

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

709 644 A2

(51) Int. Cl.: F01D 5/30 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00744/15

(22) Anmeldedatum: 27.05.2015

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.11.2015

(30) Priorität: 29.05.2014 US 14/290,076

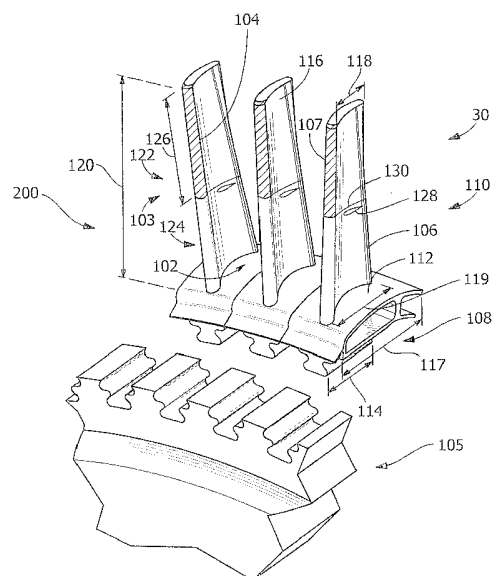
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Dwight Eric Davidson, Greenville, SC 29615 (US)
Michael David McDufford,
Greenville, SC 29615-4614 (US)
Brian Denver Potter, Greenville, SC 29615 (US)
Stephen Joseph Balsone, Cincinnati, OH 45215 (US)
Stephen Paul Wassynger, Greenville, SC 29615 (US)

(74) Vertreter:
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14
6300 Zug (CH)

(54) **Turbinenschaufelanordnung und Gasturbinensystem mit einer Turbinenschaufelanordnung.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufelanordnung und ein Gasturbinensystem mit einer Schaufelanordnung. Die Turbinenschaufelanordnung (200) weist eine Verbindung (108) mit einem einzelnen Vorsprung und einer einteiligen Plattform (112) auf, wobei die Verbindung (108) eine erste axiale Länge aufweist; ein unterteiltes Profil (110) mit einem Fussabschnitt (124), der von der Plattform (112) aus radial nach aussen verläuft, und einem Spitzenabschnitt (122), der mit dem Fussabschnitt (124) verbunden ist, wobei der Spitzenabschnitt (122) eine zweite axiale Länge aufweist, die kürzer ist als die erste axiale Länge; und ein Turbinenrad (105) das eine Aufnahme mit einer Geometrie definiert, die der Verbindung (108) mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, und mit der Verbindung (108) mit einem einzelnen Vorsprung verbunden ist. Der Spitzenabschnitt (122) weist ein Spitzenabschnittsmaterial auf, der Fussabschnitt (124) weist ein Fussabschnittsmaterial auf und das Turbinenrad (105) weist ein Turbinenradmaterial auf, wobei das Fussabschnittsmaterial und das Turbinenradmaterial eine niedrigere Wärmebeständigkeit und eine höhere Wärmeausdehnung aufweisen als das Spitzenabschnittsmaterial.



Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Turbinenbauteile und Turbinensysteme. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere Turbinenschaufelanordnungen und Turbinensysteme mit einer oder mehreren Turbinenschaufelanordnungen.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Zumindest einige bekannte Gasturbinen weisen eine Brennkammer, einen Verdichter und/oder Turbinen auf, die eine Laufradscheibe aufweisen, die eine Mehrzahl von Laufradschaufeln, oder Schaufeln, aufweist, die von dort aus radial nach aussen verlaufen. Die Mehrzahl von sich drehenden Turbinenlaufschaufeln oder Turbinenschaufeln leiten Hochtemperaturfluide wie Verbrennungsgase oder Dampf entweder durch eine Gasturbine oder eine Dampfturbine. Die Füsse von zumindest einigen bekannten Schaufeln sind mit der Scheibe über Schwalbenschwänze verbunden, die in entsprechende Schwalbenschwanzschlitze eingesetzt werden, die in der Laufradscheibe geformt sind, damit eine beschauelte Scheibe oder «Blink» entsteht. Da derartige Turbinen bei relativ hohen Temperaturen arbeiten und relativ gross sein können, kann die Betriebsleistung einer solchen Turbine zumindest teilweise durch die Materialien, die bei der Herstellung der Schaufeln verwendet werden, und/oder die Länge der Profilabschnitte der Schaufeln eingeschränkt sein. Zur Ermöglichung einer verbesserten Leistung haben zumindest einige Turbinenhersteller die Grösse der Turbinen vergrössert, wodurch eine Vergrösserung der Länge des Profilabschnitts der Schaufeln bewirkt wird. Bei einer derartigen Verlängerung kann es erforderlich sein, dass die Grösse der Schwalbenschwänze und der Schwalbenschwanzschlitze vergrössert wird, damit die längeren Schaufeln in ihrer Position gehalten werden.

[0003] Turbinenschaufelanordnungen, ob mit oder ohne zu reparierende und/oder austauschbare Profilsitzenabschnitte, sind verschiedenen Kräften ausgesetzt. Durch diese Kräfte ist es erforderlich, dass verschiedene Abschnitte der Turbinenschaufelanordnungen verschiedene Eigenschaften aufweisen. Es ist bekannt, dass eine Veränderung der Dichte je nach Lage des Materials von Nutzen sein kann. Eine weitere Charakterisierung von Eigenschaften, die vorteilhafte Ergebnisse liefern, insbesondere hinsichtlich bestimmter Materialien, würde jedoch zusätzliche Vorteile mit sich bringen.

[0004] Eine Turbinenschaufelanordnung und ein Turbinensystem mit einer Turbinenschaufelanordnung mit Verbesserungen wären im Fachgebiet wünschenswert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0005] In einer Ausführungsform weist eine Turbinenschaufelanordnung eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung und einer einteiligen Plattform auf, wobei die Verbindung eine erste axiale Länge aufweist; ein unterteiltes Profil mit einem Fussabschnitt, der von der einteiligen Plattform aus radial nach aussen verläuft, und einem Spitzenabschnitt, der mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei der Spitzenabschnitt eine zweite axiale Länge aufweist, die kürzer ist als die erste axiale Länge; und ein Turbinenrad, das eine Aufnahme mit einer Geometrie definiert, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, und mit der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung verbunden ist. Der Spitzenabschnitt weist ein Spitzenabschnittsmaterial auf, der Fussabschnitt weist ein Fussabschnittsmaterial auf und das Turbinenrad weist ein Turbinenradmaterial auf, wobei das Fussabschnittsmaterial und das Turbinenradmaterial eine niedrigere Wärmebeständigkeit und eine höhere Wärmeausdehnung aufweisen als das Spitzenabschnittsmaterial.

[0006] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass das Spitzenabschnittsmaterial ein keramischer Faserverbundwerkstoff ist, das Fussabschnittsmaterial ein Titanaluminid ist und das Turbinenradmaterial eine Superlegierung ist.

[0007] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass die Superlegierung eine Superlegierung auf Stahlbasis, eine Superlegierung auf Nickelbasis oder eine Superlegierung auf Cobaltbasis ist.

[0008] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass die Geometrie des Turbinenrads, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, einen Rand des Turbinenrads definiert.

[0009] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass die Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung über eine axiale Verbindung, eine Umfangerschwalbenschwanzverbindung, eine Nutverbindung, eine Zinkenverbindung, eine Nut-Feder-Verbindung oder eine Kombination daraus abnehmbar mit dem Turbinenrad verbunden ist.

[0010] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass der Spitzenabschnitt kein Spitzendeckband aufweist.

[0011] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass der Spitzenabschnitt über eine Abschnittsverbindung mit einem einzelnen Vorsprung abnehmbar mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei die Abschnittsverbindung mit einem einzelnen Vorsprung eine axiale Verbindung, eine Umfangerschwalbenschwanzverbindung, eine Nutverbindung, eine Zinkenverbindung, eine Nut-Feder-Verbindung oder eine Kombination daraus ist.

[0012] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass die Turbinenschaufelanordnung ferner einen Dämpfer umfasst, der abnehmbar mit dem Fussabschnitt verbunden ist.

[0013] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass die Turbinenschaufelanordnung ferner zwischen dem Fussabschnitt und dem Spitzenabschnitt Dämpfungsstifte zum Beibehalten einer relativen Lage des Fussabschnitts bezogen auf den Spitzenabschnitt umfasst.

[0014] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass das Profil eine Vorderkante und eine Hinterkante aufweist und ferner mindestens einen Prallschutzstreifen umfasst, der an der Vorderkante, der Hinterkante, dem Spitzenabschnitt und/oder dem Fussabschnitt angebracht ist.

[0015] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass das Profil einen ersten Prallschutzstreifen aufweist, der an der Vorderkante angebracht ist, und einen zweiten Prallschutzstreifen, der an der Hinterkante angebracht ist.

[0016] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass das Spitzenabschnittsmaterial weniger dicht als das Fussabschnittsmaterial ist.

[0017] Bei jeder beliebigen Ausführungsform der zuvor erwähnten Turbinenschaufelanordnung kann es vorteilhaft sein, dass das Fussabschnittsmaterial weniger dicht als das Turbinenradmaterial ist.

[0018] Bei einer weiteren Ausführungsform weist eine Turbinenschaufelanordnung eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung und einer Plattform auf, wobei die Verbindung eine erste axiale Länge aufweist; ein unterteiltes Profil mit einem Fussabschnitt, der von der einteiligen Plattform aus radial nach aussen verläuft, und einem Spitzenabschnitt, der mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei der Spitzenabschnitt eine zweite axiale Länge aufweist, die kürzer ist als die erste axiale Länge; und ein Turbinenrad, das eine Aufnahme mit einer Geometrie definiert, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, und abnehmbar mit der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung verbunden ist. Der Spitzenabschnitt enthält einen keramischen Faserverbundwerkstoff, der Fussabschnitt enthält ein Titanaluminid und das Turbinenrad enthält eine Superlegierung.

[0019] Bei einer weiteren Ausführungsform weist ein Gasturbinensystem einen Verdichterabschnitt, einen Brennkammerabschnitt, der so ausgelegt ist, dass er Luft von dem Verdichterabschnitt erhält, und einen Turbinenabschnitt in Fluidverbindung mit dem Brennkammerabschnitt auf, wobei der Turbinenabschnitt ein Leitrad und eine Turbinenschaufelanordnung umfasst. Die Turbinenschaufelanordnung weist eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung und einer einteiligen Plattform auf, wobei die Verbindung eine erste axiale Länge aufweist; ein unterteiltes Profil mit einem Fussabschnitt, der von der einteiligen Plattform aus radial nach aussen verläuft, und einem Spitzenabschnitt, der mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei der Spitzenabschnitt eine zweite axiale Länge aufweist, die kürzer ist als die erste axiale Länge; und ein Turbinenrad, das eine Aufnahme mit einer Geometrie definiert, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, und mit der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung verbunden ist. Der Spitzenabschnitt weist ein Spitzenabschnittsmaterial auf, der Fussabschnitt weist ein Fussabschnittsmaterial auf und das Turbinenrad weist ein Turbinenradmaterial auf, wobei das Fussabschnittsmaterial und das Turbinenradmaterial eine niedrigere Wärmebeständigkeit und eine höhere Wärmeausdehnung aufweisen als das Spitzenabschnittsmaterial.

[0020] Bei jeder beliebigen Ausführungsform des zuvor erwähnten Gasturbinensystems kann es vorteilhaft sein, dass das Gasturbinensystem ferner eine Mehrzahl von axial beabstandeten Stufen von Turbinenschaufelanordnungen einschliesslich einer letzten Stufe von Turbinenschaufelanordnungen umfasst.

[0021] Bei jeder beliebigen Ausführungsform des zuvor erwähnten Gasturbinensystems kann es vorteilhaft sein, dass das Profil eine Vorderkante und eine Hinterkante aufweist und ferner mindestens einen Prallschutzstreifen umfasst, der an der Vorderkante, der Hinterkante, dem Spitzenabschnitt und/oder dem Fussabschnitt angebracht ist.

[0022] Bei jeder beliebigen Ausführungsform des zuvor erwähnten Gasturbinensystems kann es vorteilhaft sein, dass Prallschutzstreifen an der Vorderkante der Spitzenabschnitte der Mehrzahl von Turbinenschaufelanordnungen in einer oder mehreren der Mehrzahl von Turbinenstufen angebracht sind.

[0023] Bei jeder beliebigen Ausführungsform des zuvor erwähnten Gasturbinensystems kann es vorteilhaft sein, dass Prallschutzstreifen an der Hinterkante der Spitzenabschnitte der Mehrzahl von Turbinenschaufelanordnungen in einer oder mehreren der Mehrzahl von Turbinenstufen mit Ausnahme der letzten Stufe angebracht sind.

[0024] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind anhand der folgenden ausführlicheren Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen ersichtlich, die beispielhaft die Grundsätze der Erfindung veranschaulichen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0025]

Fig. 1 ist eine vereinfachte Darstellung eines Turbinensystems mit einer Turbinenschaufelanordnung gemäss einer Ausführungsform der Offenbarung.

- Fig. 2 ist eine perspektivische Darstellung einer Turbinenschaufelanordnung mit einem unterteilten Profil in einer Turbinenschaufel gemäss einer Ausführungsform der Offenbarung.
- Fig. 3 ist eine Draufsicht auf die rechte Seite einer Turbinenschaufel einer hinteren Stufe (zum Beispiel einer Schaufel zur Verwendung in einer dritten oder vierten Stufe einer vierstufigen Turbine) gemäss einer Ausführungsform der Offenbarung.

[0026] In allen Zeichnungen werden, wenn möglich, dieselben Bezugszeichen für die Darstellung derselben Teile verwendet.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0027] Es sind eine Turbinenschaufelanordnung und ein Turbinensystem bereitgestellt. Zusätzlich sind aus der Offenbarung Verfahren zum Montieren und/oder Herstellen derartiger Turbinenschaufelanordnungen und Turbinensysteme ersichtlich. Bei Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung, beispielsweise im Vergleich zu ähnlichen Konzepten, bei denen ein oder mehrere der hier offenbarten Merkmale nicht enthalten sind, wird in einem Spitzenabschnitt eines Profils im Vergleich zu einem Fussabschnitt ein leichteres Material verwendet, damit die Belastung verringert und/oder eine Beeinflussung einer Reaktion auf Schwingungen (im Vergleich zu einem Profil aus einem Stück) ermöglicht wird, wird ein dichteres Material in einem Fussabschnitt eines Profils verwendet, damit das Versagensrisiko vermindert wird (im Vergleich zu einem Profil aus einem Stück), wird eine einfachere Reparatur von Schäden (beispielsweise durch Auftreten einer Scheuerstelle an der Spitze, Überhitzung und/oder ein anderes Schadensereignis) ermöglicht, indem der Spitzenabschnitt allein repariert werden kann, ohne dass ein(e) teurere(r) und zeitaufwändigere(r) Abnahme und Reparatur/Austausch der kompletten Turbinenschaufel notwendig ist, werden die Gesamtbetriebs- und Gesamtwartungskosten gesenkt, wird die Dauer von Ausfallzeiten für Reparaturen verkürzt, werden weitere zweckmässige Vorteile ermöglicht, können grössere oder kleinere Turbinen und/oder Turbinenschaufeln verwendet werden, können Abschnitte einer Turbinenschaufelanordnung höheren Temperaturen ausgesetzt werden, können Eigenschaften in einem bestimmten Abschnitt einer Turbinenschaufelanordnung zusätzlichen Kräften standhalten, können zusätzliche Materialien für Abschnitte von Turbinenschaufelanordnungen verwendet werden, oder eine Kombination daraus.

[0028] Fig. 1 ist eine vereinfachte Darstellung eines Turbinensystems 10, beispielsweise ein Gasturbinensystem, ein Energieerzeugungssystem, jedes beliebige andere geeignete System, bei dem Laufschaufeln/Schaufeln verwendet werden, oder eine Kombination daraus. Der Begriff «Laufschaufel» wird hier austauschbar mit dem Begriff «Schaufel» verwendet. Eine geeignete Turbinenschaufel ist in Fig. 3 dargestellt, die eine Schaufel zur Verwendung in einer hinteren Stufe der Turbine (beispielsweise eine dritte oder vierte Stufe einer vierstufigen Turbine) veranschaulicht. In einer Ausführungsform weist das System 10 einen Einlassabschnitt 12, einen Verdichterabschnitt 14 stromabwärts des Einlassabschnitts 12, einen Brennkammerabschnitt 16, der stromabwärts des Einlassabschnitts 12 angekoppelt ist, einen Turbinenabschnitt 18, der stromabwärts des Brennkammerabschnitts 16 angekoppelt ist, und einen Auslassabschnitt 20 auf. Der Turbinenabschnitt 18 ist über eine Läuferwelle 22 antriebsmässig mit dem Verdichterabschnitt 14 gekoppelt. Der Brennkammerabschnitt 16 weist eine Mehrzahl von Brennkammern 24 auf und ist so an den Verdichterabschnitt 14 angekoppelt, dass jede der Brennkammern 24 über ein Fluid mit dem Verdichterabschnitt 14 in Verbindung steht. Mit jeder der Brennkammern 24 ist eine Brennstoffdüsenanordnung 26 verbunden. Der Turbinenabschnitt 18 ist drehbar an den Verdichterabschnitt 14 und an eine Last 28 angekoppelt, beispielsweise, jedoch nicht beschränkt auf, einen elektrischen Generator und/oder eine mechanische Antriebsanwendung. Der Verdichterabschnitt 14 und/oder der Turbinenabschnitt 18 weist bzw. weisen mindestens eine Laufschaufel oder Turbinenschaufel 30 auf, die mit der Läuferwelle 22 gekoppelt ist.

[0029] Während des Betriebs leitet der Einlassabschnitt 12 Luft in Richtung des Verdichterabschnitts 14. Der Verdichterabschnitt 14 verdichtet die Zuluft auf einen höheren Druck und eine höhere Temperatur und führt die verdichtete Luft in Richtung des Brennkammerabschnitts 16 ab. Die verdichtete Luft wird mit Kraftstoff vermischt und gezündet, um Verbrennungsgase zu erzeugen, die zu dem Turbinenabschnitt 18 strömen, der den Verdichterabschnitt 14 und/oder die Last 28 antreibt. Insbesondere wird zumindest ein Teil der verdichteten Luft der Kraftstoffdüsenanordnung 26 zugeführt. Kraftstoff wird zu der Kraftstoffdüsenanordnung 26 geleitet. Der Kraftstoff wird stromabwärts der Kraftstoffdüsenanordnung 26 in dem Brennkammerabschnitt 16 mit der Luft gemischt und gezündet. Es werden Verbrennungsgase erzeugt und zu dem Turbinenabschnitt 18 geleitet. Wärmeenergie des Gasstroms wird in dem Turbinenabschnitt 18 in mechanische Rotationsenergie umgewandelt. Abgase strömen aus dem Turbinenabschnitt 18 und strömen durch den Auslassabschnitt 20 in die Umgebungsluft.

[0030] Fig. 2 ist eine perspektivische Darstellung einer Turbinenschaufelanordnung 200 mit der Turbinenschaufel 30, die bei dem System 10 verwendet werden kann. Die Turbinenschaufel 30 weist ein Profil 110 auf. Das Profil 110 ist unterteilt (weist beispielsweise einen Spitzenabschnitt 122 und einen Fussabschnitt 124 auf, die an einer Abschnittsverbindung 130 separat geformt oder trennbar sind). Die Turbinenschaufel 30 weist eine Druckseite 102 und eine Saugseite 103 auf, die an einer Vorderkante 104 und einer Hinterkante 106 miteinander verbunden sind. Die Druckseite 102 weist eine ganz allgemein konkave Geometrie auf und die Saugseite 103 weist eine ganz allgemein konvexe Geometrie auf. Die Turbinenschaufel 30 weist eine Verbindung 108 und/oder beliebige andere geeignete Merkmale wie eine Plattform 112 auf, die zwischen der Verbindung 108 und dem Profil 110 verläuft.

[0031] Die Verbindung 108 ist ein Schwalbenschwanz, weist mehrere Vorsprünge auf, weist einen einzelnen Vorsprung auf, ist ein Abschnitt einer Blisk, ist einteilig mit dem Profil 110 (beispielsweise derart, dass in der Turbinenschaufel 30, wo die Plattform 112 in das Profil 110 übergeht, keine Nähte oder Uneinheitlichkeiten vorhanden sind), ist ein weiterer geeigneter Mechanismus oder eine weitere geeignete Vorrichtung zum Sichern der Turbinenschaufel 30 oder ist eine Kombination daraus. Die Wärmeausdehnungskoeffizienten der Materialien in den Bauteilen (beispielsweise ein Rad 105, der Fussabschnitt 124 und der Spitzenabschnitt 122) geben die Verbindungsart zwischen den jeweiligen Bauteilen vor. Wenn die Materialien beispielsweise einen beinahe identischen oder identischen Wärmeausdehnungskoeffizienten über einen weiten Temperaturbereich aufweisen, kann die Verbindung 108 zwischen den Bauteilen entweder eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung oder mit mehreren Vorsprüngen sein. Eine Verbindung mit mehreren Vorsprüngen kann unter bestimmten Umständen bevorzugt sein. Im Gegensatz dazu kann, wenn die Materialien unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung zwischen den Bauteilen bevorzugt sein.

[0032] In einer Ausführungsform ist die Turbinenschaufel 30 mit dem Rad 105 über die Verbindung 108 verbunden und verläuft von dem Rad 105 aus radial nach aussen. Die Verbindung 108 weist eine Geometrie mit einem einzelnen Vorsprung auf, die einer jeweiligen Aufnahme in dem Rad 105 entspricht, und kann mit jedem geeigneten Verfahren abnehmbar oder dauerhaft mit dem Rad 105 verbunden werden. Ein geeignetes Verfahren umfasst die abnehmbare Verbindung der Verbindung 108 mit dem Rad 105 über eine axiale Verbindung oder eine Umfangersverbindung. Ein weiteres geeignetes Verfahren umfasst die abnehmbare Verbindung der Verbindung 108 mit dem Rad 105 über eine Schwalbenschwanzverbindung, eine Nutverbindung, eine Zinkenverbindung, eine Nut-Feder-Verbindung oder eine Kombination daraus.

[0033] In einer Ausführungsform ist das Rad 105 ein Turbinenrad mit einer Mehrzahl von Aufnahmen mit einer Geometrie entsprechend den Verbindungen 108 mit einem einzelnen Vorsprung einer entsprechenden Mehrzahl von Turbinenschaufeln 30, und die Geometrie des Rads 105 definiert einen Rand des Turbinenrads. In einer alternativen Ausführungsform (Fig. 1) sind die Turbinenschaufeln 30 über die Verbindungen 108 unmittelbar mit der Läuferwelle 22 verbunden und verlaufen von der Läuferwelle 22 aus radial nach aussen.

[0034] In einer Ausführungsform weist die Verbindung 108 eine axiale Verbindungslänge 114 auf, die das Sichern vereinfacht. In einer Ausführungsform verläuft die Plattform 112 von der Verbindung 108 aus radial nach aussen und weist eine Plattformlänge 117 auf, die der axialen Verbindungslänge 114 entspricht oder in etwa entspricht (wie in Fig. 2 und 3 dargestellt ist).

[0035] In einer Ausführungsform verläuft das Profil 110 von der Verbindung 108 aus radial nach aussen, verläuft von einer Plattformaußenfläche der Plattform 112 aus radial nach aussen, weist eine Ausgangsprofillänge 119 auf, die ungefähr der axialen Verbindungslänge 114 entspricht, und/oder nimmt in der axialen Länge bis zu einer Spitzenendenlänge 118 an einem Spitzenende 116 der Turbinenschaufel 30 ab, sodass die Spitzenendenlänge 118 bei einer Profilansicht von rechts kürzer ist als die axiale Verbindungslänge 114, wie in Fig. 3 dargestellt ist. Die Spitzenendenlänge 118 und eine Spitzenbreite können je nach Anwendung der Turbinenschaufel 30 und/oder des Systems 10 verändert werden. Das Profil 110 weist gemessen von der Plattform 112 zum Spitzenende 116 eine erste oder radiale Länge 120 auf, beispielsweise zur Ermöglichung einer verbesserten Leistung der Turbinenschaufel 30. Die Profillänge 120 kann je nach Anwendung der Turbinenschaufel 30 oder des Systems 10 verändert werden. In einer Ausführungsform weist das Profil 110 eine Profilbreite auf, die so bemessen ist, dass die Sicherung an dem Rad 105 erleichtert wird.

[0036] Das Profil 110 ist ein unterteilter Abschnitt der Turbinenschaufel 30. In einer Ausführungsform weist das Profil 110, wie in Fig. 2 dargestellt ist, einen ersten Abschnitt oder den Spitzenabschnitt 122 auf, der (abnehmbar oder dauerhaft) mit einem zweiten Abschnitt oder dem Fussabschnitt 124 verbunden ist. Der Fussabschnitt 124 befindet sich proximal zum Rad 105 oder der Läuferwelle 22 (siehe Fig. 1). Der Spitzenabschnitt 122 befindet sich distal vom Rad 105 oder der Läuferwelle 22 (siehe Fig. 1). In einer Ausführungsform ist der Spitzenabschnitt 122 mit dem Fussabschnitt 124 an der Abschnittsverbindung 130 verbunden, bei der es sich um eine Abschnittsverbindung mit einem einzelnen Vorsprung handelt, beispielsweise eine axiale Abschnittsverbindung, eine Umfangersabschnittsverbindung, eine gebogene Schwalbenschwanz-Abschnittsverbindung, eine Nut-Abschnittsverbindung, eine Zinken-Abschnittsverbindung, eine Nut-Feder-Abschnittsverbindung oder eine Kombination daraus. Der Begriff «axiale Abschnittsverbindung» wird hier zum Beschreiben einer Abschnittsverbindung verwendet, die entlang einer axialen Länge eines Querschnitts des Profils 110 ausgebildet ist. Der Begriff «Umfangersverbindung» wird hier zum Beschreiben einer Abschnittsverbindung verwendet, die entlang der Umfangsbreite des Profils 110 ausgebildet ist.

[0037] Der Spitzenabschnitt 122 weist eine Spitzenabschnittslänge 126 auf, die mit der Turbinenschaufellänge 120 beispielsweise über einen relativen Anteil an der Turbinenschaufellänge 120 vergleichbar ist, beispielsweise ungefähr 25 Prozent, ungefähr 40 Prozent, mehr als 40 Prozent, weniger als ungefähr 50 Prozent, ungefähr 50 Prozent, mehr als ungefähr 50 Prozent, ungefähr 60 Prozent, zwischen ungefähr 40 Prozent und ungefähr 60 Prozent, ungefähr 75 Prozent, zwischen ungefähr 25 Prozent und ungefähr 75 Prozent, zwischen ungefähr 40 Prozent und ungefähr 75 Prozent, oder jede geeignete Kombination, Unterkombination, jeder geeignete Bereich oder Teilbereich darin. Die Spitzenabschnittslänge 126 verläuft bis zu einem mittleren Bereich des Profils 110 mit einer axialen Länge 129, die bei einer Profilansicht von rechts länger als die Spitzenendenlänge 118 und kürzer als die Ausgangsprofillänge 119 ist, wie in Fig. 3 dargestellt ist.

[0038] In einer Ausführungsform weist das Profil 110 mindestens einen Dämpfer 128 in der Mitte des Deckbands auf, der mit dem Fussabschnitt 124 verbunden ist, damit beispielsweise Vibrationen in dem Profil 110 gedämpft werden und/oder

das Profil 110 während des Betriebs des Systems 10 strukturell verstärkt wird. In einer Ausführungsform arbeitet der Dämpfer 128 in der Mitte des Deckbands mit (nicht dargestellten) Dämpfungsstiften zusammen, die sich zwischen dem Fussabschnitt 124 und dem Spitzenabschnitt 122 befinden, damit beispielsweise gezielt verhindert wird, dass sich der Spitzenabschnitt 122 von dem Fussabschnitt 124 löst. Zusätzlich oder alternativ können zwischen der Verbindung 108 und der Aufnahme in dem Rad 105 (nicht dargestellte) Dämpfungsstifte zum Sichern der Schaufel 30 an dem Rad 105 verwendet werden.

[0039] Der Spitzenabschnitt 122, der Fussabschnitt 124, die Verbindung 108 und/oder das Rad 105 weisen jede geeignete Kombination aus Materialien auf, die den Betriebsanforderungen an das System 10 standhalten kann und/oder in Verbindung mit den Merkmalen der Turbinenschaufel 30 funktioniert. Die Materialien sind ähnliche Materialien, dieselben Materialien oder unterschiedliche Materialien, die so ausgewählt sind, dass ein Gleichgewicht zwischen Überlegungen zu Gewicht und Kosten und der Leistung bei höheren Temperaturen und/oder Drehzahlen hergestellt wird.

[0040] Zu geeigneten Materialien für den Spitzenabschnitt 122 gehören, ohne darauf beschränkt zu sein, keramische Faserverbundwerkstoffe, Titanaluminid, Materialien mit einer ähnlichen oder niedrigeren Wärmeausdehnung als Materialien in dem Fussabschnitt 124 und/oder dem Rad 105, Materialien mit einer ähnlichen oder höheren Wärmebeständigkeit als Materialien in dem Fussabschnitt 124 und/oder dem Rad 105 (beispielsweise zur Berücksichtigung, dass der Spitzenabschnitt 122 höheren Betriebstemperaturen ausgesetzt ist), Materialien mit einer ähnlichen oder niedrigeren Dichte als Materialien in dem Fussabschnitt 124 und/oder dem Rad 105 (die beispielsweise zu einer niedrigeren rotierenden Masse in der Turbinenschaufel 30 führt) oder eine Kombination daraus. In dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel enthält der Spitzenabschnitt 122 einen keramischen Faserverbundwerkstoff.

[0041] Die Verbindung 108, die Plattform 112 und der Fussabschnitt 124 sind einteilig miteinander ausgebildet und somit aus demselben Material hergestellt. Zu geeigneten Materialien für den Fussabschnitt 124 gehören, ohne darauf beschränkt zu sein, Superlegierungen, Titanaluminid, Materialien mit einer ähnlichen oder höheren Wärmeausdehnung als Materialien in dem Spitzenabschnitt 122, Materialien mit einer ähnlichen oder niedrigeren Wärmebeständigkeit als Materialien in dem Spitzenabschnitt 122, Materialien mit einer ähnlichen oder niedrigeren Wärmeausdehnung als Materialien in dem Rad 105, Materialien mit einer ähnlichen oder höheren Wärmebeständigkeit als Materialien in dem Rad 105 (beispielsweise zur Berücksichtigung, dass der Spitzenabschnitt 122 höheren Betriebstemperaturen ausgesetzt ist), Materialien mit einer ähnlichen oder niedrigeren Dichte als Materialien in dem Rad 105 (die beispielsweise zu einer niedrigeren rotierenden Masse in der Turbinenschaufel 30 führt) oder eine Kombination daraus. In dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel enthält der Fussabschnitt 124 ein Titanaluminid.

[0042] Zu geeigneten Materialien für das Rad 105 gehören, ohne darauf beschränkt zu sein, Superlegierungen auf Cobaltbasis, Superlegierungen auf Nickelbasis, Legierungen auf Stahlbasis, Materialien mit einer ähnlichen oder höheren Wärmeausdehnung als Materialien in dem Fussabschnitt 124 und/oder dem Spitzenabschnitt 122, Materialien mit einer ähnlichen oder niedrigeren Wärmebeständigkeit als Materialien in dem Fussabschnitt 124 und/oder dem Spitzenabschnitt 122, Materialien mit einer ähnlichen oder höheren Dichte als Materialien in dem Fussabschnitt 124 und/oder dem Spitzenabschnitt 122 oder eine Kombination daraus. In dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel weist das Rad 105 eine Superlegierung mit den zuvor erörterten Eigenschaften auf.

[0043] Der Begriff «keramischer Faserverbundwerkstoff» umfasst hier, ohne darauf beschränkt zu sein, kohlefaserverstärkten Kohlenstoff (C/C), kohlefaserverstärktes Siliziumcarbid (C/SiC) und siliziumcarbidgefaserverstärktes Siliziumcarbid (SiC/SiC). In einer Ausführungsform weist der keramische Faserverbundwerkstoff bessere Dehnungs-, Bruchzähigkeits-, Temperaturwechseleigenschaften, Eigenschaften hinsichtlich der dynamischen Belastbarkeit und anisotrope Eigenschaften im Vergleich zu einer (nicht verstärkten) monolithischen keramischen Struktur auf.

[0044] Der Begriff «Titanaluminid» umfasst hier, ohne darauf beschränkt zu sein, übliche gewichtsbezogene Zusammensetzungen mit etwa 45% Ti und etwa 50% Al (TiAl) und/oder einem Molverhältnis von ungefähr 1 Mol Ti zu ungefähr 1 Mol Al, TiAl₂ (beispielsweise mit einem Molverhältnis von ungefähr 1 Mol Ti zu ungefähr 2 Mol Al), TiAl₃ (beispielsweise mit einem Molverhältnis von ungefähr 1 Mol Ti zu ungefähr 3 Mol Al), Ti₃Al (beispielsweise mit einem Molverhältnis von ungefähr 3 Mol Ti zu ungefähr 1 Mol Al) oder andere geeignete Mischungen daraus.

[0045] Der Begriff «Superlegierung» umfasst hier, ohne darauf beschränkt zu sein, Legierungen auf Nickelbasis, Legierungen auf Cobaltbasis oder Legierungen auf Stahlbasis. Ein typisches Superlegierungsmaterial auf Nickelbasis, das unter dem Handelsnamen INCONEL® 718 von Special Metal Corporation aus New Hartford, NY, verkauft wird, weist eine gewichtsbezogene Zusammensetzung von ungefähr 50,0 bis 55,0% Ni, ungefähr 17,0 bis 21,0% Cr, ungefähr 4,75 bis 5% Nb, ungefähr 2,8 bis 3,3% Mo, ungefähr 1,0% Co, ungefähr 0,65 bis 1,15% Al, ungefähr 0,35% Mn, ungefähr 0,35% Si, ungefähr 0,2 bis 0,8% Cu, ungefähr 0,3% Ti, ungefähr 0,08% C, ungefähr 0,015% S, ungefähr 0,015% P und ungefähr 0,006% B und als Differenz zu 100% Fe auf. Eine beispielhafte CrMoV-Superlegierungszusammensetzung (auf Basis von Stahl) weist eine Zusammensetzung in Gewichts-% von ungefähr 0,90 bis 1,50% Mo, ungefähr 0,90 bis 1,25% Cr, ungefähr 0,55 bis 0,90% Mn, ungefähr 0,35 bis 0,55% Ni, ungefähr 0,25 bis 0,33% C, 0,20 bis 0,30% V, nicht mehr als ungefähr 0,35% Si, nicht mehr als ungefähr 0,35% Cu, nicht mehr als 0,012% P, nicht mehr als ungefähr 0,012% S und als Differenz zu 100% Fe und Spurenverunreinigungen auf.

[0046] Bezogen auf Fig. 2 weist die Turbinenschaufel 30 in einer Ausführungsform Prallschutzstreifen 107 an dem Profil 110 auf, die die Schlagzähigkeit des Bauteils erhöhen, an dem sie angebracht sind. Die Prallschutzstreifen 107 können

aus einem ähnlichen Material wie zumindest ein Abschnitt des Profils 110 oder einem anderen Material gefertigt sein und/oder können ähnliche Eigenschaften wie zumindest ein Abschnitt des Profils 110 oder andere Eigenschaften besitzen. Die Prallschutzstreifen 107 sind (wie dargestellt) an der Vorderkante 104 der Turbinenschaufel 30, der Hinterkante 106 der Turbinenschaufel 30, an dem Spitzenabschnitt 122, dem Fussabschnitt 124 oder einer Kombination daraus platziert. In einer Ausführungsform befinden sich die Prallschutzstreifen 107 an der Vorderkante 104 der Spitzenabschnitte 122 an jeder beliebigen und/oder allen Turbinenstufen, wohingegen sich die Prallschutzstreifen 107 an der Hinterkante 106 der Spitzenabschnitte 122 an jeder beliebigen und/oder allen Turbinenstufen mit Ausnahme der letzten Stufe befinden.

[0047] Die Prallschutzstreifen 107 sind mit einem oder mehreren chemischen und/oder mechanischen Verfahren, die beispielsweise auf physikalisch basierten Verfahren (wie Geometrie) und werkstoffwissenschaftlichen Verfahren (wie Legieren) beruhen, angebracht. In einer Ausführungsform sind die Prallschutzstreifen 107 beispielsweise mittels In-Situ-Materialverarbeitung wie Giessen, In-Situ-Extrusion, In-Situ-Schmieden, weiteren geeigneten Verfahren oder einer Kombination daraus chemisch angebracht. Zusätzlich oder alternativ werden die Prallschutzstreifen 107 in einer Ausführungsform chemisch über Materialnachbearbeitungsausgangsverfahren, beispielsweise Diffusionsverbinden, Hartlöten, Schweißen, weitere geeignete Verfahren oder eine Kombination daraus angebracht. In einer weiteren Ausführungsform sind die Prallschutzstreifen 107 über Klebstoff, Nieten, Schaftstifte, Knöpfe oder Halteverbindungen (beispielsweise eine Nutverbindung, eine Zinkenverbindung und/oder eine Nut-Feder-Verbindung), weitere geeignete Verfahren oder eine Kombination daraus mechanisch angebracht.

[0048] Die Erfindung ist zwar bezogen auf ein oder mehrere Ausführungsformen beschrieben worden, jedoch versteht der Fachmann, dass ohne Abweichung vom Geltungsbereich der Erfindung verschiedene Änderungen vorgenommen werden können und Entsprechungen Elemente davon ersetzen können. Zusätzlich können viele Abwandlungen vorgenommen werden, um eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Material an die Lehre der Erfindung anzupassen, ohne von ihrem wesentlichen Geltungsbereich abzuweichen. Die Erfindung soll deshalb nicht auf die besondere Ausführungsform beschränkt sein, die als für diese Erfindung beste in Erwägung gezogene Ausführungsform beschrieben ist, sondern soll sämtliche Ausführungsformen enthalten, die in den Geltungsbereich der beigefügten Ansprüche fallen. Zusätzlich sind alle in der ausführlichen Beschreibung genannten Zahlenwerte so auszulegen, als wären sowohl der genaue als auch ungefähre Wert ausdrücklich genannt.

[0049] Es sind eine Turbinenschaufelanordnung und ein Turbinensystem offenbart. Die Turbinenschaufelanordnung weist eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung und einer einteiligen Plattform auf, wobei die Verbindung eine erste axiale Länge aufweist; ein unterteiltes Profil mit einem Fussabschnitt, der von der Plattform aus radial nach aussen verläuft, und einem Spitzenabschnitt, der mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei der Spitzenabschnitt eine zweite axiale Länge aufweist, die kürzer ist als die erste axiale Länge; und ein Turbinenrad, das eine Aufnahme mit einer Geometrie definiert, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, und mit der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung verbunden ist. Der Spitzenabschnitt weist ein Spitzenabschnittsmaterial auf, der Fussabschnitt weist ein Fussabschnittsmaterial auf und das Turbinenrad weist ein Turbinenradmaterial auf, wobei das Fussabschnittsmaterial und das Turbinenradmaterial eine niedrigere Wärmebeständigkeit und eine höhere Wärmeausdehnung aufweisen als das Spitzenabschnittsmaterial.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufelanordnung, aufweisend:
eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung und einer einteiligen Plattform, wobei die Verbindung eine erste axiale Länge aufweist;
ein unterteiltes Profil mit einem Fussabschnitt, der von der einteiligen Plattform aus radial nach aussen verläuft, und mit einem Spitzenabschnitt, der mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei der Spitzenabschnitt eine zweite axiale Länge aufweist, die kürzer ist als die erste axiale Länge; und
ein Turbinenrad, das eine Aufnahme mit einer Geometrie definiert, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, und mit der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung verbunden ist;
wobei der Spitzenabschnitt ein Spitzenabschnittsmaterial aufweist, der Fussabschnitt ein Fussabschnittsmaterial aufweist und das Turbinenrad ein Turbinenradmaterial aufweist, wobei das Fussabschnittsmaterial und das Turbinenradmaterial eine niedrigere Wärmebeständigkeit und eine höhere Wärmeausdehnung aufweisen als das Spitzenabschnittsmaterial.
2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei das Spitzenabschnittsmaterial ein keramischer Faserverbundwerkstoff ist, das Fussabschnittsmaterial ein Titanaluminid ist und das Turbinenradmaterial eine Superlegierung ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Geometrie des Turbinenrads, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, einen Rand des Turbinenrads definiert.
4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung über eine axiale Verbindung, eine Umfangerschraubverbindung, eine Schwalbenschwanz Verbindung, eine Nutverbindung, eine Zinkenverbindung, eine Nut-Feder-Verbindung oder eine Kombination daraus abnehmbar mit dem Turbinenrad verbunden ist.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Spitzenabschnitt über eine Abschnittsverbindung mit einem einzelnen Vorsprung abnehmbar mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei die Abschnittsverbindung mit einem einzelnen Vorsprung eine axiale Verbindung, eine Umfangs-Verbindung, eine gebogene Schwalbenschwanzverbindung, eine Nutverbindung, eine Zinkenverbindung, eine Nut-Feder-Verbindung oder eine Kombination daraus ist.
6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend einen Dämpfer, der abnehmbar mit dem Fussabschnitt verbunden ist und/oder ferner zwischen dem Fussabschnitt und dem Spitzenabschnitt Dämpfungsstifte zum Beibehalten einer relativen Lage des Fussabschnitts bezogen auf den Spitzenabschnitt aufweist.
7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Profil eine Vorderkante und eine Hinterkante aufweist und ferner mindestens einen Prallschutzstreifen aufweist, der an der Vorderkante, der Hinterkante, dem Spitzenabschnitt und/oder dem Fussabschnitt angebracht ist.
8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Spitzenabschnittsmaterial weniger dicht ist als das Fussabschnittsmaterial und/oder wobei das Fussabschnittsmaterial weniger dicht ist als das Turbinenradmaterial.
9. Turbinenschaufelanordnung aufweisend:
eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung und einer Plattform, wobei die Verbindung eine erste axiale Länge aufweist;
ein unterteiltes Profil mit einem Fussabschnitt, der von der Plattform aus radial nach aussen verläuft, und einem Spitzenabschnitt, der mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei der Spitzenabschnitt eine zweite axiale Länge aufweist, die kürzer ist als die erste axiale Länge; und
ein Turbinenrad, das eine Aufnahme mit einer Geometrie definiert, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, und mit der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung abnehmbar verbunden ist;
wobei der Spitzenabschnitt einen keramischen Faserverbundwerkstoff enthält, der Fussabschnitt ein Titanaluminid enthält und das Turbinenrad eine Superlegierung enthält.
10. Gasturbinensystem aufweisend:
einen Verdichterabschnitt;
einen Brennkammerabschnitt, der so ausgelegt ist, dass er Luft von dem Verdichterabschnitt erhält; und
einen Turbinenabschnitt in Fluidverbindung mit dem Brennkammerabschnitt, wobei der Turbinenabschnitt ein Leitrad und eine Turbinenschaufelanordnung aufweist, wobei die Turbinenschaufelanordnung aufweist:
eine Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung und einer einteiligen Plattform, wobei die Verbindung eine erste axiale Länge aufweist;
ein unterteiltes Profil mit einem Fussabschnitt, der von der Plattform aus radial nach aussen verläuft, und einem Spitzenabschnitt, der mit dem Fussabschnitt verbunden ist, wobei der Spitzenabschnitt eine zweite axiale Länge aufweist, die kürzer ist als die erste axiale Länge; und
ein Turbinenrad, das eine Aufnahme mit einer Geometrie definiert, die der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung entspricht, und mit der Verbindung mit einem einzelnen Vorsprung verbunden ist;
wobei der Spitzenabschnitt ein Spitzenabschnittsmaterial aufweist, der Fussabschnitt ein Fussabschnittsmaterial aufweist und das Turbinenrad ein Turbinenradmaterial aufweist, wobei das Fussabschnittsmaterial und das Turbinenradmaterial eine niedrigere Wärmebeständigkeit und eine höhere Wärmeausdehnung aufweisen als das Spitzenabschnittsmaterial.

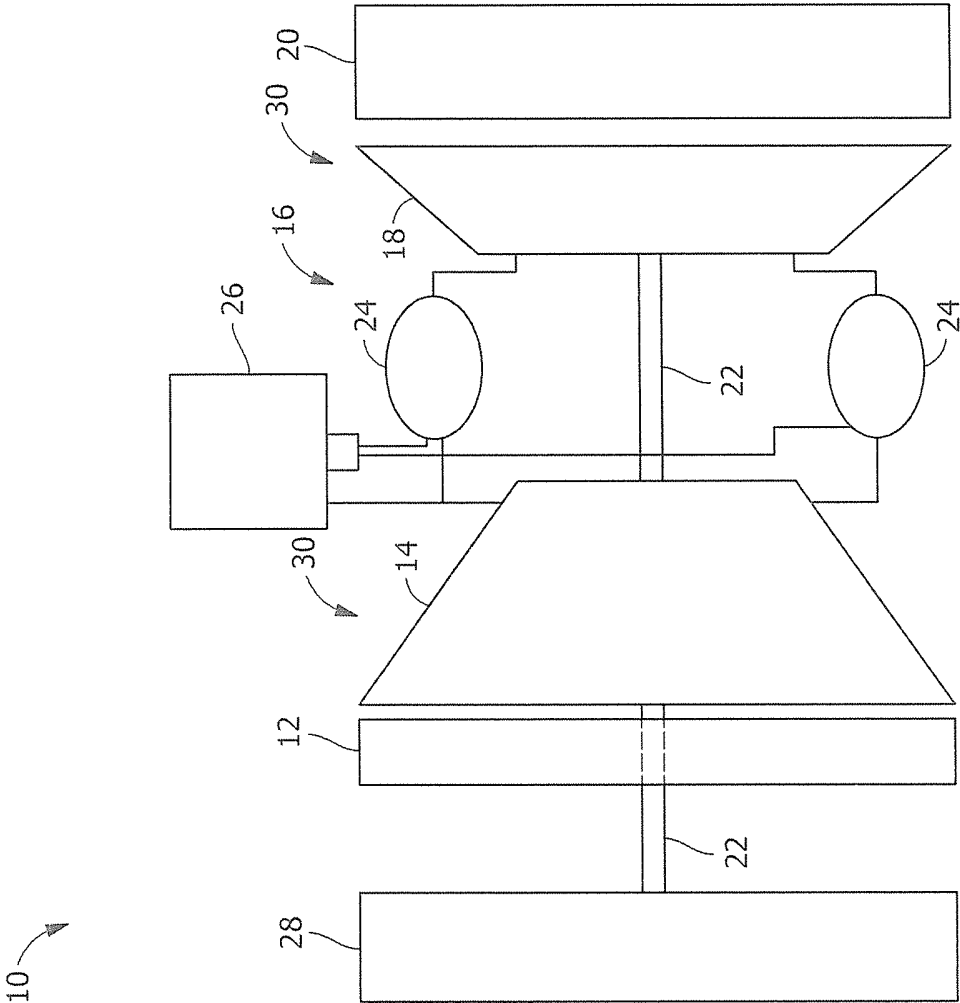


FIG. 1

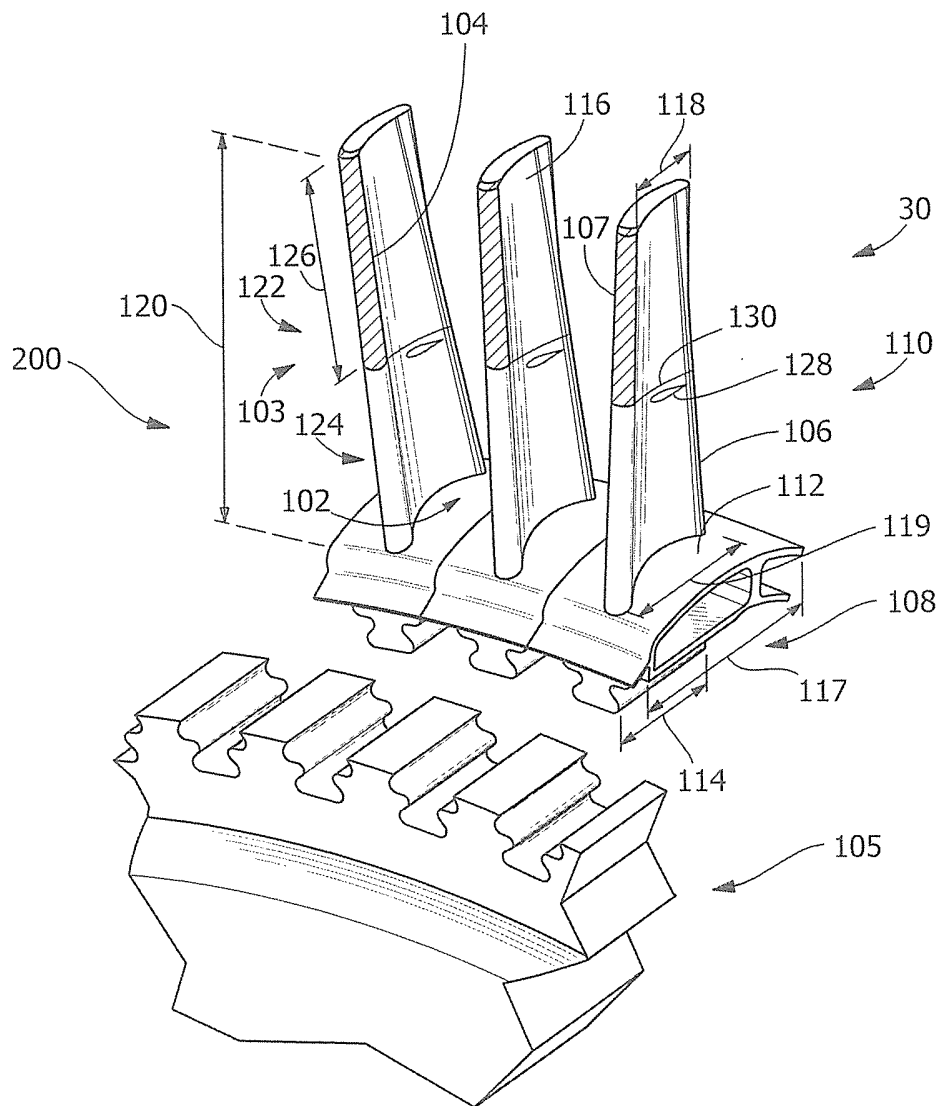


FIG. 2

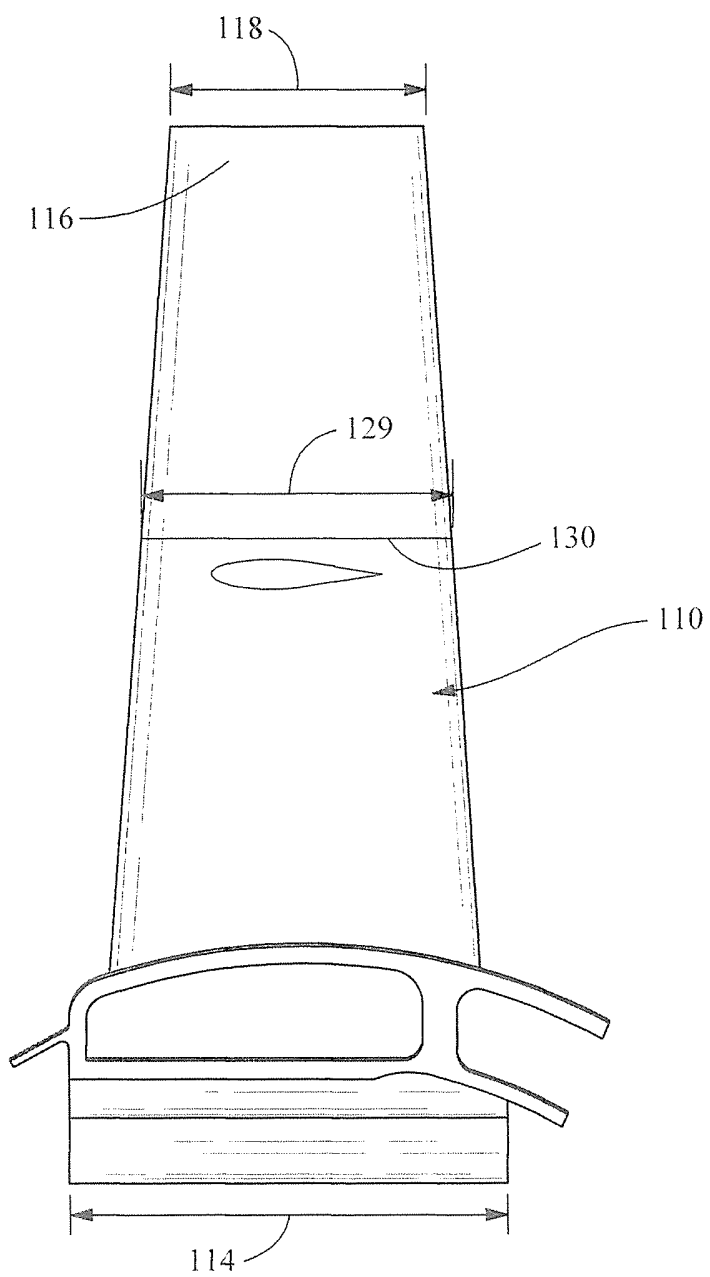


FIG. 3