



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

(11) CH 702 611 B1

(51) Int. Cl.: F01D 5/12 (2006.01)

### Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00126/11

(22) Anmeldedatum: 25.01.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 29.07.2011

(30) Priorität: 27.01.2010 US 12/694,834

(24) Patent erteilt: 15.06.2015

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.06.2015

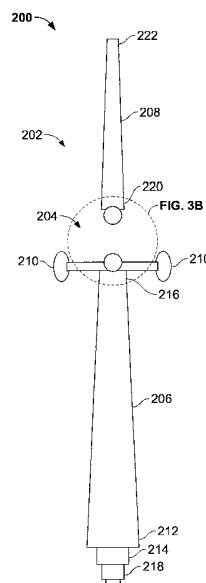
(73) Inhaber:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Herbert Chidsey Roberts, Greenville, SC 29615 (US)  
John Greene, Greenville, SC 29615 (US)

(74) Vertreter:  
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4  
8008 Zürich (CH)

### (54) Turbinenschaufel.

(57) Eine Turbinenschaufel (200) weist eine Platte (214) und ein Blatt (202) auf, das sich bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel an einer Rotorwelle von der Platte ausgehend radial nach aussen erstreckt, wobei das Blatt ein Fussesegment (206) und ein Spitzensegment (208) aufweist, wobei das Fussesegment ein erstes Ende (212) und ein zweites Ende (216) aufweist, wobei sich das erste Ende ausgehend von einer bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel radial äusseren Fläche der Platte erstreckt, wobei sich das Fussesegment von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende erstreckt, wobei das Spitzensegment ein erstes Spitzenende (220) und ein zweites Spitzenende (222) aufweist, wobei das erste Spitzenende abnehmbar an dem zweiten Ende des Fussesegments angebracht ist, wobei sich das Spitzensegment von dem zweiten Ende des Fussesegments nach aussen zu dem zweiten Spitzenende erstreckt.



## Beschreibung

### Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Die im Vorliegenden beschriebenen Ausführungsbeispiele beziehen sich auf Turbinenschaufeln und Gasturbinensysteme.

[0002] Zumindest einige bekannte Gasturbinensysteme weisen eine Brennkammer, einen Verdichter und/oder Turbinen auf, die eine Rotorscheibe enthalten, die mehrere Rotorblätter oder Schaufeln aufweist, die sich davon radial nach aussen erstrecken. Die rotierenden Turbinenschaufeln oder -blätter kanalisieren Hochtemperaturfluide, z.B. Verbrennungsgase oder Dampf, durch eine Gasturbine oder eine Dampfturbine hindurch. Die Fusssegmente wenigstens einiger bekannter Schaufeln sind an der Scheibe mittels eines Schwalbenschwanzes angebracht, der in eine Schwalbenschwanznut eingeführt ist, die in der Rotorscheibe ausgebildet ist. Da derartige Gasturbinensysteme bei verhältnismässig hohen Temperaturen arbeiten und verhältnismässig gross sein können, kann die Betriebskapazität eines derartigen Triebwerks wenigstens teilweise durch die Materialien, die bei der Herstellung der Schaufeln verwendet wurden, und/oder durch die Länge der Blattabschnitte der Schaufeln beschränkt sein. Um die Leistung zu erhöhen, steigerten zumindest einige Triebwerkshersteller die Abmessungen der Triebwerke, mit der Folge einer Steigerung der Länge des Blattabschnitts der Schaufeln. Eine solche Steigerung kann eine grössere Dimensionierung der Schwalbenschwänze und der Schwalbenschwanznuten erfordern, um sicherzustellen, dass die längeren Schaufeln an Ort und Stelle gehalten werden.

[0003] Darüber hinaus kann der Spitzenabschnitt der Strömungsfläche der Rotorblätter erheblich höheren Temperaturen ausgesetzt sein als der Fussabschnitt derselben Strömungsfläche, was möglicherweise mit der Zeit zu einem vorzeitigen Ausfall der Blattspitzen führt. Solche Ausfälle können einen Austausch der beschädigten Turbinenschaufel erfordern. Im Falle einer «Schaufelscheibe» («Blisk») können solche Ausfälle einen kostspieligen Austausch und/oder eine Erneuerung des gesamten «Schaufelscheibe» erfordern. Dementsprechend könnte eine Turbinenschaufel mit einem instandsetzbaren und/oder austauschbaren Schaufelblattspitzenabschnitt Wartungskosten senken und die Betriebsprobleme in Zusammenhang mit den ständig grösser bemessenen Längen des Blattabschnitts von Turbinenschaufeln vermindern.

### Kurzbeschreibung der Erfindung

[0004] Gemäss der Erfindung ist eine Turbinenschaufel geschaffen. Die Turbinenschaufel enthält eine Platte und ein Blatt, das sich bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel an einer Rotorwelle ausgehend von der Platte radial nach aussen erstreckt. Das Blatt weist ein Fusssegment und ein Spitzensegment auf. Das Fusssegment hat ein erstes Ende und ein zweites Ende. Das erste Ende erstreckt sich ausgehend von einer bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel radial äusseren Fläche der Platte. Das Fusssegment erstreckt sich von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende. Das Spitzensegment weist ein erstes Spitzenende und ein zweites Spitzenende auf. Das erste Spitzenende ist abnehmbar an dem zweiten Ende des Fusssegments angebracht. Das Spitzensegment erstreckt sich von dem zweiten Ende des Fusssegments nach aussen zu dem zweiten Spitzenende.

[0005] Die Erfindung betrifft ferner ein Gasturbinensystem. Zu dem Gasturbinensystem gehören: ein Verdichter; eine Brennkammer, die mit dem Verdichter in Strömungsverbindung steht, um zumindest einen Teil der Luft aufzunehmen, die von den Verdichter abgegeben wird; eine Rotorwelle, die drehbar mit dem Verdichter verbunden ist; und eine Turbinenschaufel, die mit der Rotorwelle verbunden ist.

[0006] Die Turbinenschaufel weist eine Platte und ein Blatt auf, das sich bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel an der Rotorwelle ausgehend von der Platte radial nach aussen erstreckt. Das Blatt weist ein Fusssegment und ein Spitzensegment auf. Das Fusssegment hat ein erstes Ende und ein zweites Ende. Das erste Ende erstreckt sich ausgehend von einer bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel radial äusseren Fläche der Platte. Das Fusssegment erstreckt sich von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende. Das Spitzensegment weist ein erstes Spitzenende und ein zweites Spitzenende auf. Das erste Spitzenende ist abnehmbar an dem zweiten Ende des Fusssegments angebracht. Das Spitzensegment erstreckt sich von dem zweiten Ende des Fusssegments nach aussen zu dem zweiten Spitzenende.

### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0007] Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer exemplarischen Ausführungsform eines erfindungsgemässen Gasturbinensystems.

[0008] Fig. 2 veranschaulicht in einer perspektivischen Ansicht eine exemplarische Ausführungsform einer erfindungsgemässen Turbinenschaufel, die in Zusammenhang mit dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinensystem verwendet werden kann.

[0009] Fig. 3A zeigt in einer schematischen Seitenansicht eine abgewandelte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Turbinenschaufel, die in Zusammenhang mit dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinensystem verwendet werden kann.

[0010] Fig. 3B zeigt die in Fig. 3A gezeigte Turbinenschaufel in einer vergrösserten perspektivischen Ansicht.

[0011] Fig. 4A veranschaulicht schematisch eine abgewandelte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Turbinenschaufel, die in Zusammenhang mit dem in Fig. 1 gezeigten Gasturbinensystem verwendet werden kann.

[0012] Fig. 4B zeigt die in Fig. 4A gezeigte Turbinenschaufel in einer vergrösserten perspektivischen Ansicht.

**[0013]** Fig. 5 veranschaulicht in einem Flussdiagramm ein exemplarisches Verfahren zum Zusammenbau einer Turbinenschaufel, die ein segmentiertes Blatt aufweist.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0014]** In dem hier verwendeten Sinne wird der Begriff «Turbinenlaufschaufel» austauschbar mit dem Begriff «Schaufel» verwendet und kann daher eine beliebige Kombination einer Schaufel, die eine Platte und einen Schwalbenschwanz aufweist, und/oder einer Schaufel beinhalten, die einstückig mit der Rotorscheibe ausgebildet ist, wobei beide wenigstens ein Blattsegment aufweisen.

**[0015]** Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer exemplarischen Ausführungsform eines Gasturbinensystems 10. In dem Ausführungsbeispiel enthält das Gasturbinensystem 10 einen Ansaugabschnitt 12, einen stromabwärts des Ansaugabschnitts 12 angeordneten Verdichterabschnitt 14, einen stromabwärts des Ansaugabschnitts 12 angeschlossenen Brennkammerabschnitt 16, einen stromabwärts des Brennkammerabschnitts 16 angeschlossenen Turbinenabschnitt 18 und einen Auslassabschnitt 20. Der Turbinenabschnitt 18 ist antriebsmässig über eine Rotorwelle 22 mit dem Verdichterabschnitt 14 verbunden. Der Brennkammerabschnitt 16 weist mehrere Brennkammern 24 auf. Der Brennkammerabschnitt 16 ist mit dem Verdichterabschnitt 14 verbunden, so dass sich jede Brennkammer 24 mit dem Verdichterabschnitt 14 in Strömungsverbindung befindet. An jeder der Brennkammern 24 ist eine Brennstoffdüsenanordnung 26 angebracht. Der Turbinenabschnitt 18 ist drehbar mit dem Verdichterabschnitt 14 und mit einer Last 28 verbunden, beispielsweise, jedoch ohne darauf beschränkt zu sein, einem elektrischen Generator und einer mechanischen Antriebsanwendung. In dem Ausführungsbeispiel weisen der Verdichterabschnitt 14 und der Turbinenabschnitt 18 jeweils wenigstens eine mit der Rotorwelle 22 verbundene Turbinenschaufel 30 auf, die Blattabschnitte aufweisen.

**[0016]** Im Betrieb kanalisiert der Ansaugabschnitt 12 Luft in Richtung des Verdichterabschnitts 14. Der Verdichterabschnitt 14 verdichtet die Einlassluft, um deren Druck und Temperatur zu erhöhen, und entlässt die verdichtete Luft in Richtung des Brennkammerabschnitts 16, in dem sie mit Brennstoff vermischt und gezündet wird, um Verbrennungsgase zu erzeugen, die zu dem Turbinenabschnitt 18 strömen, der den Verdichterabschnitt 14 und/oder die Last 28 antreibt. Speziell wird mindestens ein Teil der verdichteten Luft der Brennstoffdüsenanordnung 26 zugeführt. Der Brennstoff wird zu der Brennstoffdüsenanordnung 26 geleitet, wobei er mit der Luft vermischt wird und stromabwärts der Brennstoffdüsenanordnung 26 in dem Brennkammerabschnitt 16 gezündet wird. Es entstehen Verbrennungsgase, die zu dem Turbinenabschnitt 18 geleitet werden, in dem thermische Energie des Gasstroms in mechanische Rotationsenergie umgewandelt wird. Die Abgase verlassen den Turbinenabschnitt 18 und strömen durch den Auslassabschnitt 20 in die umgebende Atmosphäre.

**[0017]** Fig. 2 veranschaulicht in einer perspektivischen Ansicht eine Turbinenschaufel 100, die in Zusammenhang mit dem (in Fig. 1 gezeigten) Gasturbinensystem 10 verwendet werden kann. Die Turbinenschaufel 100 weist eine Druckseite 102 und eine (in Fig. 2 nicht gezeigte) Saugseite auf, die an einer Anströmkante 104 und einer Abströmkante 106 miteinander verbunden sind. Die Druckseite 102 ist im Wesentlichen konkav und die Saugseite ist im Wesentlichen konvex. Die Turbinenschaufel 100 weist einen Schwalbenschwanz 108, ein Blatt 110 und eine sich dazwischen erstreckende Platte 112 auf. In dem Ausführungsbeispiel ist die Turbinenschaufel 100 über den Schwalbenschwanz 108 mit der (in Fig. 1 gezeigten) Rotorwelle 22 verbunden und erstreckt sich von der Rotorwelle 22 ausgehend radial nach aussen. In einem abgewandelten Ausführungsbeispiel kann die Turbinenschaufel 100 mit der Rotorwelle 22 durch andere Vorrichtungen verbunden sein, die dazu eingerichtet sind, eine Schaufel mit einer Rotorwelle, wie beispielsweise einem einteiligen Rotor (Blisk) zu verbinden.

**[0018]** Der Schaufelschwalbenschwanz 108 weist eine axiale Länge 114 auf, die ein Sichern der Turbinenschaufel 100 an der Rotorwelle 22 erleichtert. Da die Rotorwelle 22 unterschiedlich bemessen sein kann, kann die Länge 114 ebenfalls variieren, um die Bereitstellung einer optimalen Leistung der Turbinenschaufel 100, und spezieller des Gasturbinensystems 10, zu ermöglichen. Die Platte 112 erstreckt sich von dem Schwalbenschwanz 108 ausgehend radial nach aussen und weist eine Länge auf, die in etwa gleich der Schwalbenschwanzlänge 114 ist. Das Blatt 110 erstreckt sich bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel an der Rotorwelle von einer radial äusseren Fläche der Platte 112 ausgehend radial nach aussen und weist ebenfalls eine anfängliche Länge auf, die in etwa gleich der Schwalbenschwanzlänge 114 ist. Insbesondere sind in dem Ausführungsbeispiel die Platte 112 und das Blatt 110 zusammen einstückig hergestellt, so dass in der Turbinenschaufel 100 dort, wo die Platte 112 in das Blatt 110 übergeht, keine Nahtstellen oder Inkonsistenzen vorhanden sind.

**[0019]** Das Blatt 110 erstreckt sich von der Platte 112 ausgehend radial nach aussen und vergrössert die Länge zu einem Spitzenende 116 der Turbinenschaufel 100. In dem Ausführungsbeispiel weist das Spitzenende 116 eine Länge 118 auf, die grösser ist als die Länge 114. Das Blatt 110 hat ausserdem eine (nicht gezeigte) Breite, die bemessen ist, um eine Verriegelung einer (nicht gezeigten) Anlaufabdeckung zu ermöglichen. Dementsprechend kann die Spitzenlänge 118 und die Spitzenbreite in Abhängigkeit von der Anwendung der Turbinenschaufel 100, und spezieller des Gasturbinensystems 10, variieren. Das Blatt 110 weist gemessen von der Platte 112 zu dem Spitzenende 116 eine erste oder radiale Länge 120 auf. Die radiale Länge 120 ist bemessen, um eine Optimierung der Leistung der Turbinenschaufel 100 durchzuführen. Dementsprechend kann auch die Schaufellänge 120 in Abhängigkeit von der Anwendung der Turbinenschaufel 100, und spezieller des Gasturbinensystems 10, variieren.

**[0020]** In dem Ausführungsbeispiel weist das Blatt 110 ein erstes oder Spitzensegment 122 auf, das mit einem zweiten oder Fusssegment 124 verbunden ist, um das Blatt 110 zu bilden, das die radiale Länge 120 aufweist. In dem Ausführungs-

rungsbeispiel hat das Spitzensegment 122 eine zweite radiale Länge 126, die kleiner ist als die radiale Blattlänge 120 des Blatts 110. In einem Ausführungsbeispiel ist die radiale Länge des Spitzensegments 126 in etwa gleich 50% der radialen Länge 120. In noch einem Ausführungsbeispiel ist die radiale Länge des Spitzensegments 126 grösser als 50% der radialen Länge 120. In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die radiale Länge des Spitzensegments 126 kleiner als 50% der radialen Länge 120. In einem abgewandelten Ausführungsbeispiel weist das Blatt 110 mindestens einen Dämpfer 128 auf, der mit dem Spitzensegment 122 und/oder dem Fusssegment 124 verbunden ist, um eine Dämpfung von Schwingungen in dem Blatt 110 durchzuführen, und/oder um dem Blatt 110 während des Betriebs des Gasturbinensystems 10 strukturellen Halt zu verleihen. In einem Ausführungsbeispiel ist der Dämpfer 128 an dem Spitzensegment 122 und/oder dem Fusssegment 124 und zwischen diesen angebracht, um zu verhindern, dass sich das Spitzensegment 122 von dem Fusssegment 124 löst.

**[0021]** In dem Ausführungsbeispiel ist das Spitzensegment 122 an dem Fusssegment 124 an einer Verbindungsstelle 130 angebracht. In einem Ausführungsbeispiel ist die Verbindungsstelle 130 eine axiale Verbindungsstelle. In dem hier verwendeten Sinne wird der Begriff «axiale Verbindungsstelle» verwendet, um eine Verbindungsstelle zu beschreiben, die bezüglich des Einbaustandes der Turbinenschaufel an einer Rotorwelle längs einer parallel zur Rotorwelle 22 verlaufenden, axialen Länge eines Querschnitts des Blatts 110 ausgebildet ist. In noch einem Ausführungsbeispiel ist die Verbindungsstelle 130 eine an dem Umfang angeordnete Verbindungsstelle. In dem hier verwendeten Sinne wird der Begriff «an dem Umfang angeordnete Verbindungsstelle» verwendet, um eine Verbindungsstelle zu beschreiben, die längs der Umfangsweite des Blatts 110 ausgebildet ist. In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Verbindung 130 eine Schwalbenschwanzverbindung, eine Nutverbindung und/oder eine Zinken-Verbindung aufweisen. Darüber hinaus kann die Verbindungsstelle 130 in anderen Ausführungsbeispielen auf sonstigen dem Fachmann bekannten Verbindungstechniken basieren, die es ermöglichen das Spitzensegment 122 abnehmbar an dem Fusssegment 124 anzubringen, wie es hierin beschrieben ist.

**[0022]** In dem Ausführungsbeispiel wird das Spitzensegment 122 aus einem ersten Material 132 geformt. Das Fusssegment 124 wird anhand eines zweiten Materials 134 ausgebildet, das sich von dem ersten Material 132 unterscheidet. Bevorzugt ist das Spitzensegment 122 in dem Ausführungsbeispiel aus einem Material ausgebildet, das eine Dichte aufweist, die geringer ist als die Dichte des Werkstoffs des Fusssegments 124. Der Einsatz eines Materials geringerer Dichte erlaubt es, das Spitzensegment 122 leichter zu konstruieren als das Fusssegment 124. Somit kann die rotierende Masse der Turbinenschaufel 100 verringert werden. In dem Ausführungsbeispiel kann das für das Spitzensegment 122 verwendete Material, da die Betriebstemperatur an dem Spitzenende 116 oder an dem Spitzensegment 122 höher sein kann als die Betriebstemperatur an dem Fusssegment 124, darüber hinaus eine höhere Wärmefestigkeit und/oder eine erhöhte Wärmetoleranz aufweisen als das Material, das zur Herstellung des Fusssegments 124 verwendet wird. Beispielsweise kann das Spitzensegment 122 in einem Ausführungsbeispiel zum Teil aus einem leichtgewichtigen Keramikmaterial hergestellt sein. Die Nutzung eines leichteren Materials kann ausserdem eine Verringerung einer strukturellen Belastung ermöglichen, die auf das Fusssegment 124 ausgeübt wird, und/oder kann es ermöglichen, ein Schwingungsverhalten des zusammengebauten Blatts 110 zu kontrollieren, indem ein Material in dem Spitzensegment 122 verwendet wird, das ein Schwingungsverhalten aufweist, das sich von dem Schwingungsverhalten des Fusssegments 124 unterscheidet. Darüber hinaus kann die Verwendung eines dichteren Materials in dem Fusssegment 124 und eines leichteren Materials in dem Spitzensegment 122 eine Verringerung der Gefahr eines Ausfalls des Fusssegments 124 ermöglichen, dadurch, dass Gewichtseinsparungen des monolithischen Blatts zu Lasten der Gesamtfestigkeit eines monolithischen Blatts nicht mehr im selben Masse erforderlich sind.

**[0023]** Ausserdem ergeben sich bei der Nutzung des Blatts 110 zusätzliche Vorteile. Spezieller kann das Spitzensegment 122, wenn es beispielsweise durch ein Spitzenreibereignis, durch Überhitzung und/oder ein sonstiges schädliches Ereignis, beschädigt wird, für sich repariert oder ausgetauscht werden, ohne eine kostspieligere und zeitintensivere Entfernung und Reparatur/Austausch der vollständigen Turbinenschaufel 100 zu erfordern. Solche Kosteneinsparungen ermöglichen eine Reduzierung der Gesamtkosten des Betriebs und der Wartung des Gasturbinensystems 10 sowie eine Verkürzung der Zeitdauer, in der das Gasturbinensystem 10 wegen derartiger Reparaturen ausser Betrieb ist.

**[0024]** Fig. 3A zeigt eine schematische Ansicht einer abgewandelten Turbinenschaufel 200, die in Zusammenhang mit dem Gasturbinensystem 10 verwendet werden kann. Fig. 3B zeigt die Turbinenschaufel 200 in einer vergrösserten perspektivischen Ansicht. In dem abgewandelten Ausführungsbeispiel enthält die Turbinenschaufel 200 ein Blatt 202, das wenigstens eine Verbindungsstelle 204 aufweist. Fig. 3B zeigt eine vergrösserte Ansicht der Turbinenschaufel 200 an der Verbindungsstelle 204. In dem abgewandelten Ausführungsbeispiel weist das Blatt 202 ein Fusssegment 206, ein Spitzensegment 208 und wenigstens einen Dämpfer 210 auf, der mit dem Fusssegment 206 verbunden ist. Ein erstes Ende 212 des Fusssegments 206 ist an einer Platte 214 angebracht. Das Fusssegment 206 erstreckt sich von der Platte 214 ausgehend radial nach aussen zu einem zweiten Ende 216 des Fusssegments 206. In diesem abgewandelten Ausführungsbeispiel ist die Platte 214 an einem Schwalbenschwanzabschnitt 218 angebracht. Der Schwalbenschwanzabschnitt 218 ist bemessen, gestaltet und ausgerichtet, um das Blatt 202 an einer (nicht gezeigten) Turbinenscheibe in der (in Fig. 1 gezeigten) Gasturbinensystem 10 anzubringen. In einem abgewandelten Ausführungsbeispiel sind die Platte 214 und das Fusssegment 206 mit der Turbinenscheibe in einer «Schaufelscheiben»-Konstruktion («Blink») einstückig ausgebildet. Der Dämpfer 210 ist an dem zweiten Ende 216 des Fusssegments 206 angebracht. In einem Ausführungsbeispiel ist der Dämpfer 210 mit dem Fusssegment 206 einstückig ausgebildet.

**[0025]** In dem abgewandelten Ausführungsbeispiel weist das Spitzensegment 208 ein erstes Ende 220 und ein zweites Ende 222 auf. Das erste Ende 220 ist abnehmbar an dem zweiten Ende 216 des Fussesegments 206 angebracht. Das Spitzensegment 208 ist abnehmbar an dem Fussesegment 206 an der Verbindungsstelle 204 angebracht. In dem abgewandelten Ausführungsbeispiel weist das erste Ende 220 des Spitzensegments einen Schwalbenschwanzabschnitt 224 auf, der sich längs einer axialen Länge 226 des Blatts 202 erstreckt. Das zweite Ende 216 des Fussesegments weist eine Schwalbenschwanznut 228 auf, die sich längs der axialen Länge 226 erstreckt. Die Schwalbenschwanznut 228 ist geeignet dimensioniert und gestaltet, um wenigstens einen Teil des Schwalbenschwanzabschnitts 224 aufzunehmen, um die Verbindungsstelle 204 zu bilden.

**[0026]** Fig. 4A veranschaulicht eine perspektivische Ansicht eines abgewandelten Ausführungsbeispiels einer Turbinenschaufel 300, die in Zusammenhang mit dem (in Fig. 1 gezeigten) Gasturbinensystem 10 verwendet werden kann. Fig. 4B veranschaulicht eine vergrösserte perspektivische Ansicht der Turbinenschaufel 300. In Fig. 3A gezeigte Komponenten sind in Fig. 4A und Fig. 4B mit denselben Bezugszeichen beschriftet. In dem abgewandelten Ausführungsbeispiel weist die Turbinenschaufel 300 ein Blatt 302 auf. Das Blatt 302 weist mindestens einen Dämpfer 304 auf, der an dem Fussesegment 206 und/oder an dem Spitzensegment 208 abnehmbar angebracht ist, so dass der Dämpfer 304 eine Position des Fussesegments 206 in Bezug auf das Spitzensegment 208 aufrechterhält. In dem abgewandelten Ausführungsbeispiel weist das Spitzensegment 208 mindestens einen Vorsprung 306 auf, der sich ausgehend von dem Spitzensegment 208 radial nach aussen erstreckt, und der entlang einer Umfangsbreite 308 des Blatts 302 in Umfangsrichtung ausgerichtet ist. Das Fussesegment 206 weist mindestens einen Schlitz 310 auf, der in Umfangsrichtung entlang der Breite 308 ausgerichtet ist, und der dem Vorsprung 306 entspricht. In dem abgewandelten Ausführungsbeispiel ist der Schlitz 310 geeignet dimensioniert und gestaltet, um den Vorsprung 306 aufzunehmen, um eine Verbindungsstelle 312 zu bilden. In einem Ausführungsbeispiel weist der Vorsprung 306 eine Schwalbenschwanzform auf, und der Schlitz 310 basiert auf einer entsprechenden Schwalbenschwanznut. In dem abgewandelten Ausführungsbeispiel basiert der Dämpfer 304 auf zwei Dämpfersegmenten 314, die miteinander verbunden sind, und die ausserdem mit dem Fussesegment 206, dem Spitzensegment 208 und der Verbindungsstelle 312 verbunden sind, so dass der Dämpfer 304 es gestattet, das Fussesegment 206 abnehmbar an dem Spitzensegment 208 anzubringen. In einem solchen Ausführungsbeispiel dient der Dämpfer 304 als eine Klammer und/oder ein Nutzenstein, um die Verbindungsstelle 312 in verbundenem Zustand zu halten, so dass ein Lösen des Fussesegments 206 und des Spitzensegment 208 verhindert ist und so dass das Spitzensegment 208 und das Fussesegment 206 nur dann entfernt werden können, wenn der Dämpfer 304 entfernt ist.

**[0027]** Fig. 5 veranschaulicht in einem Flussdiagramm ein exemplarisches, vorliegend jedoch nicht beanspruchtes Verfahren 400 für einen Zusammenbau der Turbinenschaufel 100. In dem Ausführungsbeispiel wird das erste Ende 220 des Spitzensegments 208 abnehmbar an dem zweiten Ende 216 des Fussesegments 206 angebracht 402. In einem Ausführungsbeispiel wird das Verbinden 402 erreicht, indem wenigstens entweder eine axiale Verbindungsstelle 204 oder eine an dem Umfang angeordnete Verbindungsstelle 312 verwendet wird. In weiteren Ausführungsbeispielen kann das Verbinden 402 mittels einer Schwalbenschwanz-Verbindung, einer Nutverbindung, einer Zinken-Verbindung und/oder einer Nut-Feder-Verbindung erreicht werden. In dem Ausführungsbeispiel wird wenigstens ein Dämpfer 304 mindestens an dem Spitzensegment 208, dem Fussesegment 206 und/oder der Verbindungsstelle 312 abnehmbar angebracht 404, so dass der Dämpfer 304 es ermöglicht, das Fussesegment 206 an dem Spitzensegment 208 anzubringen 404. In dem Ausführungsbeispiel erhält der Dämpfer 304 eine Position des Fussesegments 206 relativ zu dem Spitzensegment 208 aufrecht. Darüber hinaus wirkt der Dämpfer 304 in einem derartigen Ausführungsbeispiel als eine Klammer und/oder ein Nutzenstein, um zu verhindern, dass sich das Fussesegment 206 unbeabsichtigt von dem Spitzensegment 208 löst, und um sicherzustellen, dass das Spitzensegment 208 und das Fussesegment 206 nur entfernt werden können, wenn der Dämpfer 304 abgenommen ist.

**[0028]** Darüber hinaus wird das Spitzensegment 208, das an dem Fussesegment 206 abnehmbar angebracht ist 402, in dem Ausführungsbeispiel wenigstens zum Teil aus einem Material hergestellt, das eine andere Dichte aufweist als der Werkstoff, der zur Herstellung eines Abschnitts des Fussesegments 206 verwendet wird. Spezieller wird das Spitzensegment 208 in dem Ausführungsbeispiel wenigstens teilweise aus einem Material hergestellt, das eine geringere Dichte aufweist als der Werkstoff, der verwendet wird, um wenigstens einen Abschnitt des Fussesegments 206 herzustellen, so dass das Spitzensegment 208 weniger wiegt als das Fussesegment 206. Dadurch dass an dem Fussesegment 206 ein Spitzensegment 208 angebracht wird 402, das eine geringere Dichte aufweist, wird die Gesamtrotationsmasse des zusammengebauten Blatts 110 vermindert. Somit verringert sich auch die Gesamtrotationsmasse der Turbine. Ein Zusammenbau eines segmentierten Blatts mittels des hierin beschriebenen Verfahrens ermöglicht eine Verkürzung der Zeit, die erforderlich ist, um eine ausgefallene oder beschädigte Turbinenschaufel zu reparieren, zu überholen und/oder zu ersetzen.

**[0029]** Die oben beschriebenen Turbinenschaufeln, Gasturbinensysteme und das nicht beanspruchte Verfahren ermöglichen den Zusammenbau einer Turbinenschaufel, deren rotierende Masse verringert ist. Spezieller kann das Spitzensegment durch den Zusammenbau einer Turbinenschaufel, die ein Spitzensegment und ein Fussesegment aufweist, unter Verwendung von Materialien ausgebildet werden, die eine geringere Dichte aufweisen als das Fussesegment. Darüber hinaus kann das Spitzensegment, da die Betriebstemperatur an dem Spitzensegment einer Turbinenschaufel höher sein kann als die Betriebstemperatur an dem Fussesegment, anhand von Material hergestellt werden, das eine höhere Wärmefestigkeit und/oder eine grössere Wärmetoleranz aufweist als das Material, das zur Herstellung des Fussesegments eingesetzt wird. Ausserdem kann das Spitzensegment, wenn es beispielsweise durch ein Spitzenreibeignis beschädigt ist, repariert oder

ausgetauscht werden, ohne die vollständige Entfernung der Turbinenschaufel zu erfordern. Somit lassen sich die Kosten der Wartung des Gasturbinensystems verringern.

**[0030]** Obwohl die hierin beschriebenen exemplarische Einrichtungen und Verfahren in Zusammenhang mit dem Zusammenbau eines segmentierten Blatts für ein Gasturbinensystem beschrieben sind, sollte es verständlich sein, dass die Einrichtungen und Verfahren nicht ausschliesslich auf die Nutzung in Zusammenhang mit einem Gasturbinensystem beschränkt sind. Beispielsweise kann die hierin beschriebene Befestigung in Zusammenhang mit einer Vielfalt von Turbinen sowie jeder Einrichtung genutzt werden, die Schaufelblätter verwendet, und zwar unabhängig davon, ob die Blätter rotierend oder stationär sind. Daher wird der Fachmann erkennen, dass die Ansprüche und beschriebenen Ausführungsbeispiele in der Praxis mit Abwandlungen innerhalb des Schutzbereichs der Ansprüche durchgeführt werden können.

**[0031]** Im Vorausgehenden sind Ausführungsbeispiele von Verfahren und Einrichtungen für eine segmentierte Turbinenschaufelanordnung im Einzelnen beschrieben. Die Verfahren und Einrichtungen sind nicht auf die hierin beschriebenen speziellen Ausführungsbeispiele beschränkt, vielmehr können Komponenten von Systemen und/oder Schritte des Verfahrens unabhängig und getrennt von hier beschriebenen anderen Komponenten und/oder Schritten genutzt werden. Beispielsweise können die Verfahren und Einrichtungen auch in Verbindung mit sonstigen Verbrennungssystemen und Verfahren verwendet werden, und sie sind nicht ausschliesslich auf eine Verwendung in Zusammenhang mit dem hierin beschriebenen Gasturbinensystem beschränkt. Vielmehr kann das Ausführungsbeispiel in Verbindung mit vielen anderen Anwendungen von Verbrennungssystemen verwirklicht und genutzt werden.

**[0032]** Die vorliegende Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschliesslich des besten Modus zu beschreiben und um ausserdem einem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung in der Praxis einzusetzen, beispielsweise beliebige Einrichtungen und Systeme herzustellen und zu nutzen und beliebige damit verbundene Verfahren durchzuführen. Der patentfähige Schutzzumfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann andere dem Fachmann in den Sinn kommende Beispiele umfassen.

#### **Bezugszeichenliste**

##### **[0033]**

- 10 Gasturbinensystem
- 12 Ansaugabschnitt
- 14 Verdichterabschnitt
- 16 Brennkammerabschnitt
- 18 Turbinenabschnitt
- 20 Auslassabschnitt
- 22 Rotorwelle
- 24 Brennkammer
- 26 Brennstoffdüsenanordnung
- 28 Last
- 30 Turbinenschaufel
- 100 Turbinenschaufel
- 102 Druckseite
- 104 Anströmkante
- 106 Abströmkante
- 108 Schaufelschwalbenschwanz
- 110 Blatt
- 112 Platte
- 114 Axiale Länge oder Schwalbenschwanzlänge
- 116 Spitzenende

## CH 702 611 B1

- 118 Spitzenlänge
- 120 Schaufellänge oder radiale Länge
- 122 Spitzensegment
- 124 Fussesegment
- 126 Zweite radiale Länge oder radiale Länge des Spitzensegments
- 128 Dämpfer
- 130 Verbindungsstelle
- 132 Erstes Material
- 134 Zweites Material
- 200 Abgewandelte Turbinenschaufel
- 202 Blatt
- 204 Verbindungsstelle
- 206 Fussesegment
- 208 Spitzensegment
- 210 Dämpfer
- 212 Erstes Ende
- 214 Platte
- 216 Zweites Ende
- 218 Schwalbenschwanzabschnitt
- 220 Erstes Ende des Spitzensegments
- 222 Zweites Ende
- 224 Schwalbenschwanzabschnitt
- 226 Axiale Länge
- 228 Schwalbenschwanznut
- 300 Turbinenschaufel
- 302 Blatt
- 304 Dämpfer
- 306 Vorsprung
- 308 Umfangsweite
- 310 Schlitz
- 312 Verbindungsstelle
- 314 Zwei Dämpfersegmente
- 400 Exemplarisches Verfahren
- 402 Abnehmbares Anbringen eines Spitzensegments an einem Fussesegment.
- 404 Abnehmbares Anbringen eines Dämpfers an einem Spitzensegment, an einem Fussesegment und an einer Verbindungsstelle.

**Patentansprüche**

1. Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300), zu der gehören: eine Platte (112, 214); und ein Blatt (110, 302), das sich bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel an einer Rotorwelle (22) von der Platte ausgehend radial nach aussen erstreckt, wobei das Blatt ein Fussesegment (124, 206) und ein Spitzensegment (122, 208) aufweist, wobei das Fussesegment ein erstes Ende (212) und ein zweites Ende (216) aufweist, wobei sich das erste Ende (212) ausgehend von einer bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel radial äusseren Fläche der Platte erstreckt, wobei sich das Fussesegment von dem ersten Ende (212) zu dem zweiten Ende (216) erstreckt, wobei das Spitzensegment ein erstes Spitzenende (220) und ein zweites Spitzenende (222) aufweist, wobei das erste Spitzenende an dem zweiten Ende (216) des Fussesegments abnehmbar angebracht ist, wobei sich das Spitzensegment von dem zweiten Ende (216) des Fussesegments nach aussen zu dem zweiten Spitzenende erstreckt.
2. Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300) nach Anspruch 1, wobei bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel das Spitzensegment (122, 208) an dem Fussesegment (124, 206) mittels einer in Axialrichtung der Rotorwelle (22) verlaufenden Verbindungsstelle (130) oder einer in Umfangsrichtung des Blattes (110) verlaufenden Verbindungsstelle (204) abnehmbar angebracht ist.
3. Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300) nach Anspruch 1, wobei das Spitzensegment (122, 208) an dem Fussesegment (124, 206) über eine Schwalbenschwanzverbindung, eine Nut-Verbindung, eine Zinken-Verbindung und/oder eine Nut-Feder-Verbindung abnehmbar angebracht ist.
4. Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300) nach Anspruch 1, zu der ferner wenigstens ein Dämpfer (128, 210, 304) zum Dämpfen von Schwingungen im Blatt (110, 202, 302) gehört, der entweder an dem Fussesegment (124, 206) oder an dem Spitzensegment (122, 208) abnehmbar angebracht ist.
5. Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300) nach Anspruch 4, wobei der wenigstens eine Dämpfer (128, 210, 304) dazu ausgebildet ist, Schwingungen derart zu dämpfen, um eine Position des Fussesegments (124, 206) relativ zu dem Spitzensegment (122, 208) aufrechtzuerhalten.
6. Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300) nach Anspruch 4, wobei der wenigstens eine Dämpfer (128, 210, 304) dazu ausgebildet ist, zu verhindern, dass das Fussesegment (124, 206) sich von dem Spitzensegment (122, 208) löst.
7. Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300) nach Anspruch 1, wobei das Spitzensegment (122, 208) aus einem Material besteht, das eine andere Dichte als ein Material des Fussesegments (124,206) aufweist.
8. Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300) nach Anspruch 1, wobei das Spitzensegment (122, 208) aus einem Material besteht, das eine geringere Dichte als ein Material des Fussesegments (124, 206) aufweist.
9. Gasturbinensystem (10), zu dem gehört: ein Verdichter (14); eine Brennkammer (16), die mit dem Verdichter in Strömungsverbindung steht, um zumindest einen Teil der Luft aufzunehmen, die von dem Verdichter entlassen wird, eine Rotorwelle (22), die mit dem Verdichter drehbar verbunden ist; und eine Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300), die mit der Rotorwelle verbunden ist, wobei zu der Turbinenschaufel gehören:  
eine Platte (112, 214); und  
ein Blatt (110, 202, 302), das sich bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel an der Rotorwelle (22) von der Platte ausgehend radial nach aussen erstreckt, wobei das Blatt ein Fussesegment (124,206) und ein Spitzensegment (122, 208) aufweist, wobei das Fussesegment ein erstes Ende (212) und ein zweites Ende (216) aufweist, wobei sich das erste Ende (212) ausgehend von einer bezüglich des Einbauzustandes der Turbinenschaufel radial äusseren Fläche der Platte erstreckt, wobei sich das Fussesegment von dem ersten Ende (212) zu dem zweiten Ende (216) erstreckt, wobei das Spitzensegment ein erstes Spitzenende (220) und ein zweites Spitzenende (222) aufweist, wobei das erste Spitzenende abnehmbar an dem zweiten Ende (216) des Fussesegments angebracht ist, wobei sich das Spitzensegment von dem zweiten Ende (216) des Fussesegments nach aussen zu dem zweiten Spitzenende erstreckt.
10. Gasturbinensystem (10) nach Anspruch 9, wobei die Turbinenschaufel (30, 100, 200, 300) ferner wenigstens einen Dämpfer (128, 210, 304) zum Dämpfen von Schwingungen im Blatt (110, 202, 302) aufweist, der entweder an dem Fussesegment (124, 206) oder an dem Spitzensegment (122, 208) abnehmbar angebracht ist.

10 →

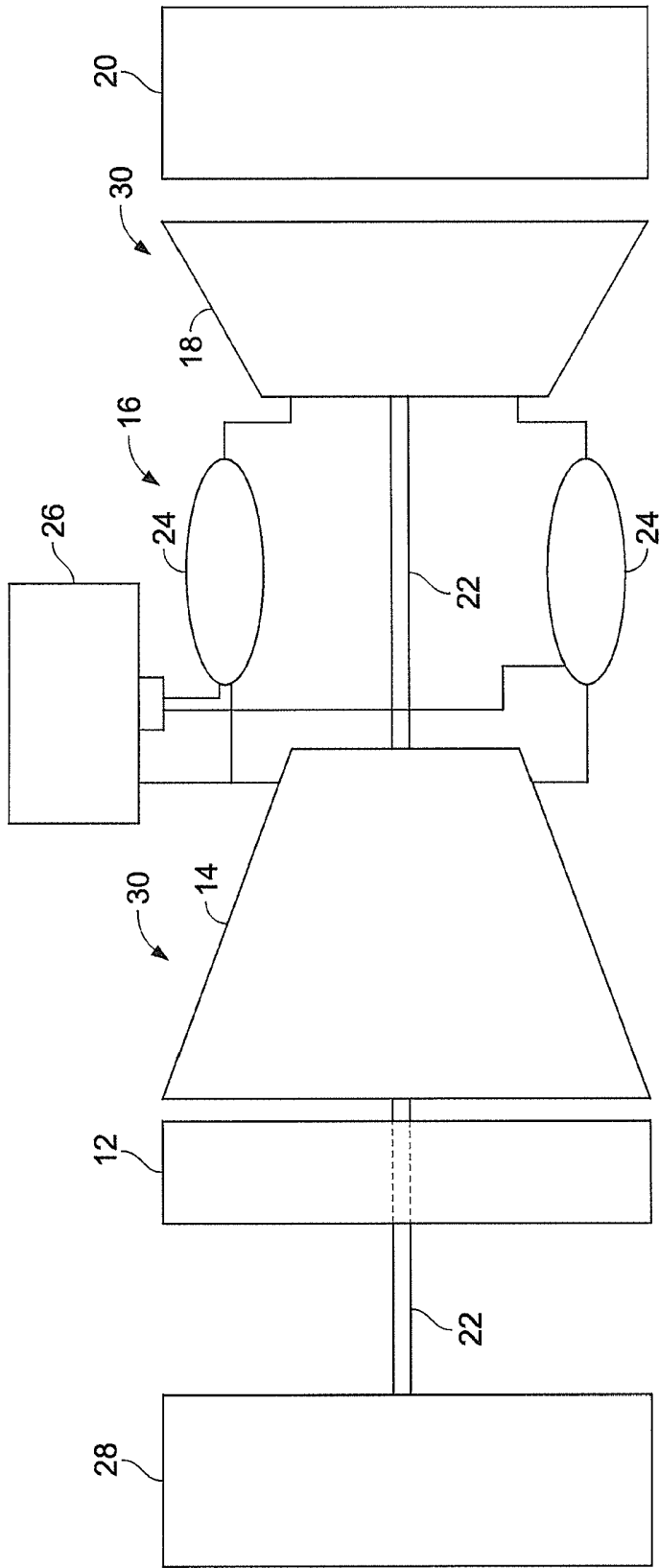


FIG. 1

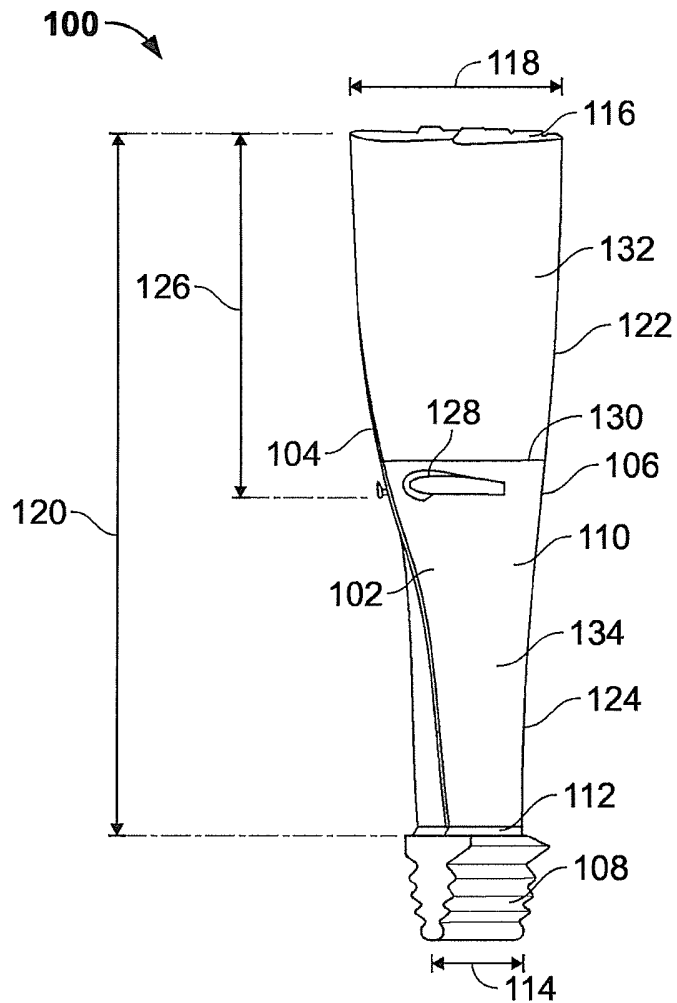


FIG. 2

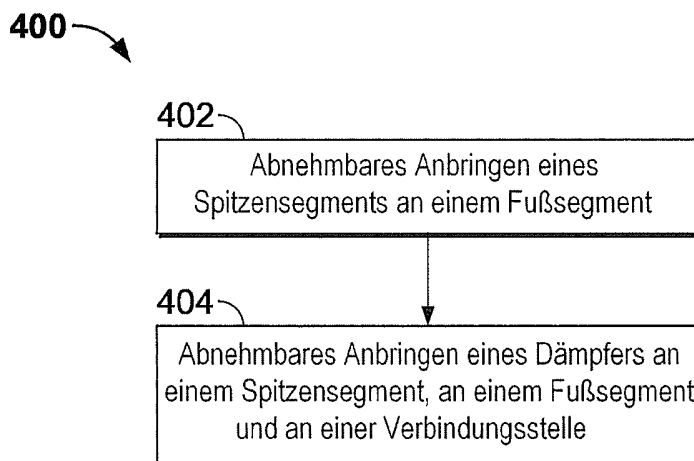


FIG. 5

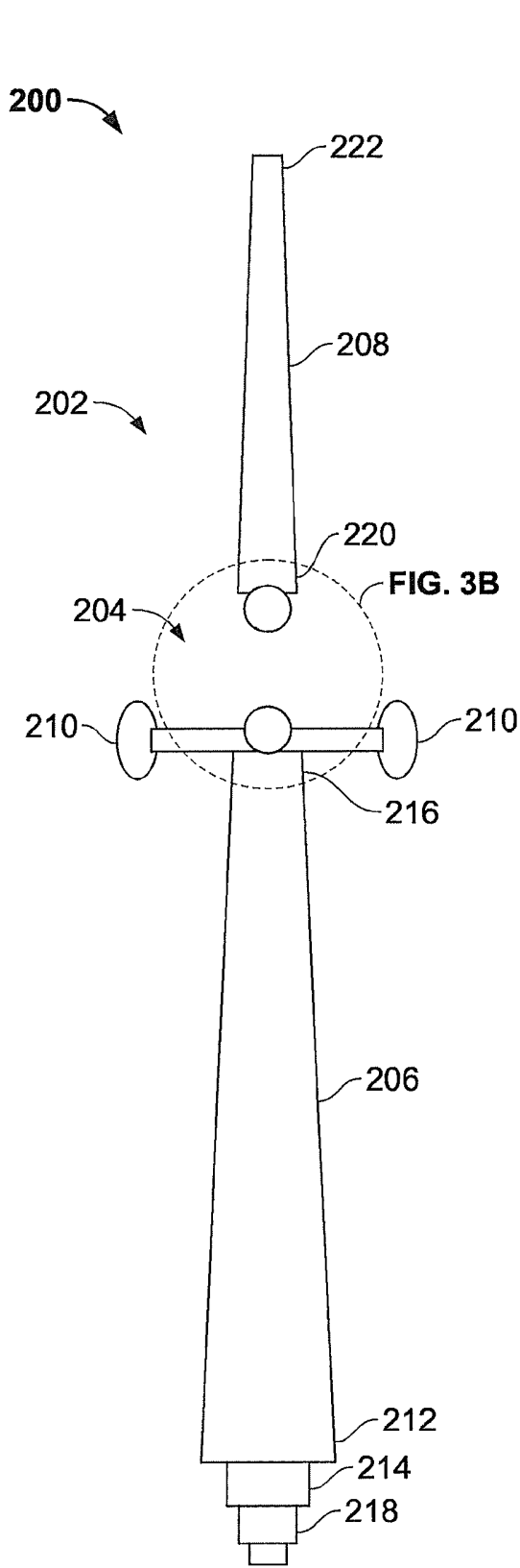


FIG. 3A

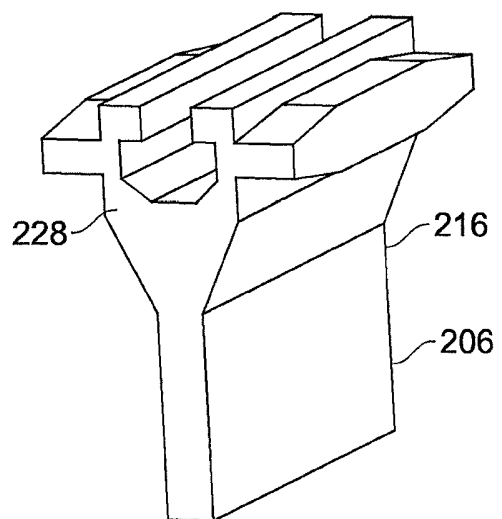
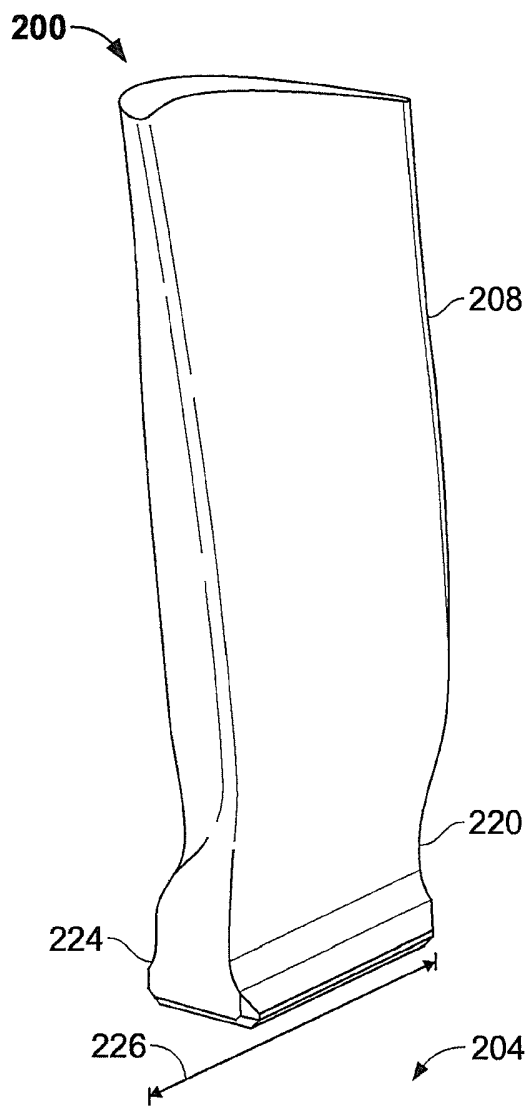


FIG. 3B

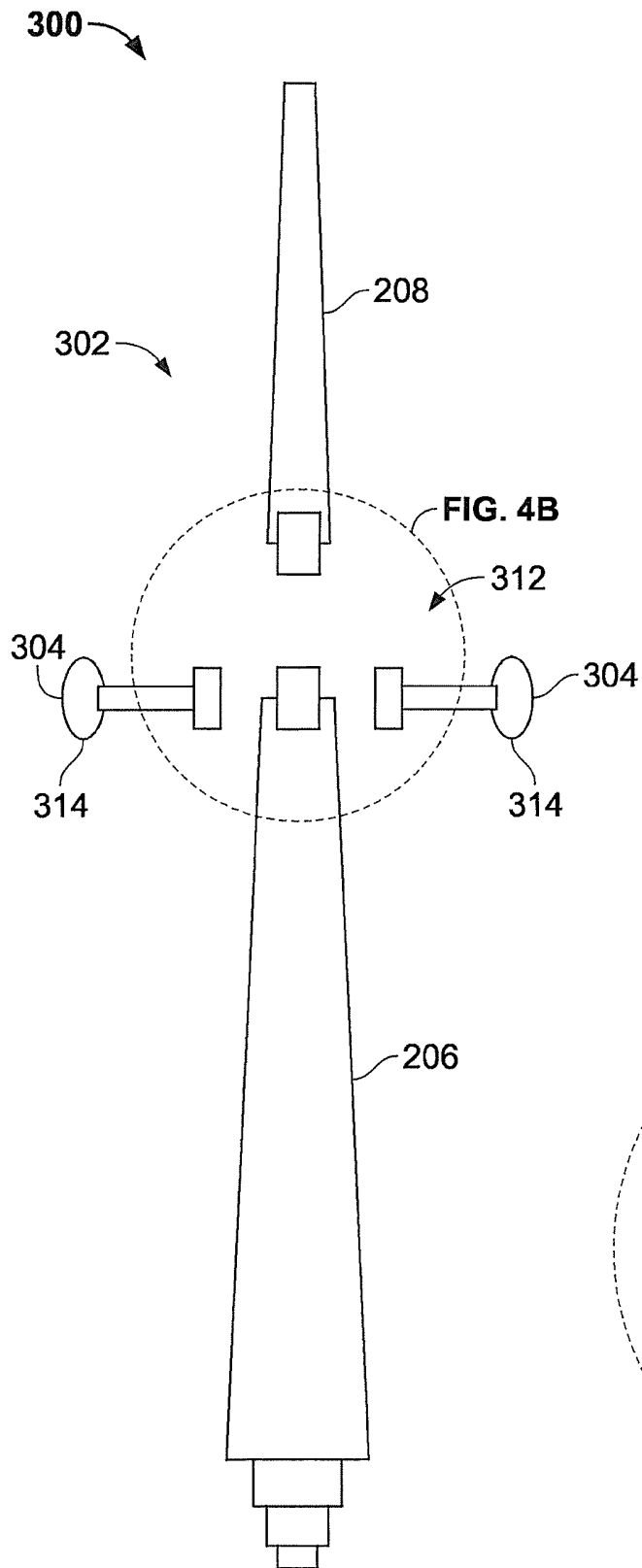


FIG. 4A

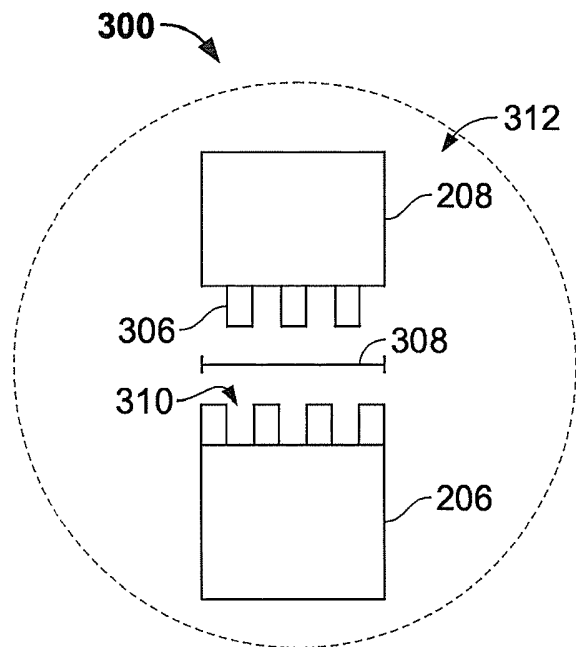


FIG. 4B