

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Januar 2011 (20.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/006563 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F03D 1/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/003585

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Juni 2010 (15.06.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 033 164.6 13. Juli 2009 (13.07.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **REPOWER SYSTEMS AG** [DE/DE]; Überseering 10, 22297 Hamburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KULENKAMPFF, Jens** [DE/DE]; Knooper Weg 44, 24103 Kiel (DE). **WEEGEN, Claus** [DE/DE]; Friedrich-Bornatz-Str. 54, 26441 Jever (DE). **KONTIS, Mario** [DE/DE]; Jungmannstr. 26, 24105 Kiel (DE).

(74) Anwalt: **SEEMANN, Ralph**; Seeman & Partner, Ballindamm 3, 20095 Hamburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: ROTOR BLADE OF A WIND POWER INSTALLATION AND METHOD OF FABRICATING A ROTOR BLADE OF A WIND POWER INSTALLATION

(54) Bezeichnung : ROTORBLATT EINER WINDENERGIEANLAGE SOWIE VERFAHREN ZUM FERTIGEN EINES ROTORBLATTES EINER WINDENERGIEANLAGE

(57) Abstract: The invention relates to a rotor blade (10) of a wind power installation, the rotor blade (10) having a longitudinal extent (11) which extends from a rotor blade root (12) substantially as far as a rotor blade tip (13), there being provided, at least in one region of the rotor blade (10), an aerodynamic cross-sectional profile (15) which has a profile leading edge (16) (nose) and a profile trailing edge (17) which are connected via a suction side (18) and a pressure side (19) of the cross-sectional profile (15). The invention relates further to a method for producing a corresponding rotor blade (20). The rotor blade according to the invention is distinguished by the fact that, at least in a longitudinally extended section (20), the rotor blade (10) is subdivided into a front rotor blade section (21) having the profile leading edge (16) and a rear rotor blade section (22) having the profile trailing edge (17), wherein the rear region (23) of the front rotor blade section (21) and the adjacent leading region (24) of the rear rotor blade section (22) are connected by an I beam (25). The method according to the invention is distinguished by the following method steps: - Providing at least two rotor blade sections (21, 22) fabricated and divided in the longitudinal direction (11) of the rotor blade (10), wherein the division is arranged between the profile leading edge (16) and the profile trailing edge (17), - applying or introducing a first web part (26) extending substantially from the pressure side (19) to the suction side (18) into a first divided rotor blade section (21), and a second web part (27) extending substantially from the pressure side (19) to the suction side (18) into a second divided rotor blade section (22), and - adhesively bonding the first web part (26) to the second web part (27), so that a double web (47) is formed.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Rotorblatt (10) einer Windenergieanlage, wobei das Rotorblatt (10) eine Längserstreckung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/006563 A2



(11) aufweist, die sich von einer Rotorblattwurzel (12) im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze (13) erstreckt, wobei wenigstens in einem Bereich des Rotorblatts (10) ein aerodynamisches Querschnittsprofil (15) vorgesehen ist, das eine Profilvorderkante (16) (Nase) und eine Profilhinterkante (17) aufweist, die über eine Saugseite (18) und eine Druckseite (19) des Querschnittsprofils (15) verbunden sind. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines entsprechenden Rotorblatts (20). Das erfindungsgemäße Rotorblatt zeichnet sich dadurch aus, dass das Rotorblatt (10) wenigstens in einem längererstreckten Abschnitt (20) in einen vorderen Rotorblattabschnitt (21) mit der Profilvorderkante (16) und einen hinteren Rotorblattabschnitt (22) mit der Profilhinterkante (17) unterteilt ist, wobei der hintere Bereich (23) des vorderen Rotorblattabschnitts (21) und der angrenzende Vorderbereich (24) des hinteren Rotorblattabschnitts (22) durch einen I-Träger (25) verbunden sind. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch die folgenden Verfahrensschritte aus: - Vorsehen wenigstens zweier in Längsrichtung (11) des Rotorblatts (10) gefertigter und geteilter Rotorblattabschnitte (21, 22), wobei die Teilung zwischen der Profilvorderkante (16) und der Profilhinterkante (17) angeordnet ist, - Auf- oder Einbringen eines sich im Wesentlichen von der Druckseite (19) zu der Saugseite (18) erstreckenden ersten Stegteils (26) in einen ersten geteilten Rotorblattabschnitt (21) und eines zweiten sich im Wesentlichen von der Druckseite (19) zu der Saugseite (18) erstreckenden Stegteils (27) in einen zweiten geteilten Rotorblattabschnitt (22) und - Verkleben des ersten Stegteils (26) mit dem zweiten Stegteil (27), so dass sich ein Doppelsteg (47) bildet.

5

10

Rotorblatt einer Windenergieanlage sowie Verfahren zum Fertigen eines Rotorblattes einer Windenergieanlage

15

Beschreibung

20

Die Erfindung betrifft ein Rotorblatt einer Windenergieanlage, wobei das Rotorblatt eine Längserstreckung aufweist, die sich von einer Rotorblattwurzel im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze erstreckt, wobei wenigstens in einem Bereich des Rotorblatts ein aerodynamisches Querschnittsprofil vorgesehen ist, das eine Profilverdickerkante (Nase) und eine Profilhinterkante aufweist, die über eine Saugseite und eine Druckseite des Querschnittsprofils verbunden sind.

25

30

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Fertigen eines entsprechenden Rotorblatts. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Gurtpaares eines Rotorblatts und eine Fertigungsform für die Herstellung eines Gurtpaares zur Verwendung in einem Rotorblatt.

Üblicherweise werden Rotorblätter für Windenergieanlagen in zwei

Schalen gebaut, nämlich einer Schale auf der Saugseite des Rotorblatts und einer Schale auf der Druckseite des Rotorblatts und miteinander verklebt. Zwischen den Schalen befinden sich meistens zwei Stege oder Holme, die auf den Gurt für die Saugseite und den Gurt für die Druckseite geklebt werden und für Beulsicherheit im Blatt sorgen. Die Gurte sorgen insbesondere für eine Verwindungs- oder Biegesteifigkeit des Rotorblatts und stellen in Kombination mit den Stegen bzw. Holmen die Tragstruktur des Rotorblatts dar.

Insbesondere bei großen Rotorblättern ist die Herstellung der Rotorblätter zeitaufwändig und kostspielig. Aus diesem Grund werden derartige große Rotorblätter in mehreren Teilen als nur zwei Schalen hergestellt und dann verklebt. Hierdurch werden die Einzelteile kleiner, wodurch sich die Fertigungszeit und die Kosten durch mögliche Fertigungsfehler reduzieren. Hierzu wird beispielsweise auf die DE 31 13 079 A1 und die EP 1 965 074 A2 verwiesen.

Außerdem wird noch auf die WO 03/093672 A1 verwiesen, die ein Rotorblatt für Windenergieanlagen mit einer Schale offenbart, deren Profilquerschnitt gegen Biegung in Schlagrichtung durch sich in Bezug auf die Profillehne des Rotorblattes paarweise gegenüberliegend vorgesehene Gurte und durch Stege zwischen diesen versteift ist, wobei die Gurte aus in Längsrichtung faserverstärktem Kunststoff bestehen und in Längsrichtung einen glasfaser- und einen karbonfaserverstärkten Abschnitt aufweisen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein einfach und präzise als auch kostengünstig zu fertigendes Rotorblatt, ein entsprechendes Verfahren zum Fertigen dieses Rotorblatts sowie ein effizientes Verfahren zur Herstellung eines Gurtpaares und eine entsprechende Fertigungsform für die Herstellung eines Gurtpaares zur Verwendung in einem entsprechenden Rotorblatt anzugeben.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Rotorblatt einer Windenergieanlage, wobei das Rotorblatt eine Längserstreckung aufweist, die sich von einer Rotorblattwurzel im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze erstreckt, wobei wenigstens in einem Bereich des Rotorblatts ein aerodynamisches Querschnittsprofil vorgesehen ist, das eine Profilvorderkante (Nase) und eine Profilhinterkante aufweist, die über eine Saugseite und eine Druckseite des Querschnittsprofils verbunden sind, das dadurch weitergebildet ist, dass das Rotorblatt wenigstens in einem längserstreckten Abschnitt in einen vorderen Rotorblattabschnitt mit der Profilvorderkante und einen hinteren Rotorblattabschnitt mit der Profilhinterkante unterteilt ist, wobei der hintere Bereich des vorderen Rotorblattabschnitts und der angrenzende Vorderbereich des hinteren Rotorblattabschnitts durch einen I-Träger verbunden sind.

Durch Vorsehen eines I-Trägers, der im Rahmen der Erfindung insbesondere auch als Doppel-T-Träger bezeichnet werden kann, ist eine sehr effiziente und kostengünstige Herstellung eines entsprechenden Rotorblatts möglich. Hierbei kann das Rotorblatt in zwei Hälften vorgefertigt sein und die Verbindung, insbesondere Verklebung von aneinandergrenzenden Stegen, die sich von einer Saugseite zu einer Druckseite erstrecken und die insbesondere mit jeweiligen Gurten zu einem I-Träger verbunden sind, zu einer hohen Stabilität beitragen. Hierbei ist überraschenderweise festgestellt worden, dass ein Bauteil, das zur Stabilisierung bzw. Festigkeit des Rotorblatts beiträgt und als wesentlicher Bestandteil tragende Funktion hat, zunächst in der Fertigung des Rotorblatts geteilt sein kann und durch entsprechende Verbindung der Teile der tragenden Struktur, insbesondere Verklebung, eine immer noch ausreichende Stabilität bzw. vorzugsweise sogar eine erhöhte Stabilität erzeugt wird.

Die Längserstreckung, die sich von einer Rotorblattwurzel im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze erstreckt, bedeutet insbesondere, dass die Längserstreckung nicht notwendigerweise genau zur Rotorblattspitze vorliegen muss; sie kann auch in einem Winkel versetzt angeordnet sein, so dass die Längserstreckung von der Rotorblattwurzel in einem Winkel zu einer Längserstreckung, die zur Rotorblattspitze ginge, liegt. Der Winkel kann hierbei beispielsweise zwischen -5° und 5° liegen. Der Winkel kann auch so groß sein, dass bei einer Rotorblattfertigung, bei der eine vorgefertigte Rotorblattspitze mit einer Erstreckung in Längsrichtung von bis zu 5 m an das restliche Teilblatt angebracht wird, beispielsweise die Längserstreckung zur Hinterkante oder Vorderkante an der Nahtstelle zur Fügekante des Teilblattes zur Rotorblattspitze liegen kann. Besonders bevorzugt ist, wenn in Längserstreckung von der Rotorblattwurzel zur Rotorblattspitze eine Verschiebung zur Vorderkante oder Hinterkante des Rotorblatts von 200 mm bis 300 mm von der Rotorblattspitze vorgesehen ist, so dass sich ein entsprechender Winkel der Längserstreckung zu einer gedachten Längserstreckung von der Rotorblattwurzel zur Rotorblattspitze ergibt.

Vorzugsweise weist der I -Träger einen Steg auf, der sich innerhalb des Rotorblatts von der Druckseite zur Saugseite erstreckt und außerdem einen Gurt an der Druckseite sowie einen Gurt an der Saugseite. Der Gurt ist hierbei vorzugsweise innerhalb des Rotorblatts eingebracht und mit einer außen liegenden Verschalung verbunden.

Vorzugsweise umfasst der Steg Stegfüße, die mit dem Steg eine Form einer eckigen Klammer oder eine Form eines Z ausbilden.

Eine besonders einfache und effiziente Fertigung ist gegeben, wenn der I-Träger in Längserstreckung geteilt ist. Vorzugsweise sind die I-Trägartteile miteinander verbunden, insbesondere verklebt. Vorzugsweise weist der I-Träger I-Trägartteile auf, die einen Steg umfassen, wobei der I-Träger in Längserstreckung und flächig, insbesondere in einer Ebene, die durch den Steg definiert ist, geteilt ist. Der Steg ist hierbei ein im Wesentlichen flächiges Bauelement, wobei die Ebene der Teilung mitten durch den Steg hindurchgeht, und zwar im Wesentlichen parallel zu den Seitenflächen des Stegs. Durch die Verklebung, die insbesondere auch unter Zuhilfenahme von Glasfasern geschehen kann und beispielsweise mit einer Kunststofftechnik unter Verwendung wenigstens eines Harzes und wenigstens einer Faserlage, insbesondere Glasfasern und/oder Kohlefasern und/oder Aramidfasern geschieht, kann ein Verkleben, beispielsweise mit einer Spritz-Press-Technik, einer Infusionstechnik oder eine vakuumunterstützten Infusionstechnik geschehen.

Wenn vorzugsweise zur Saugseite und zur Druckseite hin jeweils zwei Gurte den I-Träger abschließen, die einen Abstand voneinander aufweisen, der kleiner als die Erstreckung der Gurte in Richtung von der Profilvorderkante zur Profilhinterkante des Rotorblatts ist, ist eine besonders stabile Bauweise des Rotorblatts möglich.

Vorzugsweise werden die beabstandeten Gurte auf der Saugseite und/oder auf der Druckseite durch Verklebung mit jeweils einem Stegfuß des Steges verbunden. Der Stegfuß hat dann eine entsprechende Erstreckung in Sehnenrichtung zwischen Profilvorderkante und Profilhinterkante bzw. eine annähernd tangentielle Erstreckung zu dem Profil im Bereich des Stegs, die eine ausreichende feste bzw. stabile Verbindung der Gurte sowohl auf der Druckseite als auch auf der Saugseite ermöglichen.

Vorzugsweise ist das Rotorblatt insbesondere während der Herstellung zusätzlich an der Profilvorderkante und/oder der Profilhinterkante geteilt. Hierdurch ergibt sich eine noch einfachere und genauere Fertigungsmöglichkeit des Rotorblatts. Zu einem entsprechenden Fertigungsverfahren und einer entsprechenden Fertigungsform, die dieses ermöglicht, wird vollumfänglich auf die Patentanmeldung der Patentanmelderin vom 12.08.2008 mit dem Titel „Verfahren und Fertigungsform zur Fertigung eines Rotorblatts für eine Windenergieanlage“, mit dem Aktenzeichen DE 10 2008 038 620.0 verwiesen.

Eine weitere Lösung der Aufgabe ist ein Rotorblatt einer Windenergieanlage, wobei das Rotorblatt eine Längserstreckung aufweist, die sich von einer Rotorblattwurzel im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze erstreckt, wobei wenigstens in einem Bereich des Rotorblatts ein aerodynamisches Querschnittsprofil vorgesehen ist, das eine Profilvorderkante (Nase) und eine Profilhinterkante aufweist, die über eine Saugseite und eine Druckseite des Querschnittsprofils verbunden sind, das dadurch weitergebildet ist, dass ein in Längserstreckung des Rotorblatts geteilter Gurt vorgesehen ist, dessen Gurtteile einen Abstand zueinander haben, der kleiner als die Erstreckung eines Gurtteils in Richtung von der Profilvorderkante zu der Profilhinterkante ist. Der Abstand der Gurte in Sehnenrichtung des Profils ist somit kleiner als die Breite eines Gurtteils ist.

Der geteilte Gurt hat hierbei im Wesentlichen die Kontur des Rotorblatts in dem Bereich, in dem der Gurt im Rotorblatt angeordnet ist, d.h., der geteilte Gurt ist entsprechend in längsaxialer Richtung gekrümmt und verwunden, wobei die Verwindung insbesondere eine Art Verwindung um die Längsachse bzw. um die Längserstreckung darstellt und die Krümmung insbesondere eine Art Verbiegung des

Rotorblatts zur Längsachse ist. Der geteilte Gurt ist somit entsprechend vorzugsweise „geflext“ und „getwistet“.

Die Teilung des Gurts ist insbesondere so zu verstehen, dass von
5 der Rotorblattvorderkante zur Rotorblatthinterkante eine entsprechende Beabstandung vorgesehen ist. Alternativ kann der geteilte Gurt auch als zwei nebeneinander angeordnete Gurte verstanden werden, deren Abstand vergleichsweise gering ist. Bei dem geteilten Gurt kann es sich somit auch um zwei nebeneinander angeord-
10 nete Gurte handeln, die insbesondere so ausgestaltet sind, dass diese die Belastung eines normalerweise verwendeten einzelnen Gurtes aushalten. Durch Verwendung eines geteilten Gurts bzw. von zwei nebeneinander angeordneten Gurten ist die Fertigungsge-
15 nauigkeit von Rotorblättern, die in Längserstreckung aus zwei Teilen bzw. Rotorblattabschnitten bestehen bzw. diese umfassen, besonders hoch.

Vorzugsweise ist der Abstand weniger als $\frac{1}{2}$, insbesondere vorzugsweise weniger als $\frac{1}{4}$ der Erstreckung eines Gurtteils bzw. eines
20 Gurtes in Richtung von der Profilvorderkante zur Profilhinterkante des Rotorblatts. Der geteilte Gurt ist vorzugsweise im Wesentlichen über die gesamte Längserstreckung des Rotorblatts vorgesehen.

Vorzugsweise ist mit den Gurtteilen ein Steg verbunden, insbesondere
25 geklebt, der sich von der Saugseite zur Druckseite des Rotorblatts erstreckt, so dass der Steg mit den Gurtteilen einen I-Träger bildet. Hierdurch ist ein besonders stabiles Rotorblatt möglich.

Die Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren zum Fertigen eines Ro-
30 torblatts einer Windenergieanlage gelöst, wobei das gefertigte Rotorblatt in seiner Längserstreckung die sich von einer Rotorblattwur-

zel im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze erstreckt, wenigstens einen Bereich aufweist, in der das Rotorblatt ein aerodynamisches Querschnittsprofil aufweist, das eine Profilvorderkante (Nase) und eine Profilhinterkante aufweist, die über eine Saugseite und eine Druckseite des Querschnittsprofils verbunden sind, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- Vorsehen wenigstens zweier in Längsrichtung des Rotorblatts gefertigter und geteilter Rotorblattabschnitte, wobei die Teilung zwischen der Profilvorderkante und der Profilhinterkante angeordnet ist,
- Auf- oder Einbringen eines sich im Wesentlichen von der Druckseite zu der Saugseite erstreckenden ersten Stegteils in einen ersten geteilten Rotorblattabschnitt und eines zweiten sich im Wesentlichen von der Druckseite zu der Saugseite erstreckenden Stegteils in einen zweiten geteilten Rotorblattabschnitt und
- Verbinden, insbesondere Verkleben, des ersten Stegteils mit dem zweiten Stegteil, so dass sich ein Doppelsteg bildet.

Durch Herstellen eines Doppelstegs wird die Stabilität des Stegs schon erhöht. Das Auf- oder Einbringen eines sich im Wesentlichen von der Druckseite zur Saugseite erstreckenden ersten Stegteils in einen ersten geteilten Rotorblattabschnitt und einen zweiten sich im Wesentlichen von der Druckseite zur Saugseite erstreckenden Stegteils in einen zweiten geteilten Rotorblattabschnitt beinhaltet das Auf- oder Einbringen dieser jeweiligen Stegteile ins Innere der Rotorblattabschnitte, so dass diese an die Innenwandung der Rotorblattabschnitte bzw. eines dort angeordneten Gurtes angebracht

werden. Unter Auf- oder Einbringen wird auch Anbringen verstanden.

Vorzugsweise umfasst das Auf- oder Einbringen des ersten und des zweiten Stegteils ein Verbinden, insbesondere Ankleben, des ersten und zweiten Stegteils an jeweils einen Gurt an der Druckseite und einen Gurt an der Saugseite je Rotorblattabschnitt.

Durch das Verbinden, insbesondere Verkleben, des ersten, insbesondere eckige Klammer förmigen, Stegteils mit dem zweiten, insbesondere eckige Klammer förmigen, Stegteil bildet sich vorzugsweise ein I-Träger, umfassend wenigstens vier Gurte und einen Doppelsteg. Hierdurch ist es besonders einfach, die beiden Rotorblattabschnitte miteinander zu verbinden, so dass sich eine sehr stabile Struktur ergibt.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Fertigen eines Rotorblatts einer Windenergieanlage vorgesehen, wobei das gefertigte Rotorblatt in seiner Längserstreckung, die sich von einer Rotorblattwurzel im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze erstreckt, wenigstens einen Bereich aufweist, in der das Rotorblatt ein aerodynamisches Querschnittsprofil aufweist, das eine Profilvorderkante (Nase) und eine Profilhinterkante aufweist, die über eine Saugseite und eine Druckseite des Querschnittsprofils verbunden sind, wobei die folgenden Verfahrensschritte vorgesehen sind:

- Vorsehen wenigstens zweier in Längsrichtung des Rotorblatts gefertigter und geteilter Rotorblattabschnitte, wobei die Teilung zwischen der Profilvorderkante und der Profilhinterkante angeordnet ist,

- Auf- oder Einbringen eines sich im Wesentlichen von der Druckseite zu der Saugseite erstreckenden Stegs, der wenigstens zwei Stegfüße aufweist, in einen ersten geteilten Rotorblattabschnitt, so dass ein Teil der Stegfüße aus dem Rotorblattabschnitt herausragt,
- Verbinden, insbesondere Verkleben der herausragenden Teile der Stegfüße mit einem zweiten geteilten Rotorblattabschnitt.

5

10

Vorzugsweise bildet sich durch das Verbinden, insbesondere Verkleben des Stegs mit den Rotorblattabschnitten ein I-Träger, umfassend vier Gurte und den Steg. Unter dem Begriff Auf- oder Einbringung kann auch ein Anbringen zu verstehen sein.

15

Bei der Herstellung des Rotorblatts können vorzugsweise ein Rotorblattspitzenbereich und/oder eine Rotorblattwurzel als vorgefertigter Einsatz vorgesehen sein, die jeweils in Längserstreckung nicht notwendigerweise geteilt sein müssen. Die Längserstreckung dieser vorgefertigten Einsatzteile kann sich von wenigen Zentimetern bis zu 5 m erstrecken.

20

25

Vorzugsweise werden zum Vorsehen von zwei in Längserstreckung des Rotorblatts gefertigter und geteilter Rotorblattabschnitte wenigstens bei einem Rotorblattabschnitt ein Saugseitenabschnitt und ein Druckseitenabschnitt miteinander verbunden, insbesondere verklebt.

30

Vorzugsweise bilden die beiden Rotorblattabschnitte einen Nasenkasten und/oder einen Endkasten eines Rotorblatts.

Vorzugsweise wird zum Vorsehen von zwei in Längserstreckung des

Rotorblatts gefertigter und geteilter Rotorblattabschnitte jeweils ein Gurt mit einer Saugseite und einer Druckseite jedes Rotorblattabschnitts verbunden, insbesondere verklebt.

5 Das erfindungsgemäße Verfahren und die Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden vorzugsweise in einer dafür vorgesehenen Fügevorrichtung durchgeführt, die ausgebildet ist, um mit entsprechenden Haltevorrichtungen die Rotorblattabschnitte bzw. Saugseitenabschnitte und Druckseitenabschnitte als auch Ste-
10 ge und ähnliches zu halten. Alternativ können diese Komponenten auch wenigstens zum Teil noch in einer Fertigungsform angeordnet bzw. gehalten sein. Eine entsprechende Fertigungsform ist in der oben genannten deutschen Patentanmeldung DE 10 2008 038 620.0 offenbart.

15 Die Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren zum Herstellen eines Gurtpaares eines Rotorblatts einer Windenergieanlage, insbesondere zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Rotorblatts gelöst, wobei das Gurtpaar in einer Fertigungsform hergestellt wird, die die
20 Kontur des Rotorblattes im Bereich des Gurtpaares aufweist und sich wenigstens über die Länge eines Abschnitts des Rotorblatts, insbesondere in Längserstreckung, erstreckt.

Hierdurch ist es möglich, sehr präzise ein Gurtpaar zur Verwendung
25 in einem Rotorblatt herzustellen, das zum einen auf der Saugseite und/oder auf der Druckseite des Rotorblatts angeordnet ist und insbesondere dazu dient, Schalensegmente bzw. Rotorblattabschnitte oder Saugseiten- und Druckseitenabschnitte mit dem Gurtpaar zu verbinden, so dass eine sehr genaue Fertigung eines damit gefertigten Rotorblattes möglich ist. Insbesondere kann beim Einhalten ei-
30 nes vorzugsweise konstanten Abstandes zwischen dem Gurtpaar über die Länge des Abschnitts, insbesondere des aerodynamischen

Bereichs, des Rotorblatts und vorzugsweise von der Blattwurzel bis zur Blattspitze oder im Wesentlichen von der Blattwurzel bis im Wesentlichen zur Blattspitze eine sehr hohe Fügegenauigkeit bzw. Verbindungsgenauigkeit gegeben sein.

5

Vorzugsweise erstreckt sich der Abschnitt von einem Bereich in der Nähe der Rotorblattwurzel bis zur Rotorblattspitze oder bis zu einem Abschnittsende des Rotorblatts in der Nähe der Rotorblattspitze. Hierbei ist insbesondere in der letzten Variante mit der Erstreckung bis zu einem Abschnittsende des Rotorblatts in der Nähe der Rotorblattspitze eine Fertigung des Rotorblatts vorgesehen, bei dem eine vorgefertigte Rotorblattspitze an einem längserstreckt geteilten Rotorblattabschnitt angebracht wird. Hierzu ist dann das Gurtpaar entsprechend der Abschnittslänge der geteilten Rotorblattabschnitte, und zwar in Längserstreckung geteilter Rotorblattabschnitte angepasst. Der vorgefertigte Rotorblattspitzenabschnitt bzw. die vorgefertigte Rotorblattspitze kann hierbei eine Länge von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern, insbesondere von bis zu 5 m aufweisen.

20

Vorzugsweise ist ein Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg, in der Fertigungsform vorgesehen, der entweder einstückig mit der Fertigungsform als Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg, ausgebildet ist oder als ein herausnehmbarer Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg, ausgebildet ist. Hierdurch kann sehr genau ein konstanter Abstand zwischen den Gurtpaaren erzielt werden. Im Rahmen der Erfindung beinhaltet der Begriff „Gurtpaar“ auch zwei Gurte, die nebeneinander in einer Fertigungsform hergestellt werden oder auch den Begriff „in längsaxialer Richtung bzw. Längserstreckung des Rotorblatts geteilter Gurt“.

30

Die Aufgabe wird schließlich durch eine Fertigungsform für die Her-

stellung eines Gurtpaares eines Rotorblatts einer Windenergieanlage, insbesondere zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Rotorblatt dadurch gelöst, dass die Fertigungsform die Kontur des Rotorblatts im Bereich des Gurtpaares auf der Saugseite oder der Druckseite des Rotorblatts aufweist und sich wenigstens über die Länge eines Abschnitts, insbesondere des aerodynamischen Bereichs, des Rotorblatts erstreckt.

Vorzugsweise weist die Fertigungsform einen Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg, auf, der entweder einstückig mit der Fertigungsform ist oder als ein herausnehmbarer Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg, ausgebildet ist. Vorzugsweise ist für den herausnehmbaren Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg, eine Aussparung vorgesehen. Dieses vereinfacht die Herstellung des Gurtpaares.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens exemplarisch beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Figuren verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Rotorblatts einer Windenergieanlage,

Fig. 2 eine schematische Darstellung von entsprechenden Komponenten eines Rotorblatts in entsprechenden Fügevorrichtungen in einem ersten Schritt der Fertigung des Rotorblatts,

Fig. 3 eine schematische Darstellung mit im Vergleich zu Fig. 2 fortgeschrittenem Zustand der Fertigung eines Rotorblatts,

Fig. 4 eine schematische Darstellung mit im Vergleich zu Fig. 3 fortgeschrittenen Zustand der Rotorblattfertigung,

5 Fig. 5 eine schematische Darstellung eines im Vergleich zu Fig. 4 fortgeschrittenen Zustands der Rotorblattfertigung,

10 Fig. 6 eine Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Fertigungsform für die Herstellung eines Gurtpaares,

Fig. 7 eine schematische Schnittdarstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Herstellungsform für die Herstellung eines Gurtpaares,

15 Fig. 8 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Rotorblatts einer Windenergieanlage,

20 Fig. 9 eine schematische Darstellung der Fertigung eines Rotorblatts in einem fortgeschrittenen Zustand,

Fig. 10 eine schematische Schnittdarstellung eines Teils eines gefertigten erfindungsgemäßen Rotorblatts,

25 Fig. 11 eine schematische Schnittdarstellung eines Teils eines gefertigten erfindungsgemäßen Rotorblatts,

30 In den folgenden Figuren sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente bzw. entsprechende Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer entsprechenden erneuten Vorstellung abgesehen wird.

Fig. 1 zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes Rotorblatt 10, das eine Längserstreckung 11 von einer Rotorblattwurzel 12 zu einer Rotorblattspitze 13 aufweist. Im Rotorblatt 10 ist ein Querschnittsprofil 15 dargestellt, das aerodynamisch aktiv ist und eine Saugseite 18 sowie eine Druckseite 19 aufweist. Das aerodynamische Querschnittsprofil 15 weist ferner eine Profilverkante 16 (Nase) und eine Profilhinterkante 17 auf.

Ferner ist ein Gurtpaar bestehend aus den Gurten 28 und 29 schematisch dargestellt, die einen Abstand 50 voneinander aufweisen und beispielsweise auf der Saugseite 18 angeordnet sind. Die Gurte 28 und 29 sind im Abschnitt 20 vorgesehen, d.h. in diesem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 von der Blattwurzel 12 bis zur Rotorblattspitze 13. Nicht dargestellt ist ein entsprechendes Gurtpaar bestehend aus den Gurten 30 und 31 auf der Druckseite 19 des Rotorblatts 10. Es ist auch der aerodynamische Bereich 14 des Rotorblatts 10 angedeutet, der im Wesentlichen für den Auftrieb sorgt. Der Abschnitt 20 kann auch entsprechend kürzer sein, beispielsweise mit einem vorgebbaren ersten Abstand zur Rotorblattspitze 13 enden und/oder mit einem vorgebbaren zweiten Abstand zur Rotorblattwurzel 12. Im Bereich der in Fig. 1 dargestellten Längserstreckung 11 kann das Rotorblatt 10 bei der Herstellung geteilt sein. Ferner kann dieses auch an der Profilverkante 16 und der Profilhinterkante 17 geteilt sein.

Fig. 2 zeigt eine Einrichtung zum Fertigen eines Rotorblatts 10, wobei zwei Fügevorrichtungen 36 und 37 vorgesehen sind, auf die Schalensegmente 32, 33, 34, 35 eines Rotorblatts 10 gehalten sind. Das Schalensegment 32 entspricht einer Rotorblattschale auf der Druckseite 19 zugehörig zu einem Vorderkasten bzw. einem Nasenkasten 21 und das Schalensegment 34 gehört zur Saugseite 18 des Vorderkastens bzw. des Nasenkastens 21. Es sind entsprechende

Gurte 28 und 30 mit den Schalensegmenten 32 und 34 verbunden, insbesondere verklebt. Die Verklebung kann beispielsweise mit einem Harz realisiert sein. Die Schalensegmente 32 und 34 werden mittels einiger Saugelemente 44 unter Sauglufteinfluss in der Fügevorrichtung 36 fixiert. Entsprechend werden die Schalensegmente 33 und 35 durch Saugelemente 44 durch Saugluft in der Fügevorrichtung 37 fixiert.

Das Schalensegment 33 kann zur Saugseite eines Endkastens 23 gehören und das Schalensegment 35 zur Druckseite eines Endkastens 22. Die Schalensegmente 32 bis 35 können beispielsweise aus einem glasfaserverstärkten Gelege mit einem Harz, wie beispielsweise Epoxidharz, hergestellt sein. Die Rotorblattteile sind bevorzugt in einer Kunststofftechnik gefertigt. Vorzugsweise werden bei der Kunststofftechnik wenigstens ein Harz und wenigstens eine Faserlage, insbesondere aus Glasfasern und/oder Kohlefasern und/oder Aramid, wie insbesondere Kevlarfasern, verwendet. Zur Fertigung der Rotorblattschalensegmente 32-35 kann eine Spritz-Press-Technik (Resin Transfer Moulding; RTM) eine Infusionstechnik (Resin Infusion Moulding; RIM) verwendet werden, insbesondere eine durch Vakuum unterstützte Infusionstechnik (Vacuum Assisted Resin Infusion; VAR) und/oder eine Laminiertechnik verwendet werden, beispielsweise mit so genannten Prepregs. Die Fertigung der Rotorblattschalensegmente 32-35 ist in Fig. 2 schon vorher abgeschlossen gewesen, so dass die gefertigten Schalensegmente entsprechend auf die Fügevorrichtungen 36 und 37 aufgebracht bzw. in diese eingebracht werden.

Auch die auf den Schalensegmenten aufgebrachten bzw. mit diesen verbundenen bzw. verklebten Gurte 28-31 können in der Fertigung in einer Fertigungsform schon mit den Schalensegmenten verbunden worden sein.

Die Fügevorrichtungen 36 und 37 weisen jeweils Schwenkachsen 45 und 46 auf, um die die Schwenkteile 38-41 verschwenkt werden können.

5

In Fig. 3 ist ein fortgeschrittenes Stadium der Fertigung des erfindungsgemäßen Rotorblatts dargestellt. An einer präzise an das zweite Schwenkteil 39 angebrachten bzw. an diese justierte Positioniervorrichtung 63 ist über Saugelemente 44 ein Stegteil 26
10 fixiert. Das Stegteil 26 weist zur Saugseite 18 hin einen Stegfuß 65 auf und zur Druckseite 19 hin einen Stegfuß 67. Der Stegfuß 65 ist mittels einer Verklebung 60, beispielsweise aus einem Harz, mit dem Gurt 30 passgenau verklebt. Entsprechend ist eine Positioniervorrichtung 62 mit dem dritten Schwenkteil 40 verbunden
15 oder an diesem justiert. An der Positioniervorrichtung 62 ist über Saugelemente 44 ein Stegteil 27 fixiert. Das Stegteil 27 hat Stegfüße 64 und 66. Der Stegfuß 65 ist über eine Verklebung 61 mit dem Gurt 31 verbunden. Auch hier ist eine passgenaue Justierung des Stegteils 27 mit dem Gurt 31 und dem Schalensegment 33 er-
20 möglich.

Anschließend wird, wie in Fig. 4 dargestellt ist, das erste Schwenkteil 38 um die Schwenkachse 45 verschwenkt, so dass eine Verklebung 68 des Stegfußes 67 mit dem Gurt 28 erfolgen kann. Auch
25 dieses ist sehr passgenau möglich. Ferner findet eine Verklebung 77 des Schalensegments 32 mit dem Schalensegment 34 über ein mit dem Schalensegment 34 verbundenen Verklebungsteil 78 im Nasenbereich des Nasenkastens 21 statt.

30 Zur Herstellung eines Endkastens 22 wird das vierte Schwenkteil 41 um die Schwenkachse 46 verschwenkt und der Stegfuß 66 mit einer Verklebung 69 mit dem Gurt 29 verklebt, so dass eine passgenaue

Verklebung zwischen dem Steg 27 und dem Gurt 29 bzw. dem Schalensegment 35 erfolgt. Die Hinterkante des Rotorblatts wird auch über eine Verklebung 76 entsprechend verbunden.

5 Die Fügevorrichtungen 36 und 37 weisen vorzugsweise zusätzlich zu den Schwenkachsen 45 und 46 noch eine nicht dargestellte Linear-Stellvorrichtung auf, mit der die Formteile 38 und 39 bzw. 40 und 41, also die entsprechenden Schwenkteile 38 bis 41 in einer geradlinigen Bewegung geschlossen werden können.

10 Anschließend wird, wie der Pfeil 85 darstellt, die mit den Rädern 42 und 43 versehene Fügevorrichtung 37 in Richtung der Fügevorrichtung 36 verfahren, und zwar nach einem Abbinden der Verklebungen 60, 68, 77, 61, 69 und 76 und nach einem Entfernen der
15 Positioniervorrichtungen 62 und 63.

Es ergibt sich, wie in Fig. 5 schematisch dargestellt ist, ein Klebespalt zwischen den Stegteilen 26 und 27. In diesem ist ein Fließmedium, beispielsweise ein Glasfasergewirr 70, vorgesehen. Hierbei
20 kann es sich um eine oder mehrere Lagen Glaswirrfasermatte (Continuous Mat), Glasgelege, Glasgewebe oder ein in Dickenrichtung kompressibles Gespinn handeln. Der Klebespalt wird vorzugsweise rundum vakuumdicht abgedichtet. Hierzu sind Abdichtungen 72 und 73 vorgesehen, die als Vakuumfolie oder als eine feste
25 Dichtfläche realisiert sein kann. Angedeutet sind auch entsprechende Dichtgummis, die kein Bezugszeichen aufweisen.

Am unteren Ende des Klebespalts ist ein Harzanguss 74 angedeutet und am oberen Ende ein Vakuumanschluss 75. Beim Anlegen von
30 Unterdruck bzw. Vakuum wird durch den Anguss ein Klebemedium in Form von beispielsweise Harz 71 in den Klebespalt hineingesaugt, so dass der Spalt vollständig gefüllt wird. Hierdurch

ergibt sich aus Vorder- und Hintersteg bzw. den Stegteilen 26 und 27 ein Steg, der auch als Mittelsteg bezeichnet werden kann, der sich in der Mitte der Gurte 28, 29 und 30, 31 befindet. Erkennbar haben die Gurte 28 und 29 einen Abstand zueinander und die Gurte 30 und 31 einen entsprechenden Abstand zueinander. Das Klebe-
medium kann ein Infusionsharz oder ein niedrig viskoses Klebeharz sein. Die Anordnung von Anguss 74 bzw. Harzanguss 74 und Vakuumanschluss 75 kann auch vertauscht werden.

Über die Längserstreckung des Rotorblatts 10 werden unter Umständen mehrere Angüsse nötig. Entsprechend können auch mehrere Vakuumanschlüsse vorgesehen sein. Insbesondere wenn die Blattlänge relativ lang ist, beispielsweise um die 60m.

Die Anordnung des Rotorblatts 10 bzw. der Rotorblattschalensegmente 32-35 mit den Saugseitenelementen nach unten ist nicht zwingend notwendig. Diese kann auch anders herum positioniert sein.

Nach dem Harzanguss kann für eine aerodynamisch sinnvolle Verbindung und zum Schließen der Lücke zwischen den Gurtteilen bzw. Gurtpaaren 28, 29 und 30, 31 diese Lücke entsprechend mit einem Harz und ggf. auch mit einem Glasfasergewirr oder ähnlichem bündig verschlossen werden.

Die Stegteile 26 und 27 können beispielsweise aus biaxialem Gelege, d.h. aus Glasfaser- oder Kohlefaser- bzw. Aramidfasergelege sein oder diese umfassen. Die Gelege haben Orientierungen von $\pm 20^\circ$ bis $\pm 50^\circ$ und liegen insbesondere in einem Bereich von $\pm 30^\circ$ bis $\pm 45^\circ$. Zur Innenseite, also zum Glasfasergewirr 70, kann eine Lage Gelege, insbesondere biaxiales Gelege, vorgesehen sein und an der Außenfläche beispielsweise vier Lagen biaxiales Gewebe im

Bereich der Rotorblattwurzel 12 vorgesehen sein und eine Lage biaxiales Gelege im Bereich der Rotorblattspitze 13. Der Abstand der Stegteile 26 und 27 liegt bevorzugt in einem Bereich zwischen 1mm und 20mm, insbesondere bevorzugt zwischen 2mm und 3mm.

5

Um eine ausreichende Beulfestigkeit des hergestellten Rotorblattes 10 zu erreichen, kann das Blatt zusätzlich einen Hinterkantensteg außerhalb des Bereichs des I-Trägers 25, der sich durch die Verklebung der Stegteile 26, 27 mit den Gurten 28, 29 und 30, 31 ergibt, aufweisen. Der Hinterkantensteg ist vorzugsweise im Endkasten 22 angeordnet und kann dort auf der Saugseite und/oder der Druckseite angeordnet sein und reicht beispielsweise bei einem 61m-Blatt von ca. 8m bis 52m gerechnet von der Rotorblattwurzel 12.

10

15

Die Fügevorrichtung 36, 37 wird bevorzugt verwendet, da so die Belegungszeit der Rotorblattherstellungsform reduziert wird. Die vier Schalensegmente 32 bis 35 werden entsprechend in den Schwenkteilen 38 bis 41 justiert. Die Verklebung der Stegteile 26 und 27 erfolgt insbesondere flächig. Die besonders genaue Positionierung und Justierung der Schalensegmente 32 bis 35 und der Stegteile 26 und 27 erfolgt vorzugsweise durch die in Fig. 1 bis 5 angedeuteten Positioniervorrichtung, die als Saugelemente 44 dargestellt sind und vorzugsweise in deren Höhe bzw. Beabstandung zu den Schwenkteilen verstellbar sind. Die sehr große Formgenauigkeit wird dadurch erzielt, dass die Gurte bzw. Gurtteile 28, 29 und 30, 31 jeweils zusammen, also die Gurte 28 und 29 zusammen und die Gurte 30 und 31 zusammen in einer Fertigungsform hergestellt werden. Hierzu sind in den Figuren 6 und 7 schematische Schnittdarstellungen entsprechender Fertigungsformen, in denen die entsprechenden Gurte 28 und 29, die hier als Beispiel dienen, gefertigt werden,

20

25

30

dargestellt.

In den Fertigungsformen 54 und 55 sind entsprechend jeweils zwei
Kavitäten für die herzustellenden Gurte 28 und 29 vorgesehen, die
5 in der Mitte getrennt sind. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ge-
schieht die Trennung durch einen in einer Aussparung 58
einbringbaren Mittelsteg 56 und in der Ausführungsform gemäß Fig.
7 durch einen einstückig mit der Fertigungsform 55 gefertigten Mit-
telsteg 57.

10 Es werden trockene Glasfasern in die Form eingelegt und durch ei-
nen Harzanguss 74 in den Kavitäten mit einem Harz 71 getränkt.
Durch die formfeste Trennung bzw. die Fertigung der beiden Gurte
28 und 29 in einer einzigen Form passen die beiden Gurte 28 und
15 29 immer perfekt zueinander. Beide Gurte weisen eine identische
Krümmung und Verwindung auf, die dem zu fertigenden Rotorblatt
10 im Bereich der jeweiligen Gurte entspricht. Die Fertigung der
Gurte 28 und 29 geschieht in den Ausführungsbeispielen gemäß
Fig. 6 und Fig. 7 vorzugsweise mit einer vakuumunterstützten Infusi-
onstechnik, wofür Harzangussanschlüsse 83 und 84 vorgesehen
20 sind und Vakuumanschlüsse 81 und 82. Zur Abdichtung ist eine Va-
kuumfolie 80 vorgesehen, die links und rechts in den Figuren 6 und
7 mit Dichtleisten, die kein Bezugszeichen aufweisen und bei-
spielsweise als Gummilippen ausgebildet sein können, mit den Fer-
tigungsformen 54 bzw. 55 verbunden sind. Der Gurt 28 hat nach der
25 Fertigung eine Erstreckung 52 und der Gurt 29 eine Erstreckung 52'
gemäß der Ausführungsform gemäß Fig. 6 und bei Fig. 7 hat der
Gurt 28 eine Erstreckung 53 und der Gurt 29 eine Erstreckung 53'.
Entsprechend ist der Abstand 50 bei der Verwendung eines Mittel-
stegs 56 gemäß Fig. 6 kleiner als bei einem Mittelsteg 51 gemäß
30 Fig. 7, da der Mittelsteg 51 in Fig. 7 angeschrägt bzw. gefast ist.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 6 werden beide Gurte 28,29 gemeinsam aus der Fertigungsform 54 entformt und anschließend die Trennleiste entfernt. Hierdurch können kleinere Ausrichtfehler der Trennleiste entstehen, die allerdings belanglos sind, da die beiden Gurthälften stets komplementär, also im Wesentlichen gleichförmig, ausgebildet sind. Die Ausführungsform gemäß Fig. 7 ermöglicht geringere Toleranzen der Gurte 28, 29 bzw. eine geringere Toleranz bzw. Unterschiede im Abstand 51 in Längserstreckung des Rotorblattes, führt aber zu größeren Abständen 51 und damit zu größeren Klebespalten zwischen den Stegteilen 25 und 26 in Fig. 5. Der Abstand der Stegteile 25 und 26 kann dann im Bereich von 10mm oder mehr liegen.

Die gemeinsame Fertigung von zwei Gurten in einer Fertigungsform spart Fertigungsplatz und Zeit bei der Fertigung. Außerdem können so hergestellte Gurte, die in Längserstreckung des Rotorblattes dann an einer Druckseite oder einer Saugseite jeweils verwendet werden, auch anstelle eines Steges, der die Gurte verbindet und der in der Mitte verklebt ist, also eines Doppelsteges, beispielsweise bei einer Verbindung mittels eines Kastenholmes gemäß der Patentanmeldung DE 10 2008 038 620.0 verwendet werden.

Durch die Erfindung ist eine kontrollierbare, prozesssichere und zugängliche Steg-zu-Schalen-Verklebung möglich. Durch eine großflächige Mittelstegverklebung bzw. Stegverklebung, durch die sich ein I-Träger bildet, können hohe Kräfte übertragen werden. Es ist ferner nicht nötig, einen externen Anpressdruck zum Verdrängen des Klebers zu verwenden, da die Stegteile 26 und 27 durch das angelegte Vakuum aufeinander gepresst werden. Die Stegteile an sich sind zugbelastbar, allerdings in sich relativ weich. Lokale Dickenunterschiede des Klebespaltes, also des Spaltes zwischen den Steg-

teilen 26 und 27, die durch Toleranzen der Klebeflächen bzw. der Stegflächen entstehen, werden durch das Vakuum auf die Dicke des Fließmediums nivelliert. Das Fließmedium stellt außerdem den Harzfluss durch die aufeinander gepressten Flächen sicher. Dieses ist am gefertigten Blatt nicht sichtbar.

Fig. 8 zeigt ein schematisch dargestelltes erfindungsgemäßes Rotorblatt 10. Bei diesem Rotorblatt ist eine Längsteilung des Rotorblatts 10 in Rotorblattabschnitte 21 und 22 vorgesehen, wobei die Teilung entlang einer Längserstreckung 11 bzw. 11' oder 11'' erfolgt. Die Längserstreckung 11 geht von der Rotorblattwurzel zur Rotorblattspitze 13. Die Längserstreckung 11' verläuft von der Rotorblattwurzel im Wesentlichen zur Rotorblattspitze 13 und endet im Bereich der Rotorblattspitze 13 in einem Abstand h_2 von dieser Spitze. Entsprechend kann bei einer Teilung in Längserstreckung 11'' diese bis zu einer Kante im Bereich der Rotorblattspitze 13 gehen, die eine Verbindungskante 95 zwischen einer vorgefertigten Rotorblattspitze und dem restlichen Rotorblatt bzw. Rotorblattabschnitt 20 darstellt. Die Rotorblattspitze muss in diesem Fall beispielsweise nicht in Längserstreckung geteilt sein.

Der Abstand zur Verbindungskante 95 ist mit h_1 angegeben. Dieser kann bis zu 5 m sein. Es kann allerdings auch ein Abstand von wenigen Zentimetern vorgesehen sein. Der Rotorblattspitzenabschnitt 94 kann, wie gesagt, gesondert vorgefertigt werden. Entsprechend sind zwischen der Längserstreckung 11 zwischen der Rotorblattwurzel 12 und der Rotorblattspitze 13 Winkel α und β zur Längserstreckung 11' bzw. Längserstreckung 11'' vorgesehen. α kann beispielsweise im Bereich von $0,1$ bis 2° liegen und β im Bereich von 2° bis 5° .

Fig. 9 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch die Ferti-

gungsvorrichtung, in der entsprechende Rotorblattabschnitte schon eingebracht sind, wobei in diesem Fall in dem hinteren Rotorblattabschnitt 22, also im Endkasten, ein Steg 90 eingeklebt ist, der Stegfüße 92 und 93 aufweist, die jeweils nach links und rechts über-
5 ragen und mit entsprechenden Verklebungen 69 und 61 an den Gurten 29 und 31 angeklebt sind. Die überstehenden Teile der Stegfüße 92 und 93 werden dann nach dem Entfernen der Positioniervorrichtung 62 und dem Zusammenschieben der Rotorblattabschnitte in Pfeilrichtung 85 an die Gurte 28 und 30 angeklebt.

Fig. 10 und Fig. 11 zeigen weitere schematische Querschnittsdarstellungen von Verbindungsmöglichkeiten der Rotorblattabschnitte, die hier nicht dargestellt sind. Dargestellt sind allerdings die Gurte 29 bis 31, die mit entsprechenden Verklebungen 110 an den jeweiligen Stegfüßen 97 und 98 eines Stegs 96 angeklebt sind. Der Steg 96 hat die Form einer eckigen Klammer bzw. eines eckigen C. Die Stegfüße 97 und 98 ragen über den Abstand der Gurte 28 und 29 bzw. 30 und 31 über.

Entsprechend ist in Fig. 11 eine Verbindung dargestellt, bei der ein Steg 99 vorgesehen ist, der Z-förmig ist. Entsprechend sind die Stegfüße 100 und 101 mit den Gurten 28 und 29 bzw. 30 und 31 durch Verklebungen 110 verklebt.

Alle genannten Merkmale, auch die den Zeichnungen allein zu entnehmenden sowie auch einzelne Merkmale, die in Kombination mit anderen Merkmalen offenbart sind, werden allein und in Kombination als erfindungswesentlich angesehen. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können durch einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllt sein.

Bezugszeichenliste

	10	Rotorblatt
	11, 11', 11''	Längserstreckung
5	12	Rotorblattwurzel
	13	Rotorblattspitze
	14	aerodynamischer Bereich
	15	Querschnittsprofil
	16	Profilvorderkante
10	17	Profilhinterkante
	18	Saugseite
	19	Druckseite
	20	Abschnitt
	21	Nasenkasten
15	22	Endkasten
	23	hinterer Bereich
	24	vorderer Bereich
	25	I-Träger
	26	Stegteil
20	27	Stegteil
	28	Gurt
	29	Gurt
	30	Gurt
	31	Gurt
25	32	Schalensegment
	33	Schalensegment
	34	Schalensegment
	35	Schalensegment
	36	Fügevorrichtung
30	37	Fügevorrichtung
	38	erstes Schwenkteil

	39	zweites Schwenkteil
	40	drittes Schwenkteil
	41	viertes Schwenkteil
	42	Rad
5	43	Rad
	44	Saugelement
	45	Schwenkachse
	46	Schwenkachse
	47	Doppelsteg
10	50	Abstand
	51	Abstand
	52, 52'	Erstreckung
	53, 53'	Erstreckung
	54	Fertigungsform
15	55	Fertigungsform
	56	Mittelsteg
	57	Mittelsteg
	58	Aussparung
	60	Verklebung
20	61	Verklebung
	62	Positioniervorrichtung
	63	Positioniervorrichtung
	64-67	Stegfuß
	68	Verklebung
25	69	Verklebung
	70	Glasfasergewirr
	71	Harz
	72	Abdichtung
	73	Abdichtung
30	74	Harzanguss
	75	Vakuumanschluss
	76	Verklebung

	77	Verklebung
	78	Verklebungsteil
	80	Vakuumfolie
	81	Vakuumanschluss
5	82	Vakuumanschluss
	83	Harzangussanschluss
	84	Harzangussanschluss
	85	Pfeil
	90	Steg
10	91	Steg
	92	Stegfuß
	93	Stegfuß
	94	Rotorblattspitzenabschnitt
	95	Verbindungskante
15	96	Steg
	97	Stegfuß
	98	Stegfuß
	99	Steg
	100	Stegfuß
20	101	Stegfuß
	110	Verklebung
	h1	Abstand
	h2	Abstand
	α	Winkel
25	β	Winkel

5

10

Rotorblatt einer Windenergieanlage sowie Verfahren zum Fertigen
eines Rotorblattes einer Windenergieanlage

15

Patentansprüche

20

25

30

1. Rotorblatt (10) einer Windenergieanlage, wobei das Rotorblatt (10) eine Längserstreckung (11) aufweist, die sich von einer Rotorblattwurzel (12) im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze (13) erstreckt, wobei wenigstens in einem Bereich des Rotorblatts (10) ein aerodynamisches Querschnittsprofil (15) vorgesehen ist, das eine Profilvorderkante (16) (Nase) und eine Profilhinterkante (17) aufweist, die über eine Saugseite (18) und eine Druckseite (19) des Querschnittsprofils (15) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Rotorblatt (10) wenigstens in einem längserstreckten Abschnitt (20) in einen vorderen Rotorblattabschnitt (21) mit der Profilvorderkante (16) und einen hinteren Rotorblattabschnitt (22) mit der Profilhinterkante (17) unterteilt ist, wobei der hintere Bereich (23) des vorderen Rotorblattabschnitts (21) und der angrenzende Vorderbereich (24) des hinteren Rotorblattabschnitts

(22) durch einen I-Träger (25) verbunden sind.

2. Rotorblatt (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der I-Träger (25) einen Steg (26, 27, 90, 91, 96, 99),
5 der sich innerhalb des Rotorblatts (10) von der Druckseite (19) zur Saugseite (18) erstreckt, und einen Gurt (28, 29) an der Druckseite (19) sowie einen Gurt (30, 31) an der Saugseite (18) aufweist.

10 3. Rotorblatt (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Steg (26, 27, 90, 91, 96, 99) Stegfüße (64-67, 92, 93, 97, 98, 100, 101) umfasst, die mit dem Steg (26, 27, 90, 91, 96, 99) eine Form einer eckigen Klammer (], [) oder eine Form eines Z ausbilden.

15 4. Rotorblatt (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der I-Träger (25) I-Trägereile (26-31) aufweist, die einen Steg (26, 27, 90, 91, 96, 99) umfassen, wobei der I-Träger (25) in Längserstreckung (11) und flächig,
20 insbesondere in einer Ebene, die durch den Steg (26, 27, 90, 91, 96, 99) definiert ist, geteilt ist.

5. Rotorblatt (10) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die I-Trägereile (26, 27) miteinander verbunden, insbesondere verklebt sind.
25

6. Rotorblatt (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Saugseite (18) und zur Druckseite (19) hin jeweils zwei Gurte (28-31) den I-Träger (25) abschließen, die einen Abstand voneinander aufweisen, der
30

kleiner als die Erstreckung der Gurte (28-31) in Richtung von der Profilvorderkante (16) zur Profilhinterkante (17) ist.

- 5 7. Rotorblatt (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Rotorblatt (10) zusätzlich an der Profilvorderkante (16) und/oder der Profilhinterkante (17) geteilt ist.
- 10 8. Rotorblatt (10) nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 oder nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein in Längserstreckung (11) des Rotorblatts (10) geteilter Gurt (28-31) vorgesehen ist, dessen Gurtteile (28, 29; 30, 31) einen Abstand (50, 51) zueinander haben, der kleiner als die Erstreckung (52, 52', 53, 53') eines Gurtteils (28, 29; 30, 15 31) in Richtung von der Profilvorderkante (16) zu der Profilhinterkante (17) ist.
- 20 9. Rotorblatt (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Gurtteilen (28, 29; 30, 31) ein Steg (26, 27, 90, 91, 96, 99) verbunden, insbesondere verklebt, ist, der sich von der Saugseite (18) zur Druckseite (19) erstreckt, so dass der Steg (26, 27, 90, 91, 96, 99) mit den Gurtteilen (28, 29; 30, 31) einen I-Träger (25) bildet.
- 25 10. Verfahren zum Fertigen eines Rotorblatts (10) einer Windenergieanlage, wobei das gefertigte Rotorblatt (10) in seiner Längserstreckung (11), die sich von einer Rotorblattwurzel (12) im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze (13) erstreckt, wenigstens einen Bereich (14) aufweist, in der das Rotorblatt 30 (10) ein aerodynamisches Querschnittsprofil (15) aufweist, das eine Profilvorderkante (16) (Nase) und eine

Profilhinterkante (17) aufweist, die über eine Saugseite (18) und eine Druckseite (19) des Querschnittsprofils (15) verbunden sind, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- 5 - Vorsehen wenigstens zweier in Längsrichtung (11) des Rotorblatts (10) gefertigter und geteilter Rotorblattabschnitte (21, 22), wobei die Teilung zwischen der Profilvervorderkante (16) und der Profilhinterkante (17) angeordnet ist,
- 10 - Auf- oder Einbringen eines sich im Wesentlichen von der Druckseite (19) zu der Saugseite (18) erstreckenden ersten Stegteils (26) in einen ersten geteilten Rotorblattabschnitt (21) und eines zweiten sich im Wesentlichen von der Druckseite (19) zu der Saugseite (18) erstreckenden Stegteils (27) in einen zweiten geteilten Rotorblattabschnitt (22) und
- 15 - Verbinden, insbesondere Verkleben, des ersten Stegteils (26) mit dem zweiten Stegteil (27), so dass sich ein Doppelsteg (47) bildet.
- 20 - Verbinden, insbesondere Verkleben, des ersten Stegteils (26) mit dem zweiten Stegteil (27), so dass sich ein Doppelsteg (47) bildet.
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Auf- oder Einbringen des ersten und des zweiten Stegteils (26, 27) ein Verbinden, insbesondere Ankleben, des ersten und zweiten Stegteils (26, 27) an jeweils einen Gurt (28, 29) an der Druckseite (19) und einen Gurt (30, 31) an der Saugseite (18) je Rotorblattabschnitt (21, 22) umfasst.
- 30 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Verbinden, insbesondere Verkleben, des ersten

Stegteils (26) mit dem zweiten Stegteil (27) sich ein I-Träger (25), umfassend vier Gurte (28-31) und einen Doppelsteg (47), bildet.

- 5 13. Verfahren zum Fertigen eines Rotorblatts (10) einer Wind-
energieanlage, wobei das gefertigte Rotorblatt (10) in seiner
Längserstreckung (11), die sich von einer Rotorblattwurzel
(12) im Wesentlichen zu einer Rotorblattspitze (13) erstreckt,
wenigstens einen Bereich (14) aufweist, in der das Rotorblatt
10 (10) ein aerodynamisches Querschnittsprofil (15) aufweist,
das eine Profilvorderkante (16) (Nase) und eine
Profilhinterkante (17) aufweist, die über eine Saugseite (18)
und eine Druckseite (19) des Querschnittsprofils (15) verbun-
den sind, mit den folgenden Verfahrensschritten:
- 15 - Vorsehen wenigstens zweier in Längsrichtung (11) des
Rotorblatts (10) gefertigter und geteilter Rotorblattab-
schnitte (21, 22), wobei die Teilung zwischen der Profil-
vorderkante (16) und der Profilhinterkante (17) ange-
20 ordnet ist,
- 25 - Auf- oder Einbringen eines sich im Wesentlichen von
der Druckseite (19) zu der Saugseite (18) erstrecken-
den Stegs (26, 27, 90, 91, 96, 99), der wenigstens zwei
Stegfüße (64-67, 92, 93, 97, 98, 100, 101) aufweist, in
einen ersten geteilten Rotorblattabschnitt (21, 22), so
dass ein Teil der Stegfüße (64-67, 92, 93, 97, 98, 100,
101) aus dem Rotorblattabschnitt (21, 22) herausragt,
- 30 - Verbinden, insbesondere Verkleben, der herausragen-
den Teile der Stegfüße (64-67, 92, 93, 97, 98, 100,

101) mit einem zweiten geteilten Rotorblattabschnitt (21, 22).

- 5 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Verbinden, insbesondere Verkleben des Stegs (26, 27, 90, 91, 96, 99) mit den Rotorblattabschnitten (21, 22) sich ein I-Träger (25) umfassend vier Gurte (28-31) und den Steg (26, 27, 90, 91, 96, 99) bildet.
- 10 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zum Vorsehen von zwei in Längserstreckung (11) des Rotorblatts (10) gefertigter und geteilter Rotorblattabschnitte (21, 22) wenigstens bei einem Rotorblattabschnitt (21, 22), ein Saugseitenabschnitt (32, 33) und ein
15 Druckseitenabschnitt (34, 35) miteinander verbunden, insbesondere verklebt, werden.
- 20 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Rotorblattabschnitte (32-35) einen Nasenkasten (21) und/oder einen Endkasten (22) bilden.
- 25 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass zum Vorsehen von zwei in Längserstreckung (11) des Rotorblatts (10) gefertigter und geteilter Rotorblattabschnitte (21, 22) jeweils ein Gurt (28-31) mit einer Saugseite (18) und einer Druckseite (19) jedes Rotorblattabschnitts (21, 22) verbunden, insbesondere verklebt, wird.
- 30 18. Verfahren zum Herstellen eines Gurtpaares (28, 29; 30, 31) eines Rotorblatts (10) einer Windenergieanlage, insbesondere

eines Rotorblatts (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Gurtpaar (28, 29; 30, 31) in einer Fertigungsform (54, 55) hergestellt wird, die die Kontur des Rotorblattes (10) im Bereich des Gurtpaares (28, 29; 30, 31) aufweist und sich
5 wenigstens über die Länge (20) eines Abschnitts des Rotorblatts (10) erstreckt.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschnitt sich von einem Bereich in der Nähe der Rotorblattwurzel (12) bis zur Rotorblattspitze (13) oder bis zu einem Abschnittsende des Rotorblatts (10) in der Nähe der Rotorblattspitze (13) erstreckt.
10

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zwischensteg (56, 57) in der Fertigungsform (54, 55) vorgesehen ist, der entweder einstückig mit der Fertigungsform (54, 55) als Zwischensteg (57) ausgebildet ist oder als ein herausnehmbarer Zwischensteg (56) ausgebildet ist.
15

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischensteg (56, 57) ein Mittelsteg ist.
20

22. Fertigungsform (54, 55) für die Herstellung eines Gurtpaares (28, 29; 30, 31) zur Verwendung in einem Rotorblatt (10), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fertigungsform (54, 55) die Kontur des Rotorblatts (10) im Bereich des Gurtpaares (28, 29; 30, 31) auf der Saugseite (18) oder der Druckseite (19) des Rotorblatts (10) aufweist und sich wenigstens über die Länge (20) eines Abschnitts, insbesondere des aerodynamischen Bereichs (14), des Rotorblatts (10) erstreckt.
25
30

23. Fertigungsform (54, 55), nach Anspruch 122, dadurch gekennzeichnet, dass diese einen Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg (56, 67), aufweist, der entweder einstückig mit der Fertigungsform (54, 55) ist oder als ein herausnehmbarer Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg (56), ausgebildet ist.

24. Fertigungsform (54, 55) nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass für den herausnehmbaren Zwischensteg, insbesondere Mittelsteg (56), eine Aussparung (58) vorgesehen ist.

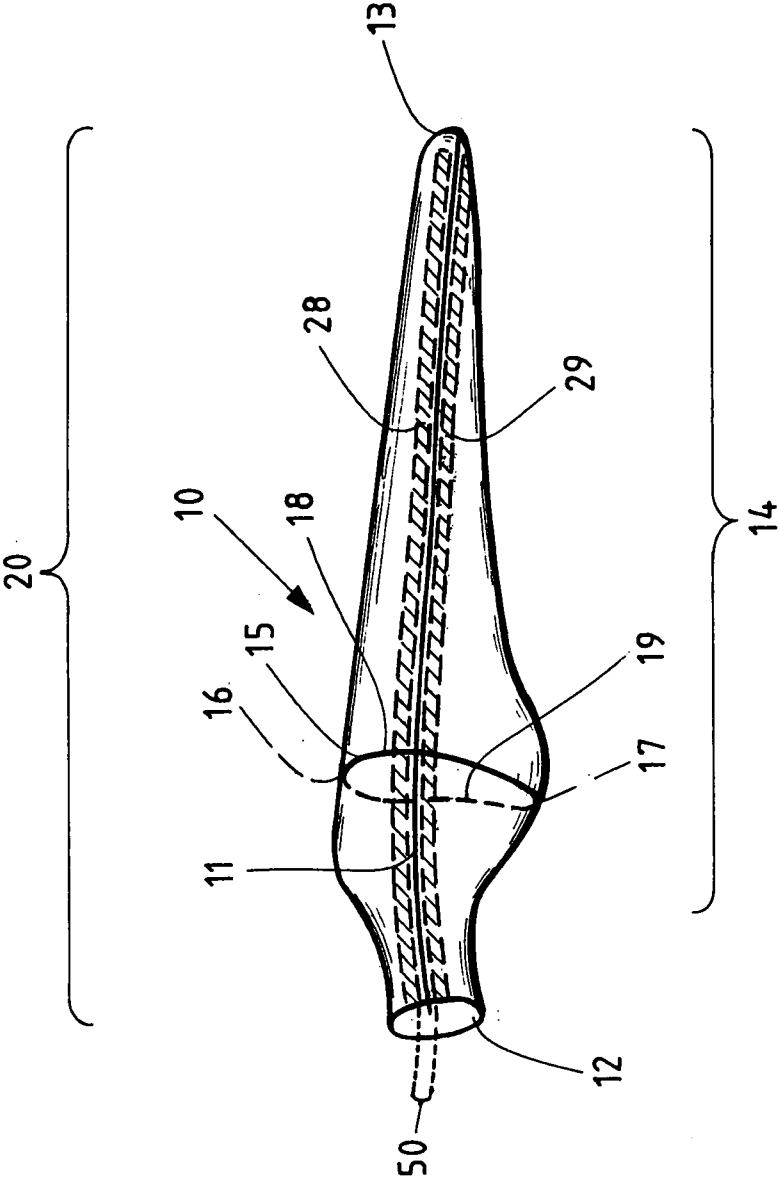


Fig. 1

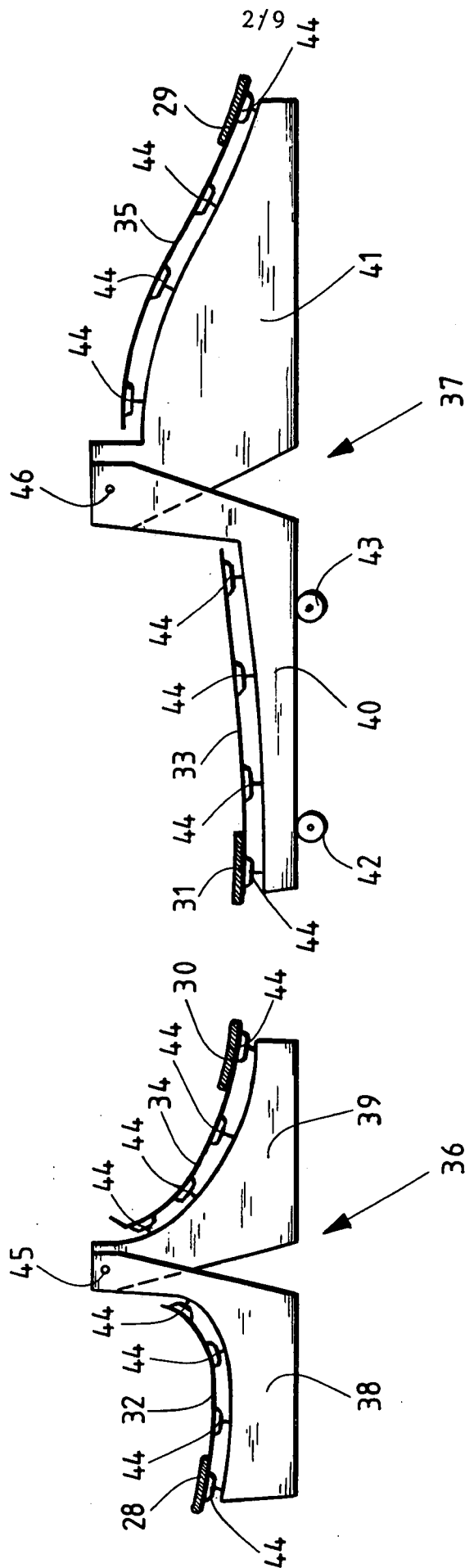


Fig. 2

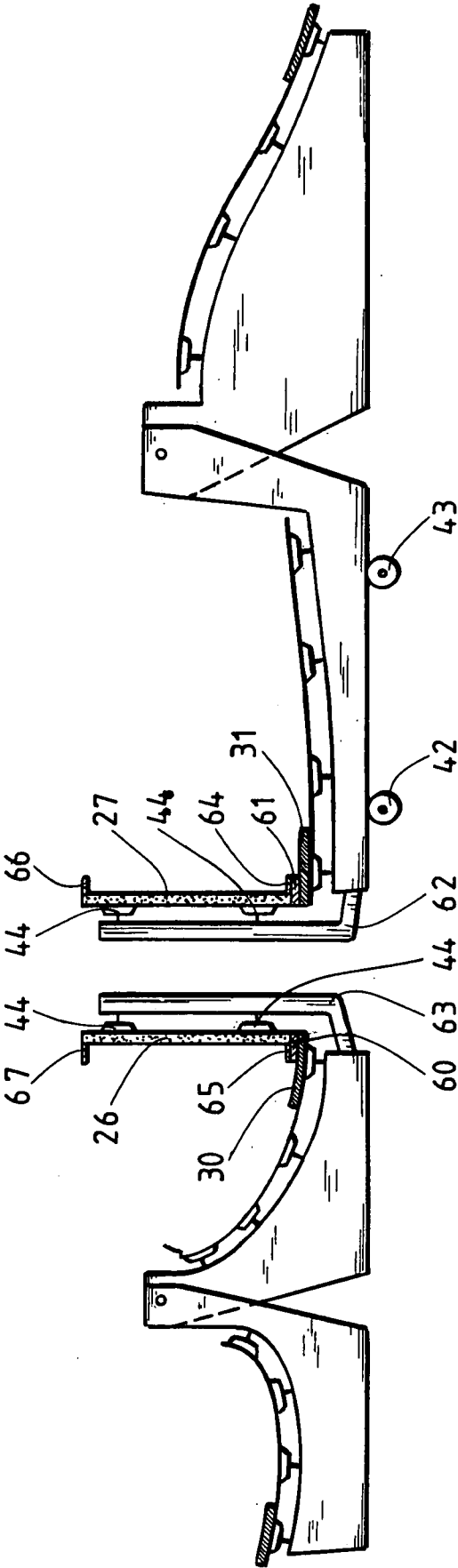


Fig. 3

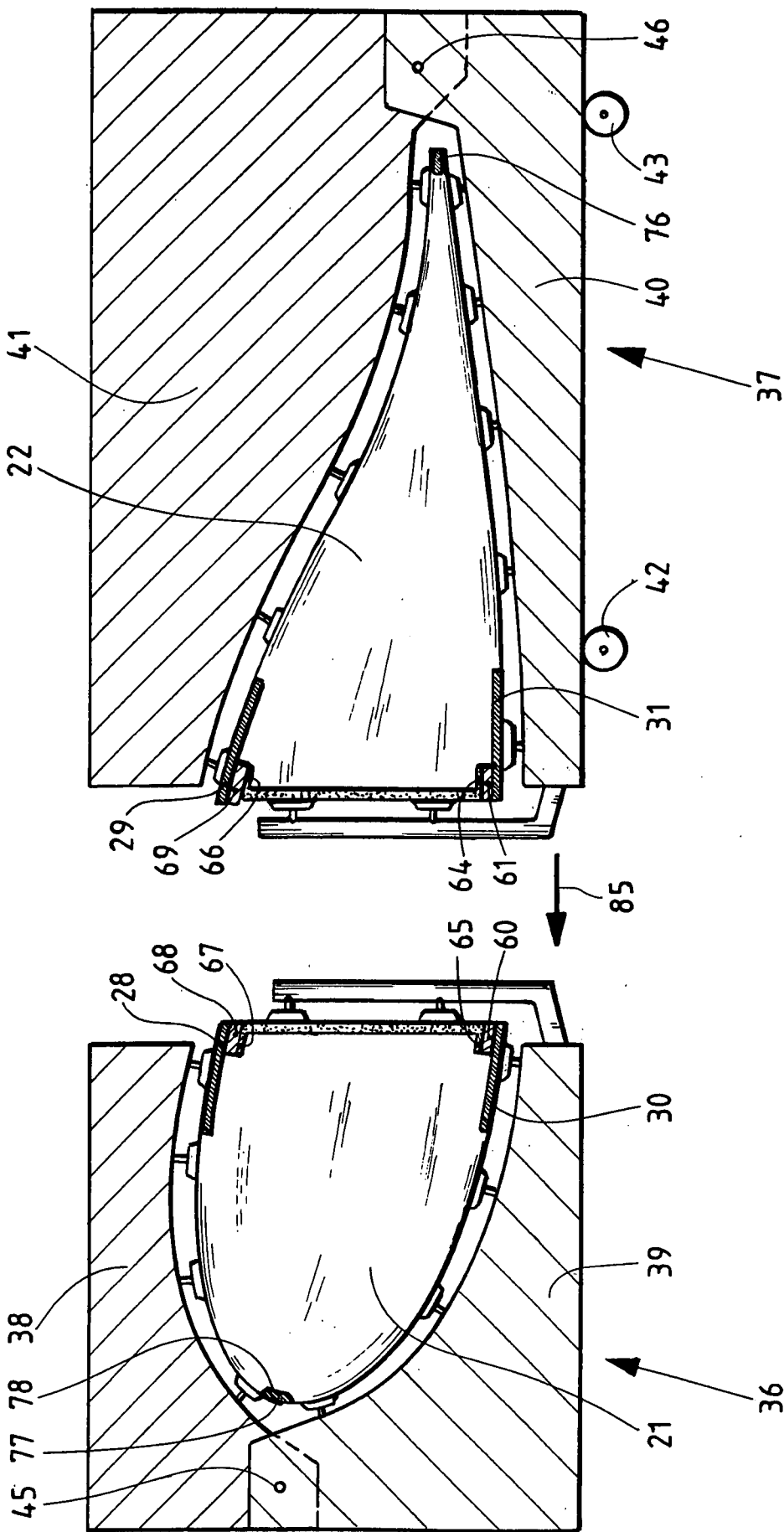


Fig. 4

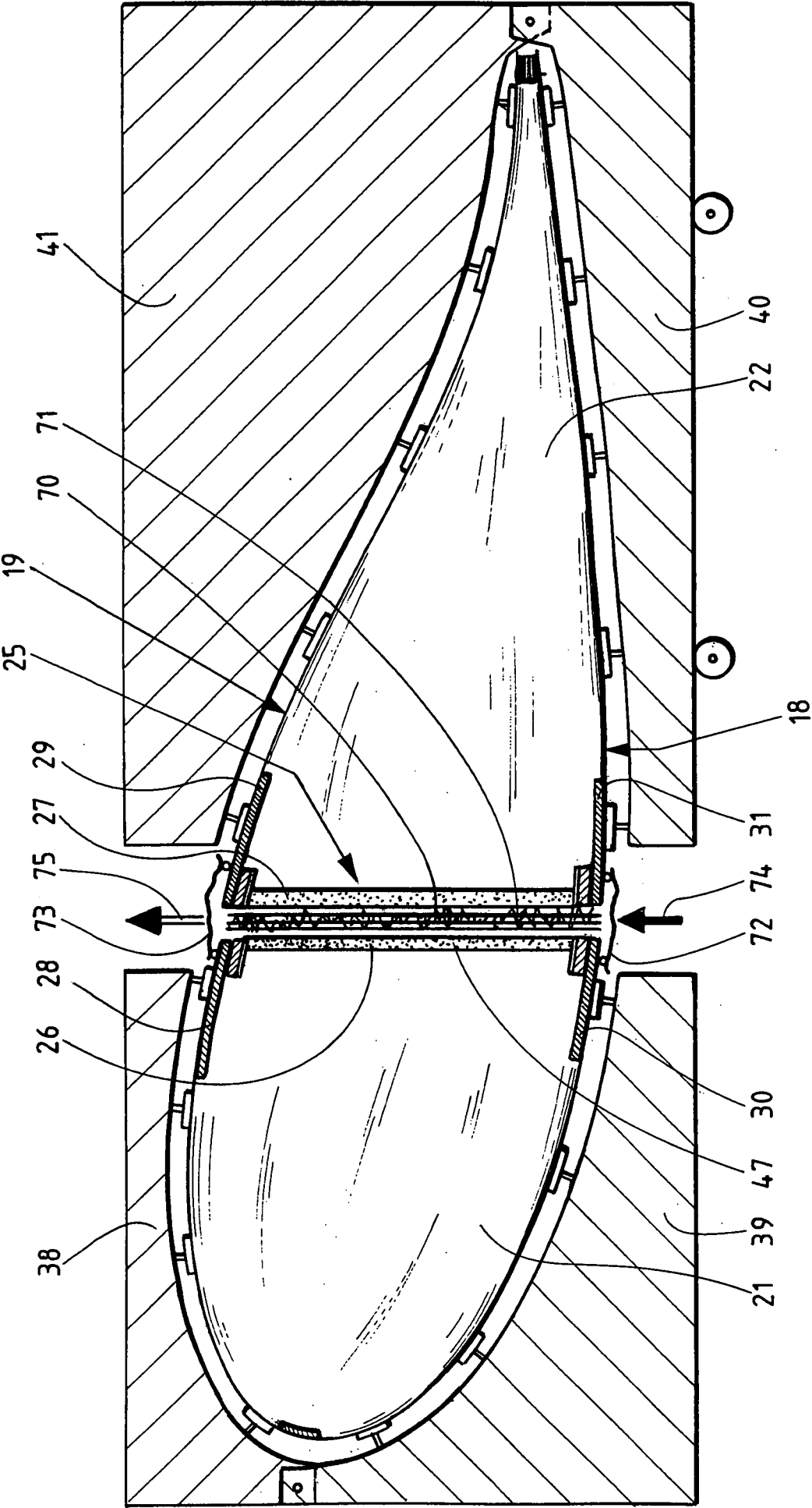


Fig. 5

6/9

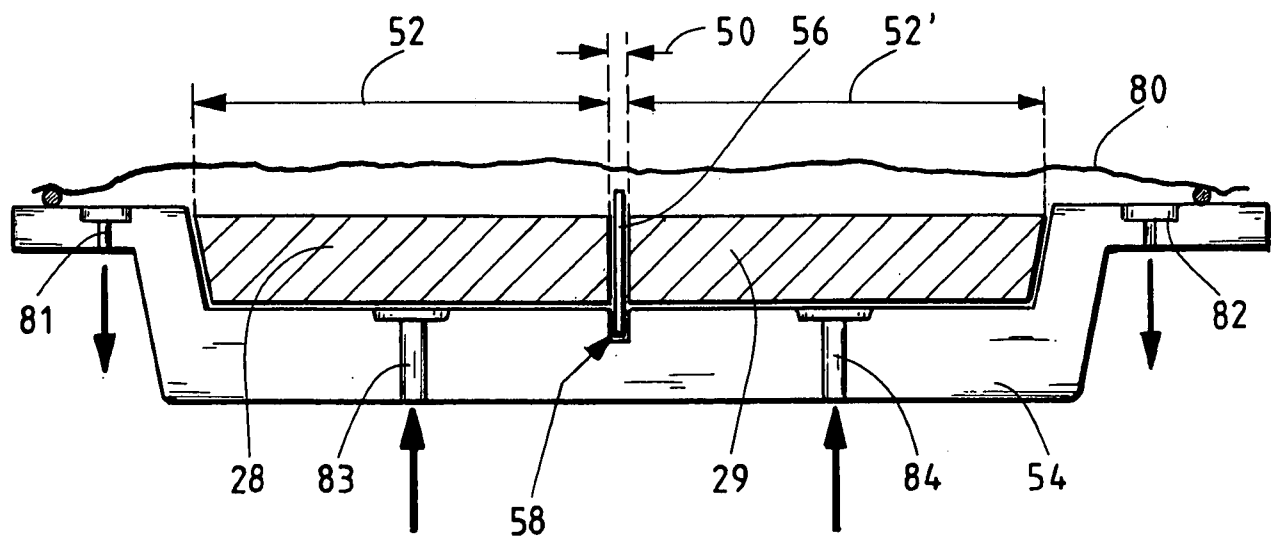


Fig. 6

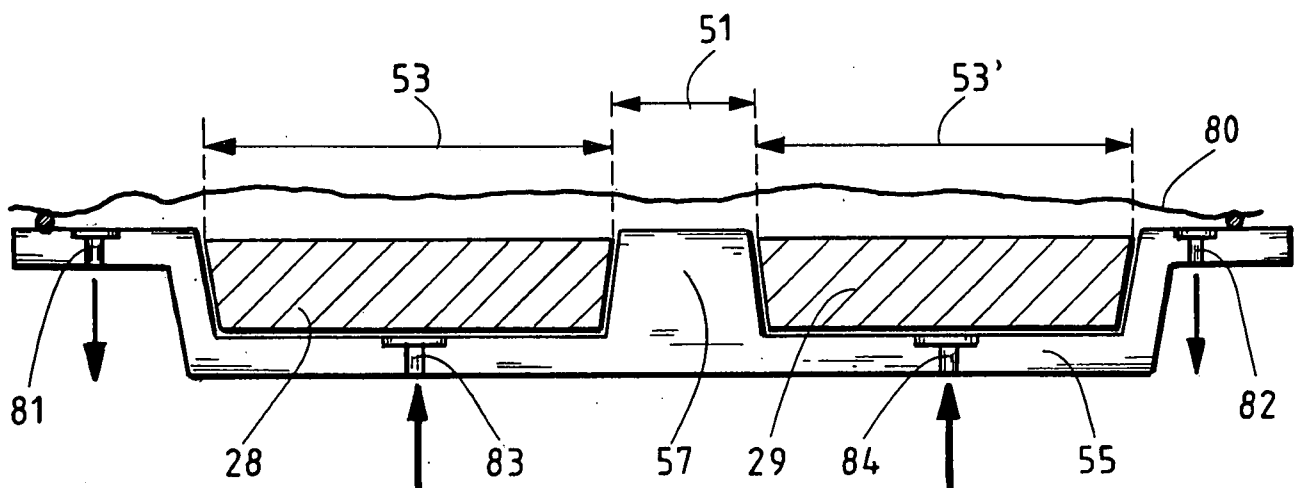


Fig. 7

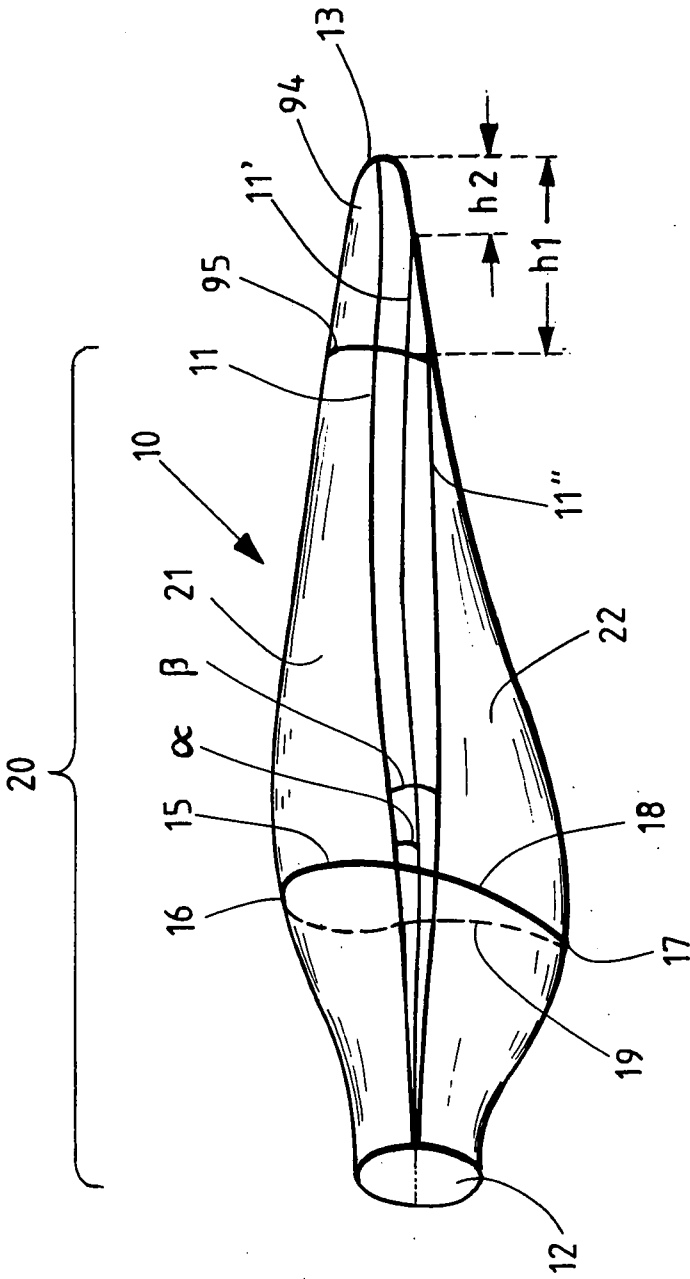


Fig. 8

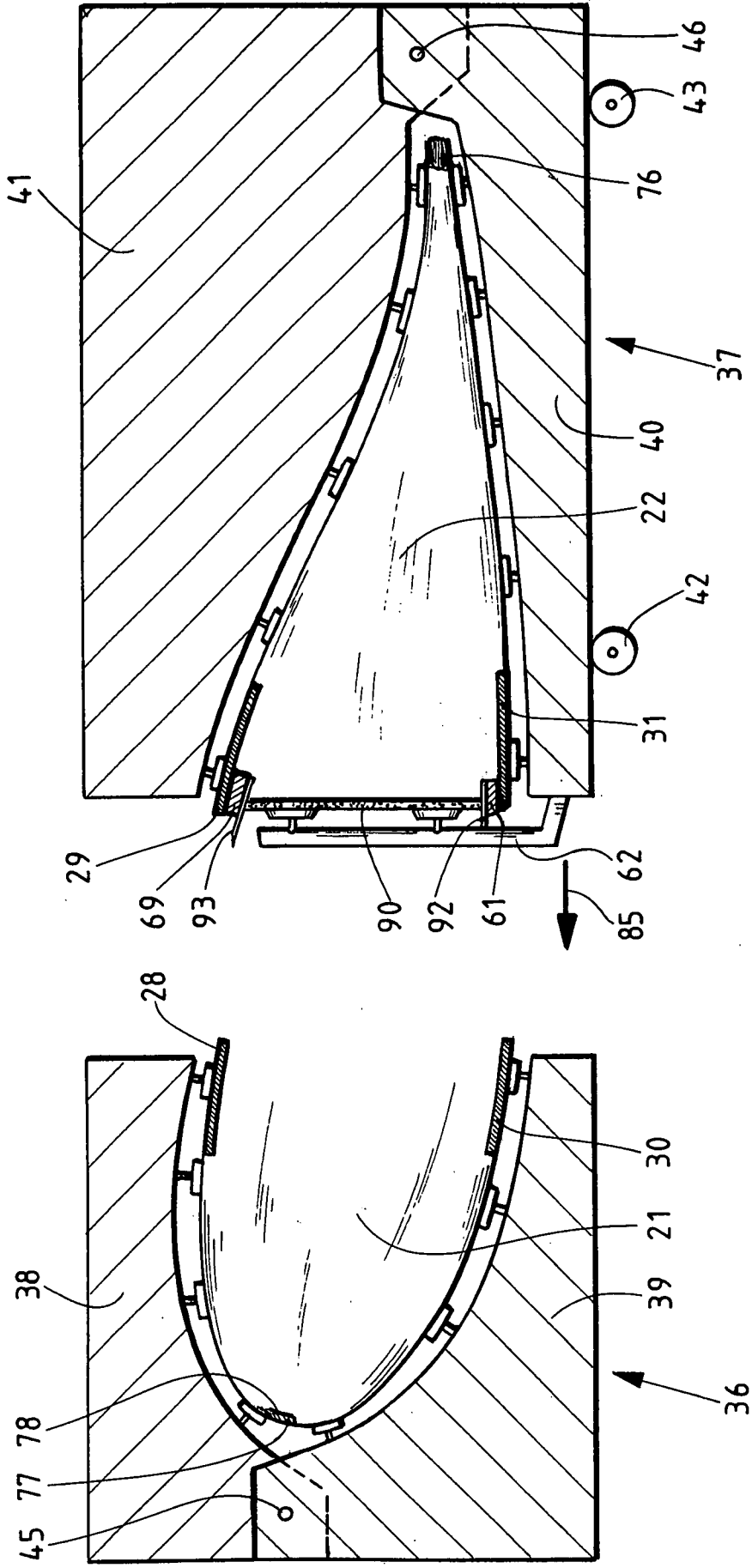


Fig. 9

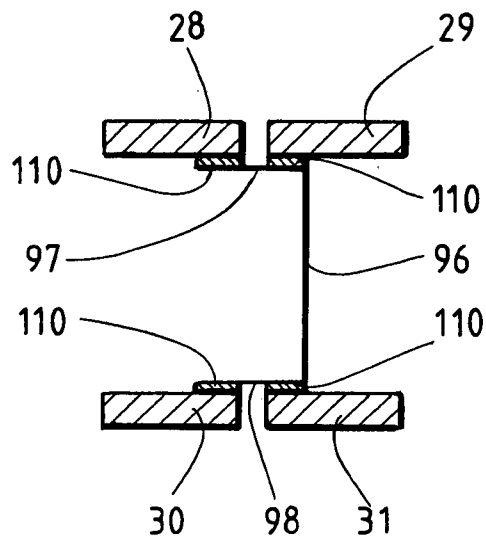


Fig 10

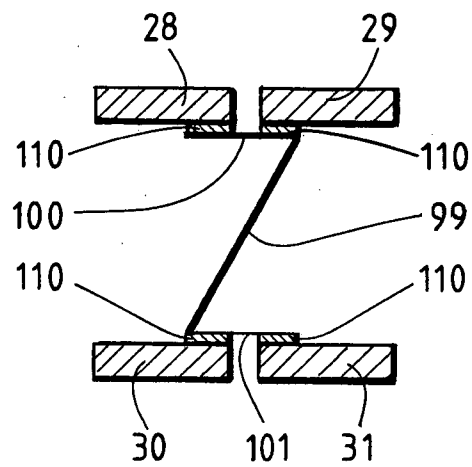


Fig. 11