



(10) **DE 10 2011 050 760 B4** 2014.03.13

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 050 760.4**
(22) Anmeldetag: **31.05.2011**
(43) Offenlegungstag: **08.12.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.03.2014**

(51) Int Cl.: **F03D 1/06 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität:
12/796,003 08.06.2010 US

(73) Patentinhaber:
General Electric Company, New York, N.Y., US

(74) Vertreter:
**Rüger, Barthelt & Abel Patentanwälte, 73728,
Esslingen, DE**

(72) Erfinder:
**Sambamurty, Saravakota, Karnataka, Bangalore,
IN**

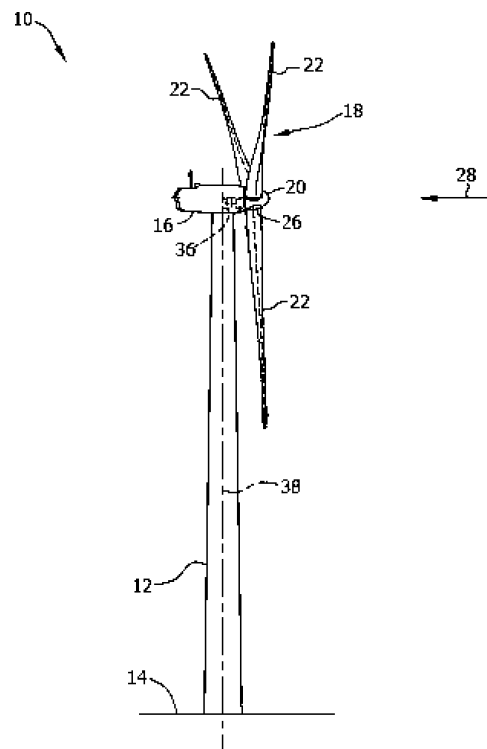
(56) Ermittelter Stand der Technik:
**DE 30 14 347 A1
US 2008 / 0 187 442 A1**

(54) Bezeichnung: **Hinterkantenverbindungskappe für Rotorblätter einer Windkraftanlage**

(57) Hauptanspruch: Hinterkantenverbindungskappe (54) zur Verwendung bei einem Rotorblatt (22) einer Windkraftanlage (10), wobei die Hinterkantenverbindungskappe (54) aufweist:

einen Körper (56), der konfiguriert ist, um von einer Blattschale (42) des Rotorblatts (22) aus nach außen zu ragen, wobei der Körper (56) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff ausgebildet ist und eine erste Außenfläche (60) sowie eine zweite Außenfläche (62) aufweist, wobei die erste Außenfläche (60) konfiguriert ist, um die zweite Außenfläche (62) zu schneiden, um eine Hinterkante (48) des Rotorblatts (22) zu definieren,

wobei die erste und die zweite Außenfläche (60, 62) ein Profil aufweisen, das konfiguriert ist, um einem aerodynamischen Profil der Blattschale (42) zu entsprechen, und wobei die Verbindungskappe (54) entlang einer Längserstreckung des Rotorblatts (22) segmentiert ist.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Der vorliegende Gegenstand betrifft allgemein Rotorblätter für eine Windkraftanlage und insbesondere eine Hinterkantenverbindungskappe für Rotorblätter einer Windkraftanlage.

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0002] Windenergie wird als eine der saubersten, umweltfreundlichsten Energiequellen, die derzeit verfügbar sind, angesehen, so dass Windkraftanlagen in dieser Hinsicht eine verstärkte Beachtung erfahren haben. Eine moderne Windkraftanlage enthält gewöhnlich einen Turm, einen Generator, eine Gondel und ein oder mehrere Rotorblätter. Die Rotorblätter nehmen unter Ausnutzung bekannter Prinzipien von Rotorblättern bzw. Tragflächenprofilen kinetische Energie des Windes auf. Die Rotorblätter setzen die kinetische Energie in die Form einer Drehenergie um, um eine Welle zu drehen, die die Rotorblätter unmittelbar oder mittelbar mit dem Generator verbindet. Der Generator wandelt anschließend die mechanische Energie in elektrische Energie um, die einem Versorgungsnetz zugeführt werden kann.

[0003] Die typische Konfiguration eines herkömmlichen Rotorblatts enthält allgemein einen Fußabschnitt, eine Blattspitze und eine Blattschale, die sich zwischen dem Fußabschnitt und der Blattspitze erstreckt. Die Blattschale definiert allgemein die aerodynamische Tragflächenprofilgestalt des Rotorblatts und kann aus einem faserverstärkten Material, wie beispielsweise Glasfaser, Kohlenstofffaser oder dergleichen, ausgebildet sein. Außerdem ist die Blattschale gewöhnlich eine zusammengesetzte Konstruktion, die aus gesonderten Schalenkomponenten hergestellt ist, die miteinander verbunden werden. Um die Schalenkomponenten miteinander zu verbinden, wird gewöhnlich eine dicke Klebstoffschicht auf eine oder beide der Schalenkomponenten aufgebracht. Die Schalenkomponenten werden anschließend miteinander in Kontakt gebracht (z. B. indem die Schalenkomponenten übereinander platziert werden), um eine dicke Klebstoffverbindungsline um den Rand der Blattschale (d. h. die Vorder- und die Hinterkante des Rotorblatts) herum zu schaffen.

[0004] Die Verwendung des Klebens, um die Schalenkomponenten der Blattschale miteinander zu verbinden, führt häufig zu deutlichen Leistungseinbußen, insbesondere in Bezug auf die Hinterkante des Rotorblatts. Z. B. ist die Hinterkante aufgrund der Klebstoffschicht grundsätzlich dicker, was zu einer Reduktion des aerodynamischen Wirkungsgrads des Rotorblatts führt. Diese vergrößerte Dicke erzeugt ferner zusätzliche Reintongeräusche während des Betriebs der Windkraftanlage. Außerdem sind freilie-

gende Abschnitte des Klebstoffs häufig für eine im Einsatz auftretende Erosion sehr empfindlich, was zu einer Schwächung der Verbindung zwischen den Schalenelementen führen kann. Ferner ist es häufig sehr schwierig, den Klebstoff in kontrollierten Mengen aufzubringen, was Rotorblätter mit schlechten Toleranzen, variierenden Hinterkantendicken und reduzierten Wirkungsgraden zur Folge hat.

[0005] DE 30 14 347 A1 beschreibt ein schaumkerngestütztes Rotorblatt mit einem Fußabschnitt, einer Blattspitze und einer Blattschale, die sich zwischen dem Fußabschnitt und der Blattspitze erstreckt, wobei die Blattschale ein aerodynamisches Profil und eine erste Schalenkomponente sowie eine zweite Schalenkomponente aufweist. Jede Schalenkomponente ist als Schalenhälfte aus einem Faserverbundwerkstoff laminiert und weist einen Schaumkern auf, der direkt in ihr hergestellt und bearbeitet wird, wobei die beiden vorgefertigten Schalenhälften nach Bearbeitung der Trennebene miteinander verklebt werden. Zur Verstärkung der Hinterkante wird an dieser eine Endkappe angebracht, die ein U-förmiges Querschnittsprofil mit zwei Schenkeln, die jeweils einen Saug- bzw. Druckseitenwandabschnitt an der Hinterkante des Rotorblattes überdecken, und einer die Schenkel verbindenden Basisseite aufweist, die die Hinterkante überdeckt und im Wesentlichen senkrecht zu der Trennebene ausgerichtet ist.

[0006] US 2008/0187442 A1 beschreibt eine Hinterkantenverbindungskappe zur Verwendung bei einem Rotorblatt einer Windkraftanlage, wobei die Hinterkantenverbindungskappe einen Körper aufweist, der konfiguriert ist, um von einer Blattschale des Rotorblatts aus nach außen zu ragen und eine erste Außenfläche sowie eine zweite Außenfläche aufweist. Die erste Außenfläche ist konfiguriert, um die zweite Außenfläche zu schneiden, um eine Hinterkante des Rotorblatts zu definieren. Insbesondere verlaufen die erste und die zweite Außenfläche im montierten Zustand als Verlängerung der Druck- bzw. Saugseite des Rotorblattes konvergierend, um an der Hinterkante zusammenzutreffen. Die Hinterkantenverbindungskappe ist aus einem festen, bearbeitbaren, elektrisch leitfähigen Material, insbesondere Kupfer, Aluminium, Stahl, Zinn oder Titan, ausgebildet und wird durch Kleben an einer Schale eines Rotorblattes befestigt.

[0007] Es besteht weiterhin ein Bedarf nach einer Hinterkantenverbindungskappe zur Verwendung bei einem Rotorblatt einer Windkraftanlage, die zu reduzierten Leistungseinbußen führt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0008] Aspekte und Vorteile der Erfindung sind zum Teil in der folgenden Beschreibung erläutert oder können aus der Beschreibung offensichtlich werden,

oder sie können durch Umsetzung der Erfindung in die Praxis erfahren werden.

[0009] In einem Aspekt offenbart der vorliegende Gegenstand eine Hinterkantenverbindungskappe zur Verwendung bei einem Rotorblatt einer Windkraftanlage. Die Hinterkantenverbindungskappe enthält einen Körper, der konfiguriert ist, um von einer Blattschale des Rotorblatts aus nach außen zu ragen. Der Körper ist aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff erzeugt und enthält eine erste Außenfläche und eine zweite Außenfläche. Die erste Außenfläche ist konfiguriert, um die zweite Außenfläche zu schneiden, um eine Hinterkante des Rotorblatts zu definieren. Außerdem weisen die erste und die zweite Außenfläche ein Profil auf, das konfiguriert ist, um einem aerodynamischen Profil der Blattschale zu entsprechen. Die Verbindungskappe ist entlang einer Längserstreckung des Rotorblatts segmentiert.

[0010] In einem weiteren Aspekt offenbart der vorliegende Gegenstand ein Rotorblatt für eine Windkraftanlage. Das Rotorblatt enthält einen Fußabschnitt, eine Blattspitze und eine Blattschale, die sich zwischen dem Fußabschnitt und der Blattspitze erstreckt. Die Blattschale weist im Wesentlichen ein aerodynamisches Profil auf und enthält eine erste Schalenkomponente sowie eine zweite Schalenkomponente. Außerdem enthält das Rotorblatt eine Hinterkantenverbindungskappe, die teilweise zwischen den hinteren Enden der ersten und der zweiten Schalenkomponente angeordnet ist. Die Hinterkantenverbindungskappe ist in der vorstehend erläuterten Weise, und wie hier nachstehend in größeren Einzelheiten beschrieben, konfiguriert.

[0011] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf die folgende Beschreibung und die beigefügten Ansprüche besser verstanden. Die beigefügten Zeichnungen, die in dieser Offenbarung enthalten sind und einen Teil derselben bilden, veranschaulichen Ausführungsformen der Erfindung und dienen gemeinsam mit der Beschreibung dazu, die Prinzipien der Erfindung zu erläutern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0012] Eine umfassende und eine Umsetzung ermöglichende Offenbarung der vorliegenden Erfindung, einschließlich der besten Ausführungsart von dieser, die sich an einen Fachmann auf dem Gebiet richtet, ist in der Beschreibung gegeben, die auf die beigefügten Figuren Bezug nimmt, in denen zeigen:

[0013] Fig. 1 eine Perspektivansicht einer Windkraftanlage;

[0014] Fig. 2 eine Perspektivansicht eines Rotorblatts einer Windkraftanlage;

[0015] Fig. 3 eine Querschnittsansicht eines Rotorblatts mit einer eingebauten Hinterkantenverbindungskappe gemäß Aspekten des vorliegenden Gegenstands; und

[0016] Fig. 4 eine perspektivische Ausschnittsdarstellung einer Hinterkantenverbindungskappe gemäß Aspekten des vorliegenden Gegenstands.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0017] Es wird nun im Einzelnen auf Ausführungsformen der Erfindung Bezug genommen, von denen ein oder mehrere Beispiele in den Zeichnungen veranschaulicht sind. Jedes Beispiel ist zu Zwecken der Erläuterung der Erfindung und nicht zur Beschränkung der Erfindung vorgesehen. In der Tat wird für Fachleute auf dem Gebiet erkennbar, dass verschiedene Modifikationen und Veränderungen an der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden können, ohne von dem Rahmen oder Umfang der Erfindung abzuweichen. Z. B. können Merkmale, die als ein Teil einer Ausführungsform veranschaulicht oder beschrieben sind, bei einer anderen Ausführungsform verwendet werden, um eine noch weitere Ausführungsform zu ergeben. Somit besteht die Absicht, dass die vorliegende Erfindung derartige Modifikationen und Veränderungen umfasst, sofern sie in dem Umfang der beigefügten Ansprüche und ihrer Äquivalente liegen.

[0018] Allgemein ist der vorliegende Gegenstand auf eine Hinterkantenverbindungskappe zur Verwendung innerhalb eines Rotorblatts einer Windkraftanlage gerichtet. Insbesondere ragt die Hinterkantenverbindungskappe von der Blattschale des Rotorblatts nach außen vor, um die Hinterkante des Rotorblatts zu bilden. Allgemein wird angenommen, dass die Hinterkantenverbindungskappe gemäß dem vorliegenden Gegenstand zahlreiche Vorteile bieten kann. Z. B. kann die Verbindungskappe präzise und genau geformt und/oder maschinell hergestellt werden, so dass sie mit dem aerodynamischen Profil des Rotorblatts übereinstimmt und/oder diesem entspricht. Dies kann einen sanften Übergang zwischen den Seitenschalen und der Verbindungskappe zur Reduktion von Scherkräften, die auf die Hinterkante des Rotorblatts einwirken, sicherstellen. Außerdem kann die Verbindungskappe derart gefertigt werden, dass sie eine scharfe oder spitze Hinterkante erzeugt. Wie allgemein verständlich, kann eine scharfe Hinterkante (z. B. eine Hinterkante mit einer minimalen Dicke oder einer Dicke von nahezu null) beispielsweise durch Erhöhung des Auftriebs-Widerstandsverhältnisses den aerodynamischen Wirkungsgrad des Rotorblatts erhöhen und kann auch die Erzeugung von Reintongeräuschen reduzieren oder eliminieren. Außerdem ist die Verbindungskappe aus einem steifen Material, einem Verbundwerkstoff mit einer Metallmatrix, erzeugt, das die Strukturfestigkeit und Bindefestigkeit

an der Hinterkante verstärkt. Z. B. kann ein steifes Material die Wahrscheinlichkeit einer Wölbung oder Knickung des Rotorblatts an der Hinterkante reduzieren und auch die Kantensteifigkeit vergrößern. Ferner kann durch Erzeugung der Verbindungskappe aus einem Material mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit (z. B. aus einer Aluminiumlegierung) die Verbindungskappe als ein wirksamer Blitzableiter für die Windkraftanlage dienen.

[0019] Bezugnehmend auf die Zeichnungen veranschaulicht **Fig. 1** eine Perspektivansicht einer Windkraftanlage **10**. Wie veranschaulicht, ist die Windkraftanlage **10** eine Windkraftanlage mit horizontaler Achse. Jedoch sollte verstanden werden, dass die Windkraftanlage **10** eine Windkraftanlage mit vertikaler Achse sein kann. In der veranschaulichten Ausführungsform enthält die Windkraftanlage **10** einen Turm **12**, der sich von einer Stützstruktur **14** aus erstreckt, eine Gondel **16**, die an dem Turm **12** montiert ist, und einen Rotor **18**, der mit der Gondel **16** gekoppelt ist. Der Rotor **18** enthält eine drehbare Nabe **20** und wenigstens ein Rotorblatt **22**, das mit der Nabe **20** gekoppelt ist und sich von der Nabe **20** aus nach außen erstreckt. Wie veranschaulicht, enthält der Rotor **18** drei Rotorblätter **22**. Jedoch kann der Rotor **18** in einer alternativen Ausführungsform mehr oder weniger als drei Rotorblätter **22** enthalten. Außerdem ist der Turm **12** in der veranschaulichten Ausführungsform aus Stahlrohr hergestellt, um einen (nicht veranschaulichten) Hohlraum zwischen der Stützfläche **14** und der Gondel **16** zu bilden. Jedoch kann der Turm **12** in einer alternativen Ausführungsform von einer beliebigen geeigneten Bauart eines Turms sein, wie sie in der Technik bekannt ist.

[0020] Die Rotorblätter **22** können allgemein eine beliebige geeignete Länge aufweisen, die der Windkraftanlage **10** ermöglicht, in der hierin beschriebenen Weise zu funktionieren. Z. B. können die Rotorblätter **22** in einer Ausführungsform eine Länge in einem Bereich von etwa 15 Metern (m) bis etwa 91 m aufweisen. Jedoch können andere nicht beschränkende Beispiele von Blattlängen 10 m oder weniger, 20 m, 37 m oder eine Länge, die größer ist als 91 m, umfassen. Außerdem können die Rotorblätter **22** im Abstand um die Nabe **20** herum angeordnet sein, um eine Rotation des Rotors **18** zu unterstützen um zu ermöglichen, dass kinetische Energie von dem Wind in nutzbare mechanische Energie und nachfolgend in elektrische Energie umgesetzt wird. Insbesondere kann die Nabe **20** mit einem (nicht veranschaulichten) elektrischen Generator drehfest gekoppelt sein, der in der Gondel **16** positioniert ist, um die Erzeugung elektrischer Energie zu ermöglichen. Ferner können die Rotorblätter **22** mit der Nabe **20** verbunden werden, indem ein Blattfußabschnitt **26** des Blatts **22** mit der Nabe **20** gekoppelt wird.

[0021] Wie in der veranschaulichten Ausführungsform gezeigt, kann die Windkraftanlage **10** ferner ein innerhalb der Gondel **16** zentralisiertes Turbinensteuersystem oder eine Turbinensteuereinrichtung **36** enthalten. Jedoch sollte erkannt werden, dass die Steuereinrichtung **36** an einer beliebigen Stelle an oder in der Windkraftanlage **10** oder an irgendeiner Stelle auf der Stützfläche **14** oder an irgendeiner anderen geeigneten Stelle angeordnet sein kann. Allgemein kann die Steuereinrichtung **36** konfiguriert sein, um die verschiedenen Betriebsmodi der Windkraftanlage **10** (z. B. Start- oder Abschaltabläufe) zu steuern. Außerdem kann die Steuereinrichtung **36** viele der verschiedenen Komponenten einer Windkraftanlage **10** steuern. Z. B. kann die Steuereinrichtung **36** konfiguriert sein, um bei einer Änderung der Richtung **28** des Windes eine Gierrichtung der Gondel **16** um eine Gierachse **38** herum zu steuern, um die Rotorblätter **22** in Bezug auf die Richtung **28** des Windes zu positionieren. Insbesondere kann die Steuereinrichtung **36** einen (nicht veranschaulichten) Gierantriebsmechanismus der Gondel **16** steuern, um die Gondel **16** um die Gierachse **38** herum zu drehen.

[0022] Indem nun auf **Fig. 2** Bezug genommen wird, ist dort eine Perspektivansicht eines Rotorblatts **22** veranschaulicht. Wie gezeigt, enthält das Rotorblatt **22** einen Fußabschnitt **24**, der verwendet wird, um das Rotorblatt **22** an der Nabe **20** (**Fig. 1**) zu montieren. Das Rotorblatt **22** enthält ferner eine Blattspitze **40**, die auf der entgegengesetzten Seite zu dem Fußabschnitt **24** angeordnet ist. Eine Blattschale **42** erstreckt sich im Wesentlichen entlang einer Mittelachse **44** zwischen dem Fußabschnitt **24** und der Blattspitze **40** und definiert eine Vorderkante **46** und eine Hinterkante **48** des Rotorblatts **22**. In einer Ausführungsform kann die Blattschale **42** des Rotorblatts **22** als eine zweiteilige Konstruktion hergestellt sein, die eine erste Schalenkomponente **50** und eine zweite Schalenkomponente **52** enthält. Es sollte verstanden werden, dass jede Schalenkomponente **50**, **52** allgemein ein im Wesentlichen aerodynamisches Profil definieren kann. Somit bilden die Schalenkomponenten **50**, **52**, wenn sie miteinander verbunden werden, eine Blattschale **42** mit einer aerodynamischen tragflächenprofilförmigen Gestalt, die dem Rotorblatt **22** ermöglicht, unter Ausnutzung bekannter Prinzipien von Tragflächen bzw. Tragflügeln kinetische Energie aus dem Wind aufzunehmen.

[0023] Indem nun auf die **Fig. 3–Fig. 4** Bezug genommen wird, ist dort eine Ausführungsform einer Hinterkantenverbindungskappe **54** sowohl zur Verbindung der Schalenkomponenten **50**, **52** der Blattschale **42** miteinander als auch zur Ausbildung der Hinterkante **48** eines Rotorblatts **22** veranschaulicht. Insbesondere veranschaulicht **Fig. 3** eine Querschnittsansicht eines Rotorblatts **22** mit einer Hinterkantenverbindungskappe **54**, die gemäß Aspekten des vorliegenden Gegenstandes eingebaut ist. **Fig. 4**

veranschaulicht einen Ausschnitt einer Perspektivansicht einer Ausführungsform einer Hinterkantenverbindungskappe **54** gemäß Aspekten des vorliegenden Gegenstands.

[0024] Allgemein kann die Hinterkantenverbindungskappe **54** gemäß dem vorliegenden Gegenstand einen starren Körper **56** aufweisen, der konfiguriert ist, um von der Blattschale **42** des Rotorblatts **22** aus in einer Richtung von dessen Vorderkante **46** weg nach außen zu ragen. Z. B. kann die Verbindungskappe **54**, wie in den **Fig. 3** und **Fig. 4** veranschaulicht, teilweise zwischen den hinteren Enden **58** der ersten und der zweiten Schalenkomponente **50**, **52** angeordnet sein und aus den hinteren Enden **58** nach außen herausragen. Die Verbindungskappe **54** kann sich ferner in Längsrichtung entlang der Längserstreckung des Rotorblatts **22** erstrecken, um die Hinterkante **48** des Blatts **22** zu bilden. Die Verbindungskappe **54** ist in Form von mehreren Teilen ausgebildet, so dass die Verbindungskappe **54** entlang der Längserstreckung des Blatts **22** segmentiert ist. Ferner kann die Quer- oder Sehnenlänge der Hinterkantenverbindungskappe **54** im Wesentlichen in Abhängigkeit von der Konfiguration des Rotorblatts **22** variieren. Jedoch kann in einer Ausführungsform das Verhältnis der Sehnenlänge der Verbindungskappe zu der Sehnenlänge des Rotorblatts (d. h. der Abstand zwischen der Hinterkante **48** und der Vorderkante **46** des Rotorblatts **22**) in etwa 1:20 betragen um sicherzustellen, dass das Blatt **22** Knickstabilität und strukturelle Festigkeit aufweist.

[0025] Außerdem kann die Hinterkantenverbindungskappe **54** in einer Ausführungsform ein Profil aufweisen, das konfiguriert ist, um mit dem aerodynamischen Profil des Rotorblatts **22** übereinzustimmen oder diesem zu entsprechen. Z. B. kann der Körper **56** der Verbindungskappe **54** konfiguriert sein, um im Wesentlichen bündig mit dem Außenprofil der Blattschale **42** angeordnet zu sein, so dass die Verbindungskappe **54** als eine Verlängerung der Tragflächenprofilgestalt des Rotorblatts **22** dient. Insbesondere kann eine erste Außenfläche **60** der Verbindungskappe **54** ein Profil aufweisen, das dem aerodynamischen Profil der ersten Schalenkomponente **50** entspricht. Somit kann zwischen der Verbindungskappe **54** und der ersten Schalenkomponente **50** ein sanfter oder glatter aerodynamischer Übergang vorliegen. In ähnlicher Weise kann eine zweite Außenfläche **62** der Verbindungskappe **54** ein Profil aufweisen, das dem aerodynamischen Profil der zweiten Schalenkomponente **52** entspricht, um einen sanften bzw. glatten aerodynamischen Übergang an der Verbindungsstelle zwischen der zweiten Schalenkomponente **52** und der Hinterkantenverbindungskappe **54** zu schaffen.

[0026] Es sollte verstanden werden, dass die Schnittstelle zwischen der ersten und der zweiten Au-

ßenfläche **60**, **62** der Verbindungskappe **54** im Wesentlichen die Hinterkante **48** des Rotorblatts **22** definieren kann. In einer Ausführungsform kann die Hinterkantenverbindungskappe **54** konfiguriert sein, um eine scharfe oder spitze Hinterkante **54** zu ergeben. Z. B. kann der Körper **56** der Verbindungskappe **54** derart geformt sein, dass an der Schnittstelle zwischen der ersten und der zweiten Außenfläche **60**, **62** eine minimale Dicke vorliegt (z. B. kann sich die Dicke des Körpers **56** an der Schnittstelle der Außenflächen **60**, **62** null annähern). An sich kann das Rotorblatt **22** einen verbesserten aerodynamischen Wirkungsgrad zeigen, indem es beispielsweise ein vergrößertes Auftriebs-Widerstandsverhältnis aufweist. Außerdem kann die Schaffung einer scharfen Hinterkante **54** die Erzeugung von Reintongeräuschen während eines Betriebs der Windkraftanlage **10** reduzieren oder eliminieren.

[0027] Der Körper **56** der Hinterkantenverbindungskappe **54** kann ferner wenigstens eine Verbindungsfläche enthalten, die sich innerhalb des Rotorblattes **22** erstreckt. Allgemein kann die wenigstens eine Verbindungsfläche konfiguriert sein, um die Hinterkantenverbindungskappe **54** an der Blattschale **42** zu sichern. Z. B. kann die wenigstens eine Verbindungsfläche konfiguriert sein, um an der Blattschale **42** befestigt zu werden, um so eine Überlappungsverbindung zwischen der ersten und der zweiten Schalenkomponente **50**, **52** zu bilden. Wie speziell in **Fig. 4** veranschaulicht, kann die Hinterkantenverbindungskappe **54** eine erste Verbindungsfläche **64** und eine zweite Verbindungsfläche **66** enthalten. Jede der Verbindungsflächen **64**, **66** kann konfiguriert sein, um mit den hinteren Enden **58** der ersten und der zweiten Schalenkomponente **50**, **52** verbunden zu sein, um die Verbindungskappe **54** an dem Rotorblatt **22** zu sichern und dadurch die Blattschale **42** zu schließen und die Hinterkante **58** des Rotorblatts **22** zu bilden. In einer Ausführungsform können die Verbindungsflächen **64**, **66** konkav geformt sein, so dass die Enden **68** der Verbindungskappe **54** innerhalb der Blattschale **42** zu den Innenflächen **53** der ersten und der zweiten Schalenkomponente **50**, **52** hin nach außen ragen und sicherzustellen, dass die Verbindungskappe **54** mit der Blattschale **42** richtig verbunden ist. Außerdem sollte für Fachleute auf dem Gebiet erkennbar sein, dass die minimale Länge und/oder der minimale Oberflächenbereich der Verbindungsflächen **64**, **66**, die bzw. der zur Erzielung einer hinreichenden Bindung zwischen den Schalenkomponenten **50**, **52** und der Verbindungskappe **54** benötigt wird, allgemein in Abhängigkeit von z. B. der Blattstruktur und der während des Einsatzes an dem Rotorblatt **22** erwarteten Belastung variieren kann.

[0028] Außerdem sollte erkannt werden, dass die Verbindungsflächen **64**, **66** durch beliebige geeignete Mittel innerhalb der Blattschale **42** angeordnet und an dieser gesichert werden können. In einer spezi-

ellen Ausführungsform kann die Hinterkantenverbindungskappe **54** während der Fertigung der Schalenkomponenten **50**, **52** innerhalb der Blattschale **42** eingebaut werden. Z. B. können die erste und die zweite Schalenkomponente in einer entsprechenden oberen und unteren Form erzeugt werden, so dass, wenn sie ausgehärtet sind, die Schalenkomponenten kombiniert werden können, um die tragflächenprofilartige Gestalt des Rotorblatts **22** zu bilden. Somit kann die Hinterkantenverbindungskappe **54** in einer Ausführungsform entlang der Längserstreckung der Schalenkomponente platziert werden, die in der unteren Form erzeugt wird (z. B. der zweiten Schalenkomponente **52**), und die entsprechende Verbindungsfläche (z. B. die Verbindungsfläche **66**) der Verbindungskappe **54** kann an der Hinterkante **58** einer derartigen Schalenkomponente gesichert werden. Z. B. kann in einer Ausführungsform die entsprechende Verbindungsfläche unter Verwendung eines Hochleistungsklebstoffs an der in der unteren Form erzeugten Schalenkomponente befestigt werden. Nach dem Befestigen der Verbindungskappe **54** an der unteren Schalenkomponente kann jede Schalenkomponente (z. B. die erste und die zweite Schalenkomponente **50**, **52**) unabhängig aushärten gelassen werden. Nach dem Aushärten kann anschließend die obere Form über der unteren Form positioniert werden, um der oberen Schalenkomponente (z. B. der ersten Schalenkomponente **50**) zu ermöglichen, an der Verbindungskappe **54** gesichert zu werden. Z. B. kann ein Hochleistungsklebstoff entlang der entsprechenden Verbindungsfläche (z. B. der Verbindungsfläche **64**) der Verbindungskappe **54** derart platziert werden, dass, wenn die Form über der Verbindungskappe **54** geschlossen wird, die Verbindungskappe **54** zwischen den Schalenkomponenten **50**, **52** des Rotorblatts **22** richtig gesichert wird. Das erzeugte Rotorblatt **22** kann anschließend nachhärten gelassen und beliebigen zusätzlichen Prozessen unterworfen werden, die erforderlich sind, um die Herstellung des Blatts **22** zu vollenden. Es sollte erkannt werden, dass, obwohl die vorstehend beschriebene Ausführungsform einen Hochleistungsklebstoff verwendet, andere Ausführungsformen beliebige sonstige Kleber oder Befestigungsmittel, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, mechanische Befestigungsmittel, verwenden können, um eine Befestigung der Verbindungskappe **54** an dem Rotorblatt **22** zu ermöglichen.

[0029] Allgemein kann die Hinterkantenverbindungskappe **54** aus einem beliebigen steifen Material hergestellt werden, das eine steife Verbindungsstelle zwischen den Schalenkomponenten **50**, **52** ergibt und dadurch die Strukturfestigkeit des Rotorblatts **22** verbessert und die Wahrscheinlichkeit, dass die Schalenkomponenten **50**, **52** während des Betriebs der Windkraftanlage **10** an der Hinterkante **48** ausknicken, reduziert. Der Körper **56** ist aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff hergestellt. Ein Metall-

matrix-Verbundwerkstoff kann im Wesentlichen ein Material mit zwei Bestandteilen aufweisen, von denen einer ein Metall ist und der andere ein Verstärkungsmaterial ist. Z. B. können Monofilstränge, Fasern oder Partikel in einer Metallmatrix eingebettet oder verteilt sein, um die physikalischen Eigenschaften des Metalls zu verändern. Eine derartige Konfiguration ermöglicht Metallmatrix-Verbundwerkstoffen, im Vergleich zu Metallen alleine sehr hohe Festigkeits-Gewichts-Verhältnisse zu haben. Somit kann die Verwendung einer Hinterkantenverbindungskappe **54**, die aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff erzeugt ist, aufgrund der vergrößerten Strukturfestigkeit und Integrität eines Rotorblatts **22** ohne unnötige Gewichtssteigerungen besonders vorteilhaft sein.

[0030] In einer Ausführungsform des vorliegenden Gegenstandes kann der Körper **56** der Hinterkantenverbindungskappe **54** aus einer mit Kohlenstoff- oder Borfasern verstärkten Aluminiumlegierungsmatrix hergestellt sein. Als solche kann die Hinterkantenverbindungskappe **54** sehr leicht sein und eine hohe Festigkeit/Steifigkeit aufweisen, wodurch die Kantensteifigkeit, Erosionsbeständigkeit und Strukturfestigkeit des Rotorblattes **22** verbessert sind, ohne dass sein Gewicht wesentlich vergrößert wird. Eine derartige verbesserte strukturelle Festigkeit kann ein Knicken eines Rotorblatts **22** verhindern, wodurch die Notwendigkeit, einen zusätzlichen Holmgurt/Holmsteg an der Hinterkante **48** vorzusehen, beseitigt ist. Außerdem kann eine Hinterkantenverbindungskappe **54**, die aus einer Aluminiummatrix ausgebildet ist, aufgrund der hohen elektrischen Leitfähigkeit von Aluminium als ein effektives Blitzschutzsystem für die Windkraftanlage **10** dienen. Natürlich sollte verstanden werden, dass verschiedene andere geeignete Metalle und Verstärkungsmaterialien in einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff verwendet werden können, um die Hinterkantenverbindungskappe **54** gemäß dem vorliegenden Gegenstand zu bilden.

[0031] Es sollte ferner verstanden werden, dass die Hinterkantenverbindungskappe **54** allgemein eine vorgefertigte Komponente aufweisen kann. An sich kann der Körper **56** der Verbindungskappe **54** maschinell gefertigt sein, um jedes beliebige erwünschte aerodynamische Profil zu schaffen. Außerdem können geeignete maschinelle Bearbeitungsprozesse verwendet werden, um eine Verbindungskappe **54** mit einer hohen Dimensionsstabilität zu erzeugen, um eine für optimalen aerodynamischen Wirkungsgrad präzise Ausrichtung der Verbindungskappe **54** mit der Blattschale **52** zu erzielen. Die Verbindungskappe **54** kann ferner einem beliebigen geeigneten Endbearbeitungsprozess unterworfen werden, um eine glatte Oberflächenendbeschaffenheit entlang der Außenflächen **60**, **62** des Körpers **56** sicherzustellen. Ferner sollte erkannt werden, dass der Körper **56** der Verbindungskappe **54** hergestellt sein kann, um einen beliebigen geeigneten Querschnitt zu haben. Z.

B. kann die Verbindungskappe **54**, wie in den **Fig. 3** und **Fig. 4** veranschaulicht, einen hohlen Querschnitt aufweisen, oder in einer alternativen Ausführungsform kann die Verbindungskappe **54** einen massiven Querschnitt aufweisen.

[0032] Es sollte erkannt werden, dass **Fig. 3** weitere Komponenten eines Rotorblatts veranschaulicht. Z. B. kann ein Klebstoff oder eine Verbindungskappe **70** an der Vorderkante **46** des Rotorblatts **22**, wie beispielsweise an der vorderkantenseitigen Verbindungsstelle zwischen der ersten und der zweiten Schalenkomponente **50, 52** angeordnet sein. Außerdem kann das Rotorblatt **22** auch ein Paar von Holmstegen **72** enthalten, die zwischen einem oberen und einem unteren Holmgurt **74** positioniert sind. Allgemein können sich der obere und der untere Holmgurt **74** im Wesentlichen entlang der gesamten longitudinalen Längserstreckung jeder Schalenkomponente **50, 52** erstrecken und mit einer Innenfläche der Schalenkomponenten **50, 52** verbunden sein. Ferner können die inneren Holmstege **72** in Längsrichtung zwischen den Schalenkomponenten **50, 52** verlaufen und an die Holmgurte **74** angeklebt sein, um so die strukturelle Festigkeit des Rotorblatts **22** zu verbessern.

[0033] Diese Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschließlich der besten Ausführungsart, zu offenbaren und auch um jedem Fachmann auf dem Gebiet zu ermöglichen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, wozu die Schaffung und Verwendung jeglicher Vorrichtungen oder Systeme und die Durchführung jeglicher enthaltener Verfahren gehören. Der patentierbare Umfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele enthalten, die Fachleuten auf dem Gebiet einfallen. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Schutzzumfang der Ansprüche enthalten sein, wenn sie strukturelle Elemente enthalten, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche unwesentlichen Unterschieden enthalten.

[0034] Es ist eine Hinterkantenverbindungskappe **54** zur Verwendung bei einem Rotorblatt **22** einer Windkraftanlage offenbart.

[0035] Die Hinterkantenverbindungskappe **54** kann einen Körper **56** enthalten, der von einer Blattschale **42** des Rotorblatts **22** nach außen ragt. Der Körper **56** kann eine erste Außenfläche **60** und eine zweite Außenfläche **62** aufweisen. Die erste Außenfläche **60** kann die zweite Außenfläche **62** schneiden, um eine Hinterkante **48** des Rotorblatts **22** zu bilden. Außerdem können die erste und die zweite Außenfläche **60, 62** ein Profil aufweisen, das entsprechend einem aerodynamischen Profil der Blattschale **42** konfiguriert ist.

Bezugszeichenliste

10	Windkraftanlage
12	Turm
14	Stütze
16	Gondel
18	Rotor
20	Nabe
22	Blatt
24	Fußabschnitt des Blattes
28	Windrichtung
36	Steuereinrichtung
38	Mittellinie des Turms
40	Spitze
42	Blattschale
44	Mittelachse
46	Vorderkante
48	Hinterkante
50	erste Schale
52	zweite Schale
53	Innenflächen der Schalen
54	Hinterkantenverbindungskappe
56	Körper
58	hintere Enden
60	erste Außenfläche
62	zweite Außenfläche
64	erste Verbindungsfläche
66	zweite Verbindungsfläche
68	Verbindungskappenenden
70	Vorderkantenkappe
72	Holmstege
74	Holmgurte

Patentansprüche

1. Hinterkantenverbindungskappe (**54**) zur Verwendung bei einem Rotorblatt (**22**) einer Windkraftanlage (**10**), wobei die Hinterkantenverbindungskappe (**54**) aufweist:
 - einen Körper (**56**), der konfiguriert ist, um von einer Blattschale (**42**) des Rotorblatts (**22**) aus nach außen zu ragen, wobei der Körper (**56**) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff ausgebildet ist und eine erste Außenfläche (**60**) sowie eine zweite Außenfläche (**62**) aufweist, wobei die erste Außenfläche (**60**) konfiguriert ist, um die zweite Außenfläche (**62**) zu schneiden, um eine Hinterkante (**48**) des Rotorblatts (**22**) zu definieren, wobei die erste und die zweite Außenfläche (**60, 62**) ein Profil aufweisen, das konfiguriert ist, um einem aerodynamischen Profil der Blattschale (**42**) zu entsprechen, und wobei die Verbindungskappe (**54**) entlang einer Längserstreckung des Rotorblatts (**22**) segmentiert ist.
2. Hinterkantenverbindungskappe (**54**) nach Anspruch 1, wobei der Metallmatrix-Verbundwerkstoff eine mit Kohlenstoff- oder Borfasern verstärkte Aluminiumlegierungsmatrix aufweist.

3. Hinterkantenverbindungskappe (54) nach Anspruch 1, wobei der Metallmatrix-Verbundwerkstoff ein elektrisch leitendes Metall aufweist.

4. Hinterkantenverbindungskappe (54) nach Anspruch 1, wobei der Körper (56) wenigstens eine Verbindungsfläche (64, 66) aufweist, die konfiguriert ist, um an der Blattschale gesichert zu werden.

5. Hinterkantenverbindungskappe (54) nach Anspruch 4, wobei die wenigstens eine Verbindungsfläche (64, 66) eine erste Verbindungsfläche (64) und eine zweite Verbindungsfläche (66) aufweist, wobei die erste und die zweite Verbindungsfläche (64, 66) konfiguriert sind, um sich innerhalb des Rotorblatts (22) zu erstrecken und mit hinteren Enden (58) der Blattschale (42) verbunden zu sein.

6. Hinterkantenverbindungskappe (54) nach Anspruch 5, wobei die erste und die zweite Verbindungsfläche (64, 66) konkav geformt sind.

7. Hinterkantenverbindungskappe (54) nach Anspruch 1, wobei das Profil der ersten Außenfläche (60) konfiguriert ist, um dem aerodynamischen Profil einer ersten Schalenkomponente (50) der Blattschale (42) zu entsprechen, und das Profil der zweiten Außenfläche (62) konfiguriert ist, um dem aerodynamischen Profil einer zweiten Schalenkomponente (52) der Blattschale (42) zu entsprechen.

8. Hinterkantenverbindungskappe (54) nach Anspruch 1, wobei die Schnittstelle zwischen der ersten und der zweiten Außenfläche (60, 62) eine scharfe Hinterkante (48) definiert.

9. Rotorblatt (22) für eine Windkraftanlage (10), wobei das Rotorblatt aufweist:
einen Fußabschnitt (24);
eine Blattspitze (40);
eine Blattschale (42), die sich zwischen dem Fußabschnitt (24) und der Blattspitze (40) erstreckt, wobei die Blattschale (42) ein aerodynamisches Profil aufweist und eine erste Schalenkomponente (50) sowie eine zweite Schalenkomponente (52) aufweist; und
eine Hinterkantenverbindungskappe (54), die teilweise zwischen hinteren Enden (58) der ersten und der zweiten Schalenkomponente (50, 52) angeordnet ist, wobei die Hinterkantenverbindungskappe (54) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff ausgebildet ist und eine erste Außenfläche (60) sowie eine zweite Außenfläche (62) aufweist, wobei die erste Außenfläche (60) die zweite Außenfläche (62) schneidet, um eine Hinterkante (48) des Rotorblatts (22) zu definieren,
wobei die erste und die zweite Außenfläche (60, 62) ein Profil aufweisen, das konfiguriert ist, um dem aerodynamischen Profil der Blattschale (42) zu entsprechen, und wobei die Verbindungskappe (54) entlang

einer Längserstreckung des Rotorblatts (22) segmentiert ist.

10. Rotorblatt (22) nach Anspruch 9, wobei der Metallmatrix-Verbundwerkstoff eine mit Kohlenstoff- oder Borfasern verstärkte Aluminiumlegierungsmatrix aufweist.

11. Rotorblatt (22) nach Anspruch 9, wobei der Metallmatrix-Verbundwerkstoff ein elektrisch leitendes Metall aufweist.

12. Rotorblatt (22) nach Anspruch 9, wobei die Hinterkantenverbindungskappe (54) wenigstens eine an der Blattschale (42) gesicherte Verbindungsfläche (64, 66) aufweist.

13. Rotorblatt (22) nach Anspruch 12, wobei die wenigstens eine Verbindungsfläche (64, 66) eine erste Verbindungsfläche (64) und eine zweite Verbindungsfläche (66) aufweist, wobei die erste und die zweite Verbindungsfläche (64, 66) sich innerhalb des Rotorblatts (22) erstrecken und mit hinteren Enden (58) der ersten und der zweiten Schalenkomponente (50, 52) verbunden sind.

14. Rotorblatt (22) nach Anspruch 13, wobei die erste und die zweite Verbindungsfläche (64, 66) konkav geformt sind.

15. Rotorblatt (22) nach Anspruch 9, wobei das Profil der ersten Außenfläche (60) konfiguriert ist, um dem aerodynamischen Profil der ersten Schalenkomponente (50) zu entsprechen, wobei das Profil der zweiten Außenfläche (62) konfiguriert ist, um dem aerodynamischen Profil der zweiten Schalenkomponente (52) zu entsprechen.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

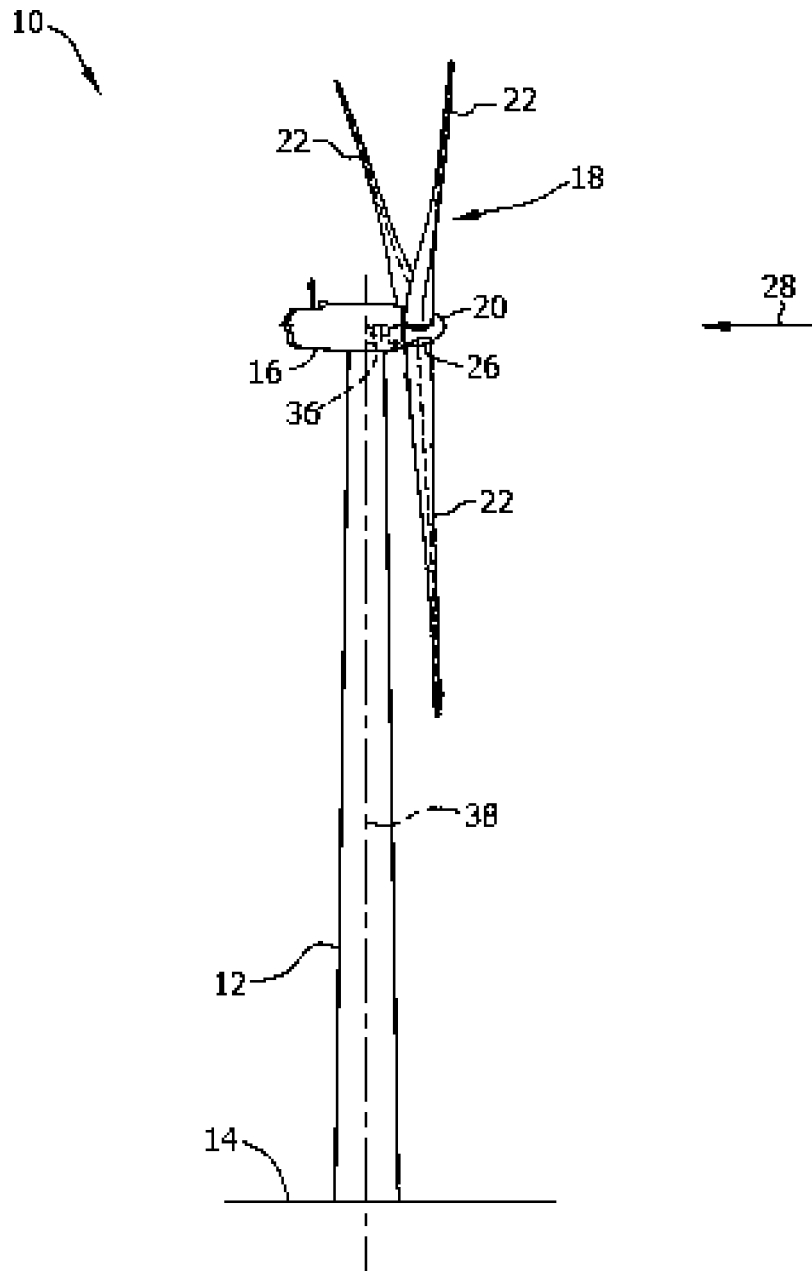


FIG. 1

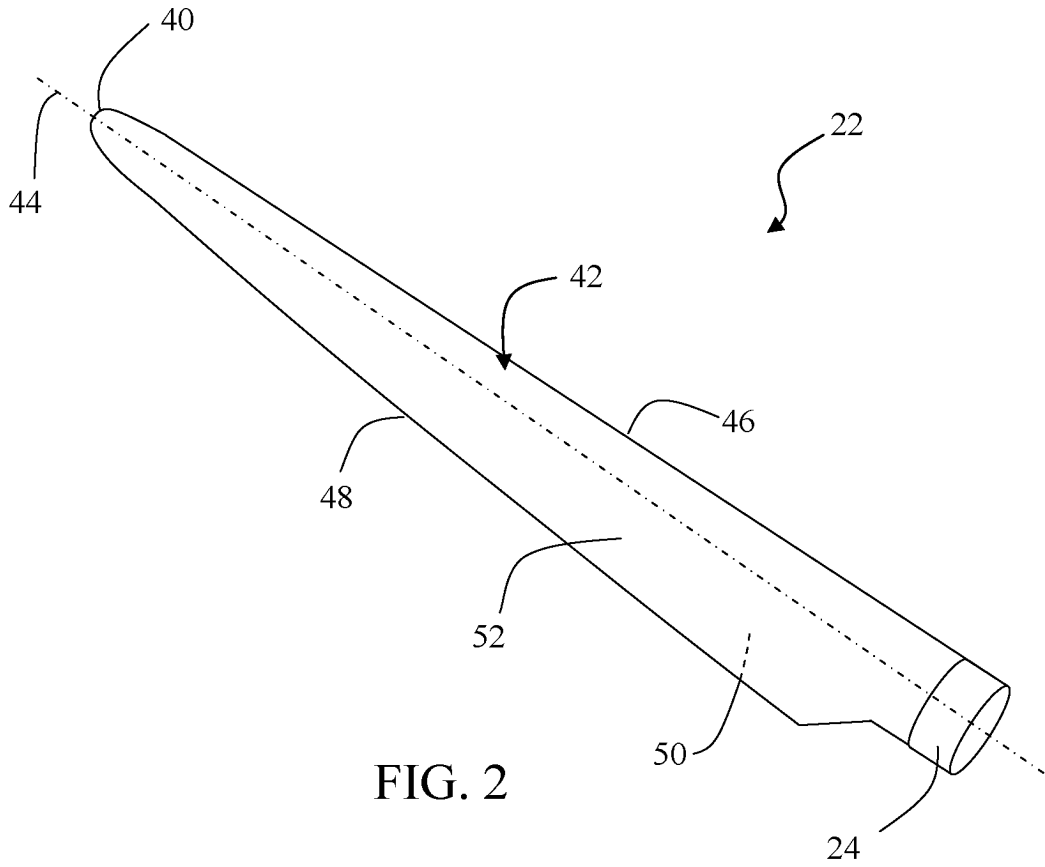


FIG. 2

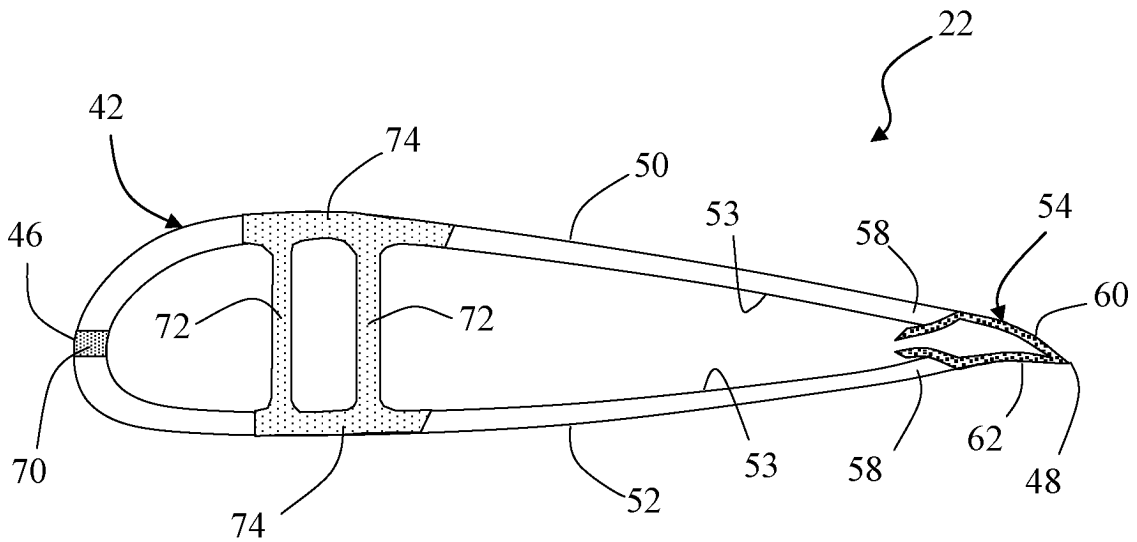


FIG. 3

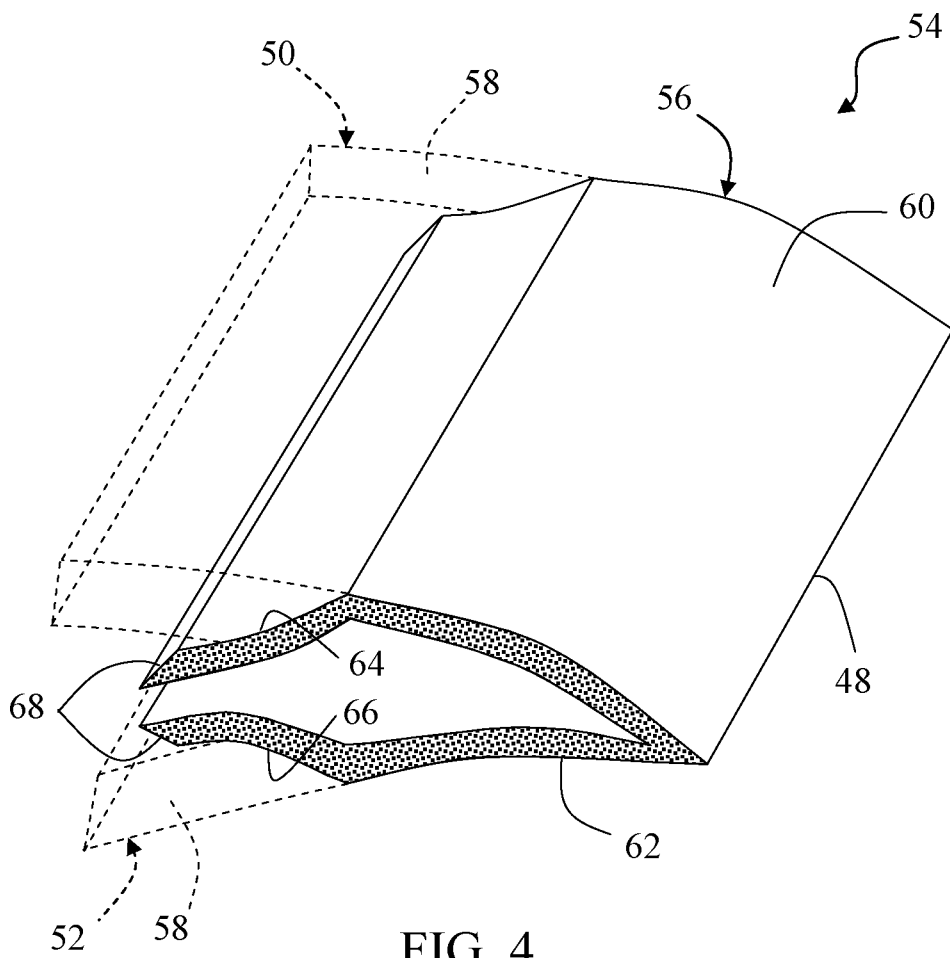


FIG. 4