und der abreibbaren Beschichtung **122** bis zu etwa 10 Millizoll zu überstehen. Rotierende Teile einer Gasturbine ziehen einen Kontakt gegen stationäre Teile weit über 10 Millizoll hinaus nach sich. Ein Kontakt von mehr als 10 Millizoll beeinträchtigt die Struktur und Funktion der EBC-Beschichtung **104**, während möglicherweise das Basismaterial Einwirkungen durch die Umgebung ausgesetzt wird. Um die EBC-Beschichtung **104** zu schützen, ist die harte Verschleißbeschichtung **106** über der EBC-Beschichtung **104** aufgebracht, was eine Beschädigung an der EBC-Beschichtung **104** bei tiefen Reibeingriffen verringert oder beseitigt.

[0048] Zu typischen Betriebsbedingungen von Turbinenlaufschaukeln gehören Wasserdampf, heiße Verbrennungsgase bei Temperaturen in dem Bereich von ungefähr 2000°F bis ungefähr 3000°F. Die harte Verschleißbeschichtung **106** verflüchtigt sich zunehmend unter diesen Bedingungen und legt so die EBC-Beschichtung **104** frei. Die Aufbringung einer minimalen Dicke der harten Verschleißbeschichtung **106** minimiert einen Spalt zwischen der EBC-Beschichtung **104** an der drehbaren CMC-Komponente **101** und der abreibbaren Beschichtungen **122** der stationären Turbinenkomponente **120**. Eine Verringerung des Spaltabstands erhöht die Effizienz eines Systems durch Verhinderung eines erhöhten Luftdurchflusses zwischen der drehbaren CMC-Komponente **101** und der stationären Turbinenkomponente **120**.

[0049] Die Zeit, die die harte Opfer-Verschleißbeschichtung **106** benötigt, um sich unter den Betriebsbedingungen zu verflüchtigen, ist eine Einlaufzeit. In einer Ausführungsform beträgt die Einlaufzeitdauer bis zu etwa 100 Stunden. In einer Ausführungsform beträgt die Einlaufzeitdauer wenigstens etwa 100 Stunden. Die Einlaufzeit, während der die harte Verschleißbeschichtung **106** auf der EBC-Beschichtung **104** in dem Spitzenabschnitt **103** bleibt, reicht aus, so dass die harte Verschleißbeschichtung **106** vor-

handen ist, um während Leistungstransienten, die tiefe Reibeingriffe zur Folge haben, abgerieben zu werden.

[0050] In einer Ausführungsform umfasst die Einlaufzeit eine konstante vorbestimmte Drehzahl für eine vorbestimmte Zeitdauer. In einer Ausführungsform umfasst die Einlaufzeit eine vorbestimmte Schwankung und/oder eine Reihe von Schwankungen der Drehzahl. Die vorbestimmte Drehzahl oder die Schwankungen der Drehzahl sind festgelegt, um Leistungstransienten während der Einlaufzeit hervorzurufen. Während der Einlaufzeit bewirken die Leistungstransienten des Herstellungsverfahrens **200**, dass die harte Verschleißbeschichtung **106** mit dem abreibbaren **122** in Kontakt gelangt und dieses schneidet. Der Schnitt durch die harte Verschleißbeschichtung **106** formt eine Bahn **201** in dem abreibbaren Material **122** aus.

[0051] Die harte Verschleißbeschichtung **106** verflüchtigt sich zunehmend während der gesamten Einlaufzeit, während die Bahn **201** zwischen dem stationären abreibbaren Material und dem Spitzenabschnitt **103** erzeugt wird. Die Einlaufzeit minimiert die Bahn **201** zwischen der stationären Komponente und dem Spitzenabschnitt **103**, um die herum Gas entweichen kann, ohne Beschädigung der EBC-Beschichtung **104**. Eine Gasleckage wird aufgrund des einschneidenden Charakters der harten Verschleißbeschichtung **106** und dessen minimaler Dicke minimiert. Die Ausbildung des minimierten Zwischenraums zwischen der Bahn **201** und dem Spitzenabschnitt **103** erhöht den Wirkungsgrad des Turbinensystems **100**. Außerdem verringern die Bahnen **201**, die in dem stationären abreibbaren Material durch die Schnitte von der harten Verschleißbeschichtung **106** erzeugt werden, eine Beschädigung an der EBC-Beschichtung **104** aufgrund von Reibeingriffen, nachdem die harte Verschleißbeschichtung **106** sich verflüchtigt hat. Die unbeschädigte EBC-Beschichtung **104** versieht den CMC-Verbundstoff **102** mit einem erhöhten Schutz gegen Verflüchtigung.

[0052] Während die Erfindung unter Bezugnahme auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben worden ist, wird von Fachleuten auf dem Gebiet verstanden, dass verschiedene Veränderungen vorgenommen werden können und Elemente durch ihre äquivalenten Mittel ersetzt werden können, ohne dass von dem Umfang der Erfindung abgewichen wird. Außerdem können viele Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Material an die Lehren der Erfindung anzupassen, ohne von deren wesentlichem Rahmen abzuweichen. Folglich besteht die Absicht, dass die Erfindung nicht auf sie spezielle Ausführungsform beschränkt sein soll, die als die beste Art zur Ausführung dieser Erfindung offenbart ist, sondern dass die

Erfindung alle Ausführungsformen umfassen soll, die in den Umfang der beigefügten Ansprüche fallen.

[0053] Es sind eine Komponente aus Keramikmatrixverbundstoff, ein Turbinensystem und ein Herstellungsverfahren offenbart. Die Komponente aus Keramikmatrixverbundstoff (CMC) enthält ein CMC-Material, eine Umgebungssperrbeschichtung (EBC) auf dem CMC-Material und eine harte Verschleißbeschichtung, die über der EBC-Beschichtung aufgebracht ist. Das Turbinensystem enthält eine drehbare CMC-Komponente mit einer harten Verschleißbeschichtung und eine stationäre Turbinenkomponente, wobei die stationäre Turbinenkomponente eine abreibbare Beschichtung aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um durch die harte Verschleißbeschichtung, wie beispielsweise ein Siliziumkarbidmaterial, geschnitten zu werden. Das Herstellungsverfahren enthält ein Positionieren der drehbaren CMC-Komponente in einem vorbestimmten Abstand zu der stationären Turbinenkomponente und Drehen der drehbaren CMC-Komponente. Die harte Verschleißbeschichtung an der drehbaren CMC-Komponente schneidet in die abreibbare Beschichtung der stationären Turbinenkomponente ein.

Patentansprüche

1. Keramikmatrixverbundstoffkomponente, die aufweist:
einen Keramikmatrixverbundwerkstoff;
eine Umgebungssperrbeschichtung, die über dem Keramikmatrixverbundstoff aufgebracht ist; und
eine harte Verschleißbeschichtung, die über der Umgebungssperrbeschichtung aufgebracht ist.
2. Keramikmatrixverbundstoffkomponente nach Anspruch 1, wobei die harte Verschleißbeschichtung ferner Siliziumkarbid aufweist.
3. Keramikmatrixverbundstoffkomponente nach Anspruch 1 oder 2, wobei die harte Verschleißbeschichtung die äußerste Schicht bildet; und/oder wobei die harte Verschleißbeschichtung eine äußere Oberfläche der Komponente überzieht.
4. Keramikmatrixverbundstoffkomponente nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei die harte Verschleißbeschichtung durch physikalische Gasphasenabscheidung aufgebracht ist oder wobei die harte Verschleißbeschichtung durch chemische Gasphasenabscheidung aufgebracht ist.
5. Turbinensystem, das aufweist:
eine drehbare Keramikmatrixverbundstoffflaumschaukel, die an einer Scheibe angebracht ist, wobei die drehbare Keramikmatrixverbundstoffflaumschaukel einen Keramikmatrixverbundstoff, eine Umgebungssperrbeschichtung, die über dem Keramikmatrixverbundstoff aufgebracht ist, und eine harte Verschleißbeschichtung aufweist, die über der Umgebungssperrbeschichtung aufgebracht ist; und
einen stationären Turbinenmantel, wobei der stationäre Turbinenmantel eine abreibbare Beschichtung aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um durch die harte Verschleißbeschichtung der drehbaren Keramikmatrixverbundstoffflaumschaukel geschnitten zu werden.
6. Herstellungsverfahren, das aufweist:
Positionieren einer drehbaren Keramikmatrixverbundstoffkomponente in einem vorbestimmten Abstand zu einer stationären Turbinenkomponente, wobei die stationäre Turbinenkomponente eine abreibbare Beschichtung aufweist und die drehbare Komponente eine harte Verschleißschicht aufweist, die über einer Umgebungssperrschicht aufgebracht ist; und
Drehen der drehbaren Keramikmatrixverbundstoffkomponente;
wobei die harte Verschleißschicht auf der drehbaren Keramikmatrixverbundstoffkomponente die abreibbare Beschichtung an der stationären Turbinenkomponente schneidet.
7. Herstellungsverfahren nach Anspruch 6, wobei Leistungstransienten bewirken, dass die drehbare Keramikmatrixverbundstoffkomponente mit der abreibbaren Beschichtung in Kontakt gelangt; und/oder wobei der Schnitt durch die drehbare Keramikmatrixverbundstoffkomponente eine Bahn in der abreibbaren Beschichtung ausbildet.
8. Herstellungsverfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei das Verfahren ferner eine Einlaufzeit aufweist; wobei die Einlaufzeit bis zu etwa 100 Stunden beträgt oder wobei die Einlaufzeit wenigstens 100 Stunden beträgt.
9. Herstellungsverfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 6–8, wobei sich die harte Verschleißschicht nach einer vorbestimmten Beaufschlagung durch erhöhte Temperatur verflüchtigt, wobei die Verflüchtigung der harten Verschleißschicht vorzugsweise die Umgebungssperrbeschichtung freilegt; wobei die erhöhte Temperatur wenigstens 1500°F aufweist, wobei die erhöhte Temperatur vorzugsweise wenigstens 2900°F aufweist.
10. Herstellungsverfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 6–9, wobei die Umgebungssperrbeschichtung einen Härtewert aufweist, der kleiner ist als derjenige der harten Verschleißbeschichtung.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

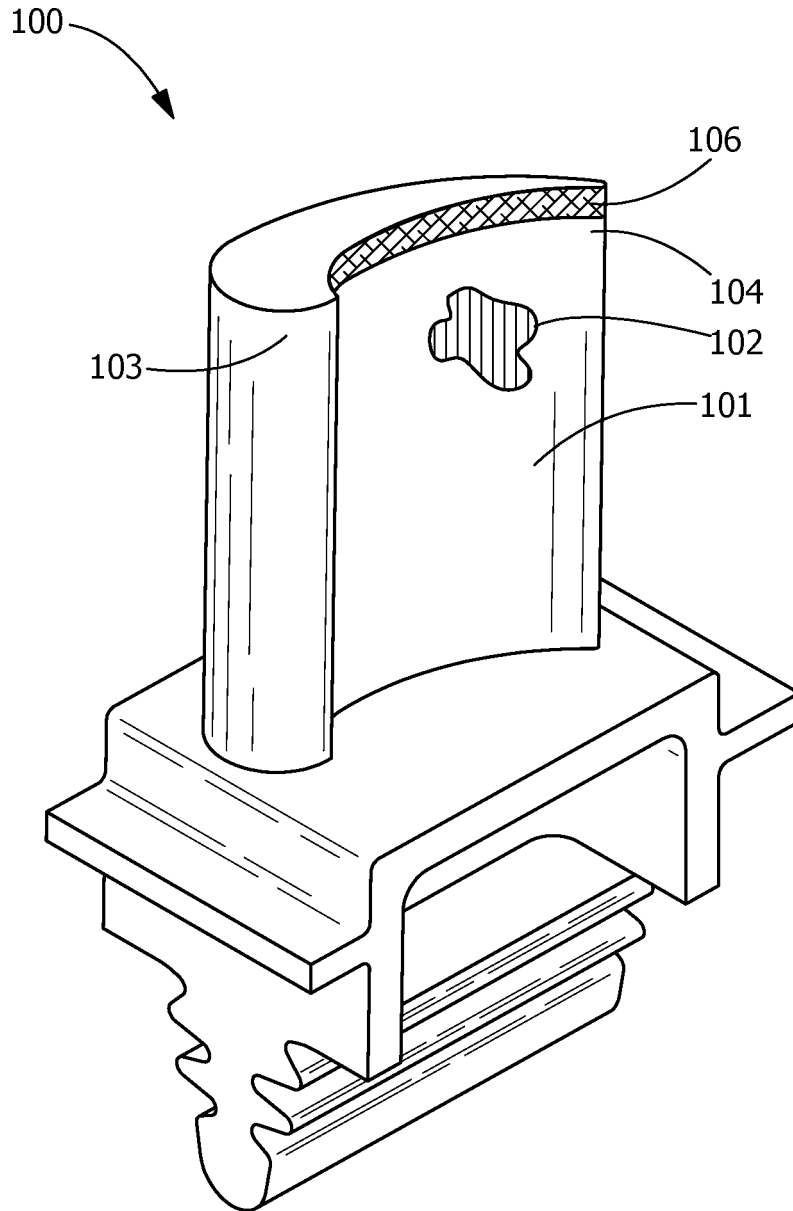


FIG. 1

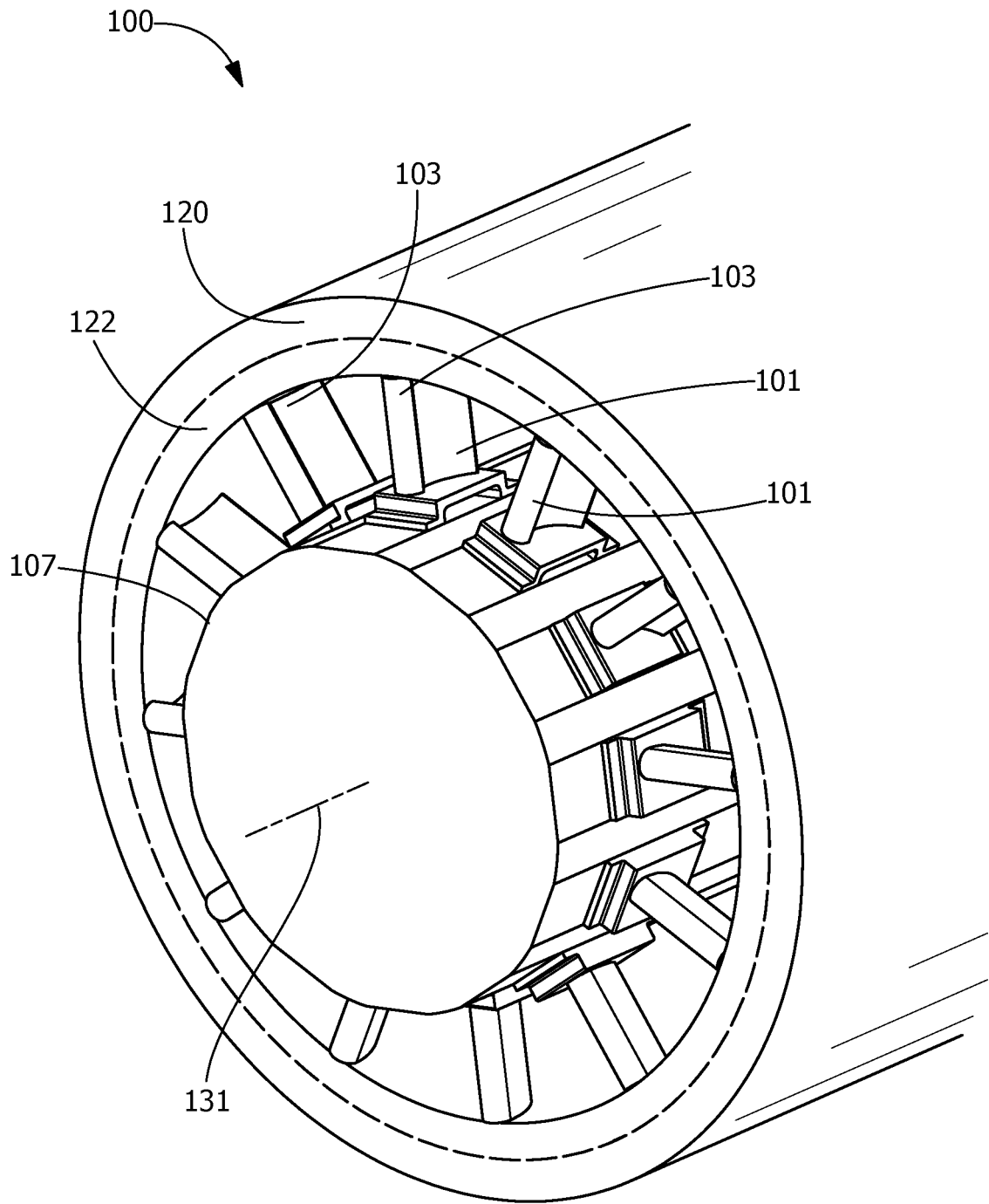


FIG. 2

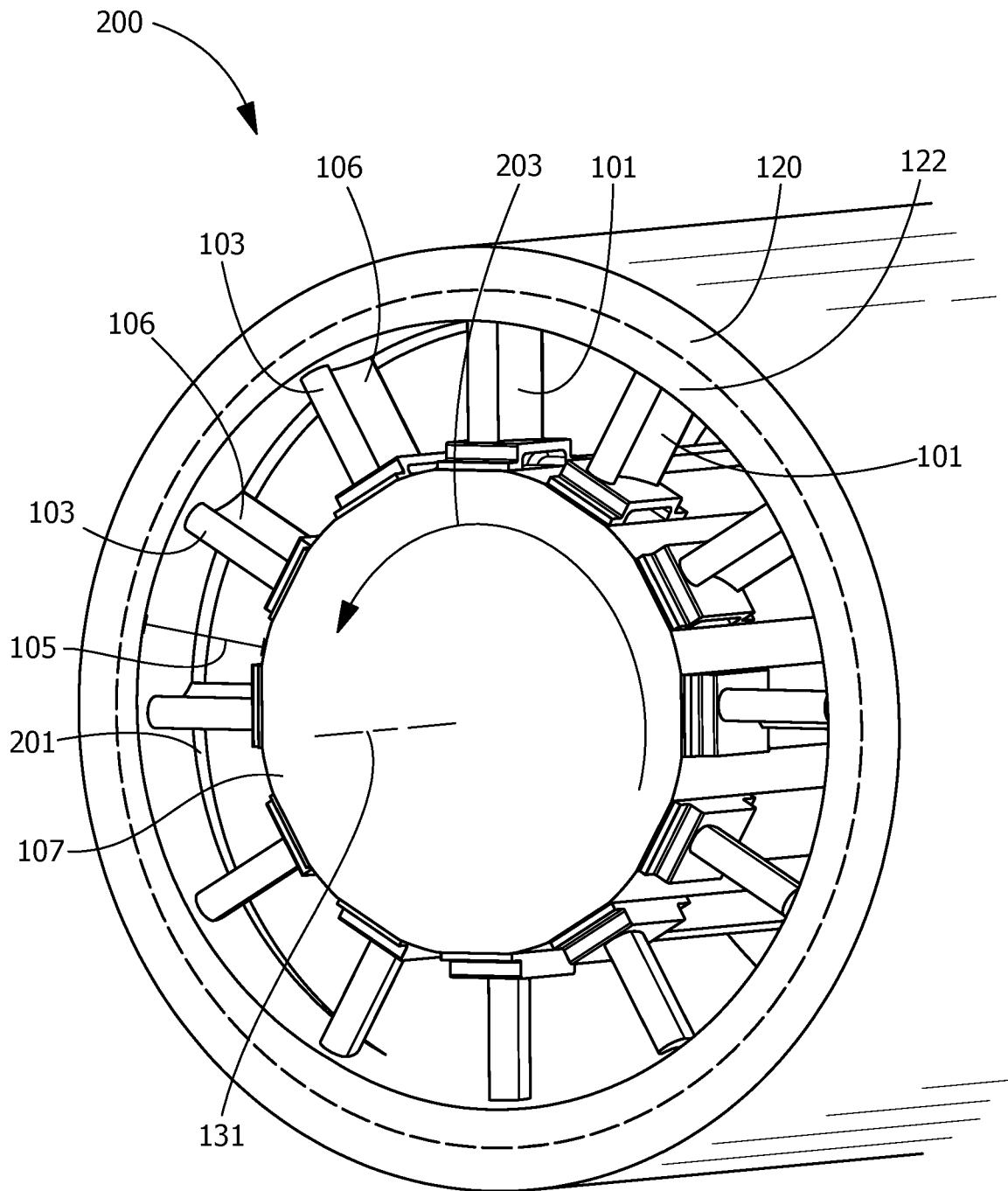


FIG. 3