

(10) **DE 10 2016 208 051 A1** 2017.11.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 208 051.2**

(22) Anmeldetag: 10.05.2016

(43) Offenlegungstag: **16.11.2017**

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

(71) Anmelder:

Wobben Properties GmbH, 26607 Aurich, DE

(74) Vertreter:

**Eisenführ Speiser Patentanwälte Rechtsanwälte
PartGmbH, 28217 Bremen, DE**

(72) Erfinder:

Knoop, Frank, 26607 Aurich, DE; Gudewer, Wilko, 26506 Norden, DE; Hoffmann, Alexander, 26721 Emden, DE; Mtauweg, Samer, 27568 Bremerhaven, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

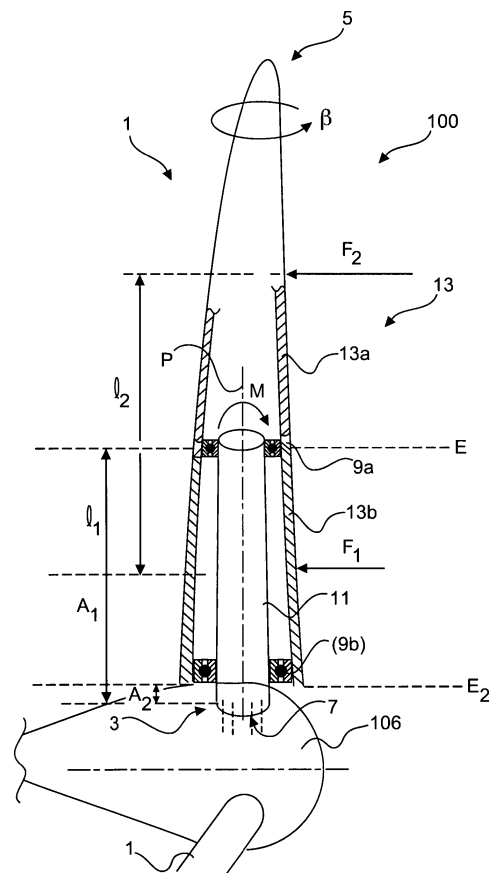
DE	196 34 059	C1
DE	10 2005 034 537	A1
DE	10 2010 019 769	A1
DE	10 2014 203 508	A1
CH	309 670	A

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Windenergieanlagen-Rotorblatt, und Windenergieanlage mit selbigem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Windenergieanlagen-Rotorblatt (1, 1', 1''), mit einer Blattwurzel und einer Blattspitze (5), einem blattwurzelseitig angeordneten Flansch (7) zur Befestigung des Rotorblatts an einer Rortnabe einer Windenergieanlage, und einem Pitchlager (9b, 9a), zum Verstellen des Anstellwinkels (β) des Rotorblatts. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass das Rotorblatt einen ungepitchten Träger (11) aufweist, an welchem der Flansch (7) ausgebildet ist, wobei das Pitchlager (9b, 9a) an dem Träger (11) befestigt und von dem Flansch (7) in Richtung der Blattspitze (5) beabstandet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Windenergieanlagen-Rotorblatt mit einer Blattwurzel und einer Blattspitze, einem blattwurzelseitig angeordneten Flansch zur Befestigung des Rotorblatts an der Rotornabe, und einem Pitchlager zum Verstellen des Anstellwinkels des Rotorblatts und zur Aufnahme der Blattlasten.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine Windenergieanlage mit einem Generator, vorzugsweise Synchrongenerator, einer Rotornabe, die mit dem Generator zu dessen Antrieb gekoppelt ist, und einem oder mehreren an der Rotornabe befestigten Rotorblättern zum Antrieb der Rotornabe.

[0003] Rotorblätter bzw. Rotorblattanordnungen der vorstehend bezeichneten Art sind allgemein bekannt. Unter der Blattlast werden die durch das Eigengewicht der Rotorblätter und durch die einwirkende Windlast verursachten Kräfte verstanden. Bei bekannten Rotorblattanordnungen sind üblicherweise die Pitchlager direkt an der Blattwurzel angeordnet, wobei das Pitchlager mit einem ersten Lagerring entweder direkt oder über einen Flansch mit der Rotornabe verbunden wird, und auf der anderen Seite mit einem zweiten Lagerring mit dem Rotorblatt verbunden wird. Entweder über die Außenseite oder Innenseite des Pitchlagers, oder über ein weiteres Glied, wird das gesamte Rotorblatt direkt am Pitchlager hinsichtlich seines Anstellwinkels zum Wind verstellt.

[0004] Moderne Windenergieanlagen werden immer größer. Blattlängen gängiger Rotorblätter übersteigen mittlerweile deutlich die 50 Meter-Marke. Aufgrund der damit einhergehenden hohen Massen und aufgrund der hohen einwirkenden Kräfte auf die Rotorblätter sind auch die Pitchlager entsprechend hohen Lasten ausgesetzt. Dies umfasst sowohl radiale Kräfte, axiale Kräfte als auch Kippmomente. Hierdurch wird eine hohe Lagerreibung erzeugt. Zum Antrieb der Pitchbewegung sind aufgrund der hohen Reibung und der hohen Massen und abzufedernden Belastungen hohe Antriebskräfte notwendig.

[0005] Auch wird beobachtet, dass die Anbindung der Rotorblätter an die Rotornabe mit hohen Kosten verbunden ist, da für einen präzisen Sitz des Rotorblatts an der Nabe letztere präzise bearbeitet werden muss, was sich aufgrund der hohen Bauteilkomplexität der Rotornabe bisweilen als schwierig darstellt.

[0006] Ein weiteres Problem, das allgemein mit großen Windenergieanlagen einhergeht, ist der notwendige Freigang, also der horizontale Abstand zwischen der Rotationsebene der Rotorblätter und der Turmoberfläche der Windenergieagentürme. Da die meisten Türme abschnittsweise leicht konisch ausgebildet sind, ist die maximale Rotorblattlänge begrenzt.

[0007] Aufgrund der vorstehenden Erkenntnisse besteht Bedarf für Verbesserungen der bekannten Rotorblätter.

[0008] Der Erfindung lag demzufolge die Aufgabe zugrunde, die im Stand der Technik aufgefundenen, vorstehend benannten Nachteile möglichst weitgehend zu beheben. Insbesondere lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Rotorblattanordnung hinsichtlich der Pitchlagerbelastung zu verbessern, und ferner insbesondere eine Kostensenkung für die Rotorblattanordnungen und für die Windenergieanlagen mit solchen Rotorblattanordnungen insgesamt zu ermöglichen.

[0009] Die Erfindung löst die ihr zugrunde liegende Aufgabe bei einem Windenergieanlagen-Rotorblatt der eingangs bezeichneten Art, indem das Rotorblatt einen Träger aufweist, an welchem der Flansch ausgebildet ist, wobei das Pitchlager an dem Träger befestigt und von dem Flansch in Richtung der Blattspitze beabstandet ist. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die auf das Pitchlager infolge der Windkraft wirkenden Kippmomente eine Hauptursache für auftretenden Lagerverschleiß sowie Lagerreibung und somit für die Notwendigkeit groß dimensionierter Pitchlager und Pitchantriebe sind. Diesem Ansatz folgend zielt die Erfindung darauf ab, das auf das Pitchlager wirkende resultierende Kippmoment zu reduzieren. Die Erfindung erreicht dieses Ziel, indem das Pitchlager in Richtung der Blattspitze von dem Flansch beabstandet ist. Hierdurch wirken im Wesentlichen zwei Flächenmomente auf das Pitchlager; zum einen ein Flächenmoment, welches auf die Flächenkraft zurückzuführen ist, die sich vom Pitchlager aus in Richtung der Blattspitze erstreckt. Zum anderen wirkt auf das Pitchlager ein Gegenmoment in die andere Richtung, welches auf die Flächenkraft zwischen dem Pitchlager und der Blattwurzel zurückzuführen ist. Die beiden Momente kompensieren sich teilweise, so dass das resultierende Kippmoment, welches auf das Pitchlager einwirkt, im Vergleich zu konventionellen Lösungen, bei denen das Pitchlager am inneren Ende, blattwurzelseitig am Rotorblatt angeordnet ist, deutlich reduziert wird. Dies bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Es können aufgrund der geringeren resultierenden Kippmomente kleiner dimensionierte Pitchlager verwendet werden, was das Gewicht der vom Windenergieanlagenturm getragenen Gondel samt Rotorblättern reduziert. Aufgrund der kleineren Pitchlagergrößen müssen geringerer Lagerdrehwiderstand (Lagerreibung) und geringere Massen zum Verstellen des Anstellwinkels bewegt werden, wodurch auch kleiner dimensionierte Pitchantriebe verwendet werden können. Dies führt insgesamt zu einer Kostensenkung in der Fertigung und Anschaffung erfindungsgemäßer Windenergieanlagen-Rotorblätter und Windenergieanlagen.

[0010] Unter dem Träger wird erfindungsgemäß ein Strukturbauteil verstanden, welches beispielsweise zapfenförmig oder schaftförmig ausgebildet ist und vorzugsweise einen wenigstens abschnittsweise polygonalen oder zylindrischen Querschnitt aufweist. Vorzugsweise ist der Träger wenigstens abschnittsweise kegelstumpfförmig ausgebildet.

[0011] Wenn im Rahmen der Erfindung von einem Abstand zwischen Flansch und Pitchlager gesprochen wird, so ist hierunter ein Abstand im Bereich von 0,5 m oder mehr zu verstehen. In bevorzugten Ausführungen beträgt der Abstand 5 m oder mehr, besonders bevorzugt 10 m oder mehr. Die Erfindung wird dadurch vorteilhaft weitergebildet, dass das Rotorblatt ferner eine Außenstruktur aufweist, an welcher die vom Wind umströmte aerodynamische Blattoberfläche ausgebildet ist, wobei die Außenstruktur mittels des Pitchlagers um eine Pitchachse drehbar an dem Träger gelagert ist. Dies ermöglicht es, den nicht bewegten, statisch an der Rotornabe befestigten Träger vollständig auf Stabilität hin auszuliegen, da die aerodynamische Funktion vornehmlich von der Außenstruktur getragen wird. In Abhängigkeit der verwendeten Lagerung werden die Lasten in den Träger eingeleitet und in die Nabe weitergeleitet. Somit werden die Lasten auch von dem Träger getragen.

[0012] Alternativ oder zusätzlich kann aber auch der Träger an seiner Außenfläche aerodynamisch ausgebildet sein, sofern er im Betrieb vom Wind umströmt wird.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das Pitchlager ein einziges Lager auf, welches Axial-, Radial- und Biegebelastungen zwischen Außenstruktur und Träger aufnimmt. Ein solches Lager ist vorzugsweise als Momentenlager, oder als, insbesondere mehrreihiges, Vierpunktlager ausgebildet.

[0014] In einer alternativen bevorzugten Ausgestaltung weist das Pitchlager ein erstes Lager auf, welches zumindest Axialbelastungen, vorzugsweise zumindest Axialbelastungen und Radialbelastungen, besonders bevorzugt Axial-, Radialbelastungen und Kippmomente aufnimmt, und zusätzlich ein zweites Lager als Stützlager aufweist, welches Radiallasten aufnimmt. In Abhängigkeit des Lagerungskonzepts ist das zweite Lager, insbesondere bei einer Fest-Los-Lager-Lösung sowie bei einer Stützlagerung (O-Anordnung oder X-Anordnung) dazu eingerichtet, sowohl radiale als auch axiale Lasten aufzunehmen.

[0015] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das zweite Lager als Gleitfläche zur Aufnahme der radialen Lasten ausgebildet. Die Gleitfläche wird vorzugsweise an dem Träger und/oder an dem Blatt ausgebildet, beispielsweise durch die jewei-

ge Anbringung eines Streifens aus einer Kupferlegierung oder einem Weißmetall. Die mittlere Rauheit R_a der Gleitfläche liegt vorzugsweise in einem Bereich von $R_a \leq 1,0 \mu\text{m}$, bestimmt beispielsweise nach ISO 25178:2009. In einer solchen Ausführungsform ist das erste Lager vorzugsweise ein Momentenlager oder Vierpunktlager, oder alternativ eine konventionelle Festlagerung oder Kombination aus Fest- und Loslagerung, während das zweite Lager als Stützlager beispielsweise ein Radiallager sein kann.

[0016] Wenn vorstehend von Ausführungsformen mit erstem und zweitem Lager gesprochen wird, ist das erste Lager dasjenige, welches von dem Flansch wie vorstehend definiert beabstandet ist. Das zweite Lager ist näher an der Blattwurzel angeordnet als das erste Lager. Vorzugsweise ist das zweite Lager in einem Abstand von weniger als 0,5 m zu der Flanschenebene angeordnet, besonders bevorzugt unmittelbar in der Flanschenebene.

[0017] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Rotorblatt eine Pitchebene auf, die in Richtung der Blattspitze von der Blattwurzel beabstandet ist, und das Rotorblatt entlang der Pitchebene in einen ungepitchten und einen gepitchten Teil unterteilt. Diese Ausführungsform erlaubt es einerseits, den Träger und die Außenstruktur nebeneinander anzuordnen, wobei der Träger, bezogen auf die Umlaufbewegung der Rotorblätter an der Windenergieanlage radial innen, nabenseitig, angeordnet ist, und an ihm radial außerhalb davon die Außenstruktur über das Pitchlager montiert wird.

[0018] In einer ersten bevorzugten Ausführungsform ist die Außenstruktur mit einem Innenring des Pitchlagers gekoppelt. In dieser Ausführung kann beispielsweise ein Wellenende an der Außenstruktur befestigt sein, das von dem Pitchlager aufgenommen und innerhalb des Trägers gelagert wird. Das Wellenende wird vorzugsweise direkt oder mittels des Innenrings des Pitchlagers zum Verstellen des Pitchwinkels der Außenstruktur von einem motorischen Pitchantrieb angetrieben. Der Träger ist in dieser Ausgestaltung ein Hohlkörper, in den das Wellenende eingreift, und weist vorzugsweise einen Teil der äußeren Oberfläche des Rotorblattes auf.

[0019] In einer zweiten alternativen Ausführung ist die Außenstruktur mit einem Außenring des Pitchlagers gekoppelt. Diese Ausgestaltung ermöglicht es, zwischen der Außenstruktur und dem Träger einen Überlappungsbereich auszubilden, in dem der Träger innerhalb der Außenstruktur angeordnet ist. In einer solchen Ausführungsform definiert das der Blattwurzel zugewandte Ende des Überlappungsbereichs dann die Pitchebene. In dem Überlappungsbereich ist die Außenstruktur quasi wie ein Gehäuse über den Träger gelegt und verdeckt diesen. Der Überlappungsbereich kann sich im Wesentlichen bis zur

Blattwurzel hin erstrecken, wobei in einer solchen Ausführungsform das Blatt von außen betrachtet wie ein konventionelles, an der Blattwurzel gepitchtes Lager funktioniert, tatsächlich aber aufgrund der Momenten-Ausbalancierung deutlich geringere Reibung und somit geringere Pitchkräfte erfordert. Diese Ausführungsform hat noch einen weiteren Vorteil: Wenn der Träger ausreichend dimensioniert ist, dass er begehbar wird, kann das Rotorblatt zumindest bis zur Pitchebene von innen in montiertem Zustand begangen werden. Aufgrund der Leichtbauweise ist dies bei konventionellen Rotorblättern, die häufig aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt sind, nicht immer möglich. Der Träger allerdings schirmt die mechanische Belastung, die durch ein Begehen verursacht würde, von der leichtgewichtigen ausgelegten Außenstruktur ab.

[0020] Vorzugsweise ist die Außenstruktur mehrteilig ausgebildet und weist einen ersten Teil auf, der sich von dem Pitchlager, insbesondere dem ersten Lager des Pitchlagers, bis zur Blattspitze erstreckt, sowie einen zweiten Teil, der sich von dem Pitchlager, insbesondere dem ersten Lager des Pitchlagers, bis zu der Pitchebene erstreckt. Besonders bevorzugt sind der erste Teil und der zweite Teil der Außenstruktur mittels eines drehenden Rings, insbesondere des Außenrings, des (ersten) Pitchlagers miteinander verbunden, beispielsweise indem sie an gegenüberliegenden Stirnseiten des Außenrings des Pitchlagers an dem Pitchlager befestigt sind. Besonders bevorzugt erstreckt sich der zweite Teil der Außenstruktur bis in die Nähe der Flanschebene.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Rotorblatt eine nicht gepitchte Blattverkleidung auf, die sich zwischen der Blattwurzel und der Außenstruktur im wesentlichen bis zur Pitchebene erstreckt, insbesondere angrenzend an den Überlappungsbereich.

[0022] Eine solche Blattverkleidung kann vorzugsweise ebenfalls aerodynamisch optimiert ausgebildet sein, um für einen bestimmten Anström-Winkelbereich in montiertem Zustand des Rotorblatts einen möglichst verringerten Strömungswiderstand und möglichst wenig Turbulenzbildung zu gewährleisten. Die Blattverkleidung könnte auch strukturell mit dem Träger verbunden sein oder einteilig mit diesem ausgebildet.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist der Träger zwischen dem Pitchlager und dem Flansch eine zu der Pitchachse derart abgewinkelte Trägerachse auf, dass die Pitchachse in einer Windenergieanlage montiertem Zustand des Rotorblatts weiter von einer Turmachse der Windenergieanlage beabstandet ist als der Flansch. Man kann davon sprechen, dass das Rotorblatt in einer solchen Ausführungsform in der Pitchebene einen Knick auf-

weist. Die Außenstruktur ragt infolge des Knicks weiter nach vorne von der Gondel vor, als es ein konventionelles Rotorblatt mit einem Konuswinkel an der Blattlagerebene tun würde. Hierdurch wird der Freigang zwischen den Rotorblättern und dem Turm der Windenergieanlage erhöht, was die Verwendung längerer Rotorblätter als bislang bekannt ermöglicht. Der Winkel zwischen der Pitchachse und der Trägerachse liegt vorzugsweise in einem Bereich von 1° bis 15° , weiter vorzugsweise in einem Bereich von 2° bis 10° und besonders bevorzugt in einem Bereich von 3° bis 5° .

[0024] Die Erfindung löst ferner die ihr zugrunde liegende Aufgabe bei einer Windenergieanlage der eingangs bezeichneten Art, indem die Rotorblätter nach einer der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen ausgebildet sind. Aufgrund der geringeren Belastungen der Pitchlager und der Pitchantriebe ist eine zuverlässige Betriebsweise bei gleichzeitig reduzierten Kosten der Windenergieanlagen zu erwarten. Hinsichtlich der weiteren Vorteile und bevorzugten Ausführungen der erfindungsgemäßen Windenergieanlagen wird auf die vorstehend Ausführungen zu den Rotorblättern verwiesen.

[0025] Die Windenergieanlage gemäß der Erfindung wird vorzugsweise weitergebildet, indem jedem Rotorblatt ein Pitchantrieb mit einem Antriebsritzel zugeordnet ist, welches in eine Verzahnung eingreift.

[0026] Die Verzahnung ist vorzugsweise an der Außenstruktur oder einem an der Außenstruktur vorgesehenen Wellenende, oder unmittelbar an dem bewegten Lagerring des Lagers beziehungsweise eines der Lager des Pitchlagers angeordnet. Vorzugsweise ist die Verzahnung an den Lagerring angeformt.

[0027] Die Verzahnung ist vorzugsweise entlang eines Winkelbereichs zwischen 60° und 270° ausgebildet, vorzugsweise zwischen 90° und 180° .

[0028] Weiter vorzugsweise weist die Verzahnung mehrere aneinandergereihte Segmente auf, die gemeinsam den vorstehenden Winkelbereich abdecken.

[0029] Die Erfindung wird im Folgenden anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher beschrieben. Hierbei zeigt:

[0030] Fig. 1 eine schematische Windenergieanlage gemäß der vorliegenden Erfindung in einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel.

[0031] Fig. 2 eine Teildarstellung der Windenergieanlage gemäß Fig. 1 mit einem Rotorblatt gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel, und

[0032] Fig. 3 eine erfindungsgemäße Windenergieanlage gemäß zweitem bevorzugten Ausführungsbeispiel mit einem alternativen Rotorblatt.

[0033] Fig. 1 zeigt eine Windenergieanlage **100** mit einem Turm **102** und einer Gondel **104**. An der Gondel **104** ist eine Rotornabe **106** mit drei Rotorblättern **1** und einem Spinner **110** angeordnet. Der Rotor **106** wird in Betrieb durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt und treibt dadurch einen Generator in der Gondel **104** an.

[0034] Fig. 2a zeigt das Rotorblatt **1** gemäß Fig. 1 in einer schematischen Teilschnittansicht. Das Rotorblatt **1** weist eine Blattwurzel **3** und eine Blattspitze **5** auf. Am blattwurzelseitigen Ende weist das Rotorblatt **1** einen Flansch **7** zur Befestigung an der Rotornabe **106** auf.

[0035] Das Rotorblatt **1** weist ein Pitchlager **9a** auf. Das Pitchlager **9a** ist in einem Abstand A_1 zu dem Flansch **7** beabstandet. Das Pitchlager **9a** ist vorzugsweise als Momenten- oder (mehreihiges) Vierpunktlager ausgebildet. Das Pitchlager **9a** ist von einem Träger **11** mit einem inneren Lagerring befestigt. Der Träger **11** weist den Flansch **7** auf und ist fest an der Rotornabe **106** verankert. An seinem Außenring ist das Pitchlager **9a** mit einer Außenstruktur **13** fest verbunden, so dass die Außenstruktur **13** relativ zu dem Träger **11** mittels des Pitchlagers **9a** drehbar gelagert ist. Das Pitchlager **9a** definiert eine Pitchachse P , um die das Rotorblatt **1** bzw. dessen Außenstruktur **13** um den Winkel β im Anstellwinkel verstellbar ist.

[0036] In einer bevorzugten Alternative weist die Pitchlagerung zusätzlich ein Stützlager **9b** auf, welches in einem Abstand A_2 zum Flansch **7** am Träger **11** angeordnet ist, und die Außenstruktur **13** zusätzlich abstützt.

[0037] Die Außenstruktur **13** ist vorzugsweise als ein homogenes Teil ausgebildet, bei dem sich im Bereich **13b** ein Überlappungsbereich zwischen dem Träger **11** und der Außenstruktur **13** ergibt. In einer bevorzugten Alternative ist die Außenstruktur **13** mehrteilig ausgebildet und weist einen ersten Teil **13a** und einen zweiten Teil **13b** auf, die entweder miteinander oder jeweils mittels des Lagers **9a** miteinander gekoppelt sind.

[0038] Im Bereich einer Überlappung zwischen der Außenstruktur **13** und dem Träger **11** wandert die Pitchebene soweit in Richtung des Flansches **7** zur Blattwurzel **3** hin, wie die Überlappung ausgestaltet ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 2a wäre die Pitchebene bei einer angenommenen homogenen Außenstruktur **13**, in der die Bereiche **13a** und **13b** rotieren, an der durch E_2 gekennzeichneten Stelle.

[0039] Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Pitchlagerung wird nachfolgend unter der Annahme erläutert, dass die Pitchlagerung ausschließlich das Pitchlager **9a** aufweist: Auf das Rotorblatt wirkt einerseits im Bereich **13a** der Außenstruktur die Kraft F_2 ein, und im Bereich **13b** die Kraft F_1 . Die Kraft F_1 hat einen Hebelarm l_1 zum Pitchlager **9a**, während die Kraft F_2 einen Hebelarm l_2 zum Pitchlager **9a** aufweist. Das resultierende Kippmoment M ergibt sich nach der Gleichung $M = F_2 \times l_2 - F_1 \times l_1$. Im Vergleich dazu wäre das resultierende Kippmoment deutlich größer, wenn die Pitchlagerung direkt am Flansch **7** angeordnet wäre: Dann ergäbe sich das Moment aus der Summe der Kraft F_1 mal ihrem Abstand zum Flansch und der Summe F_2 mal ihrem Abstand zum Flansch **7**. Es ist unmittelbar einleuchtend, dass jenes resultierende Moment um ein Vielfaches größer wäre als das erfindungsgemäße resultierende Kippmoment.

[0040] Die Stabilität des Rotorblatts **1** wird durch die Verwendung des zusätzlichen Pitchlagers **9b** zusätzlich verbessert.

[0041] Fig. 2b zeigt eine zu Fig. 2a alternative Ausgestaltung eines Rotorblattes **1'** für eine Windenergieanlage **100'**. In jener Ausführungsform, in der nur der Bereich **13a** als Außenstruktur fungiert, ist der Träger **11** nicht innenliegend, sondern außenliegend als Hohlkörper ausgebildet und fungiert vorzugsweise außen als Blattverkleidung **16** zwischen der Pitchebene E und der Blattwurzel. Die Außenstruktur **13a** weist ein Wellenende **14** auf, welches drehbar in dem Träger **11** gelagert ist. Der Bereich **13a** ist der gepitchte Teil des Rotorblattes, während zwischen Pitchebene E und dem Flansch **7** ein nicht gepitchter Teil **13c** ausgebildet ist.

[0042] Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2a, b entspricht die Pitchachse P in etwa einer Längsachse des Rotorblatts, die sich von der Mitte der Blattwurzel **3** bis zur Mitte der Blattspitze **5** hin erstreckt.

[0043] In dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel verhält sich dies etwas anders. In Fig. 3 ist ebenfalls eine erfindungsgemäße Windenergieanlage **100''** dargestellt, allerdings mit einem von der Darstellung gemäß Fig. 2 abweichenden Rotorblatt **1**. Das Rotorblatt **1''** weist ebenfalls eine Blattwurzel **3** und eine Blattspitze **5** auf. Ein Flansch **7** ist an einem Träger **11** ausgebildet und mit der Rotornabe **106** verbunden. Die Außenstruktur **13** des Rotorblatts **1''** ist ebenfalls um einen Winkel β um die Pitchachse P verstellbar. Das Rotorblatt **1''** ist durch die (nicht dargestellte) Pitchlagerung in einer Pitchebene E in einen nicht gepitchten Teil **13c**, und einen gepitchten Teil **13a** unterteilt, wobei aufgrund der nichtvorhandenen Überlappung der nicht gepitchte Teil durch den Träger **11** charakterisiert wird, und der gepitchte Teil durch die Außenstruktur **13**.

[0044] Der wesentliche Unterschied zu der Darstellung gemäß **Fig. 2** ist derjenige, dass der Träger **11**, der eine Trägerachse **Z** aufweist, mit der Trägerachse **Z** um einen Winkel α relativ zu der Pitchachse **P** abgewinkelt ist, so dass die Außenstruktur **13** und die Pitchachse **P** weiter von einer vertikalen Achse **T** des Turms **102** der Windenergieanlage **100'** beabstandet sind als der Flansch **7** am blattwurzelseitigen Ende des Rotorblatts **1''**. Durch diesen Winkel α werden die Rotorblätter **1''** von der vertikalen Achse **T** des Turms **102** der Windenergieanlage **100'** weiter abgerückt, wodurch der Turmfreigang **F** bei gleichbleibender Rotorblattlänge erhöht, bzw. das Rotorblatt **1''** bis zum Erreichen eines minimal vorgeschriebenen Turmfreigangs länger ausgeführt werden kann. Zudem wird durch die erfindungsgemäße Bauform eine sehr kompakte Gondel- bzw. Maschinenhausgröße erreicht, angedeutet durch Bezugszeichen **104'**.

[0045] Aus den vorstehenden Erörterungen ergibt sich, dass unter Befolgung der erfindungsgemäßen Aspekte eine in ihrer Funktion Belastungssituation verbesserte Windenergieanlage erreicht werden kann.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- ISO 25178:2009 [0015]

Patentansprüche

1. Windenergieanlagen-Rotorblatt (1, 1', 1''), mit einer Blattwurzel und einer Blattspitze (5), einem blattwurzelseitig angeordneten Flansch (7) zur Befestigung des Rotorblatts an einer Rotornabe einer Windenergieanlage, und einem Pitchlager (9b, 9a), zum Verstellen des Anstellwinkels (β) des Rotorblatts, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rotorblatt einen ungepitchten Träger (11) aufweist, an welchem der Flansch (7) ausgebildet ist, wobei das Pitchlager (9b, 9a) an dem Träger (11) befestigt und von dem Flansch (7) in Richtung der Blattspitze (5) beabstandet ist.

2. Rotorblatt (1, 1', 1'') nach Anspruch 1, wobei das Rotorblatt ferner eine Außenstruktur (13) aufweist, an welcher die vom Wind umströmte aerodynamische Blattoberfläche ausgebildet ist, und die Außenstruktur mittels des Pitchlagers (9a, 9b) um eine Pitchachse (P) drehbar an dem Träger (11) gelagert ist.

3. Rotorblatt (1, 1, 1'') nach Anspruch 2, wobei das Pitchlager ein einziges Lager (9a) aufweist, welches Axialbelastungen, Radialbelastungen und Kippmomente zwischen Außenstruktur (13) und Träger (11) aufnimmt.

4. Rotorblatt (1, 1', 1'') nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Pitchlager ein erstes Lager (9a) aufweist, welches zumindest Axialbelastungen, vorzugsweise Axialbelastungen und Radialbelastungen, besonders bevorzugt Axialbelastungen, Radialbelastungen und Kippmomente, aufnimmt und zusätzlich ein zweites Lager (9b) als Stützlager aufweist, welches zumindest Radiallasten aufnimmt.

5. Rotorblatt (1, 1, 1'') nach Anspruch 4, wobei das erste Lager (9a) weiter von dem Flansch beabstandet ist als das zweite Lager (9b).

6. Rotorblatt (1, 1', 1'') nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Rotorblatt eine Pitchebene (E, E₂) aufweist, die in Richtung der Blattspitze (5) von der Blattwurzel (3) beabstandet ist, und das Rotorblatt entlang der Pitchebene in einen ungepitchten Teil (13c) und einen gepitchten Teil (13a) unterteilt.

7. Rotorblatt (1, 1') nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zwischen der Außenstruktur (13a) und dem Träger (11) ein Überlappungsbereich (13b) ausgebildet ist.

8. Rotorblatt nach Anspruch 7, wobei an der Außenstruktur (13a) ein Wellenende (14) angeordnet ist, welches drehbar mittels des Pitchlagers (9a) in dem Träger (11) gelagert ist.

9. Rotorblatt nach Anspruch 7, wobei der Träger (11) innerhalb der Außenstruktur (13a) angeordnet ist.

10. Rotorblatt (1') nach einem der vorstehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 9, mit einer Blattverkleidung (16), die sich zwischen der Blattwurzel (3) und der Außenstruktur (13a) im wesentlichen bis zur Pitchebene (E) erstreckt.

11. Rotorblatt (1'') nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Träger (11) zwischen dem Pitchlager (9a, b) und dem Flansch (11) einen zu der Pitchachse (P) derart abgewinkelten Abschnitt aufweist, dass die Pitchachse (P) in an der Windenergieanlage montiertem Zustand des Rotorblatts weiter von einer Turmachse (T) der Windenergieanlage (100') beabstandet ist als der Flansch (7).

12. Windenergieanlage (100, 100', 100''), mit einem Generator, vorzugsweise einem Synchrongenerator, einer Rotornabe (10b), die mit dem Generator zu dessen Antrieb gekoppelt ist, und einem oder mehreren an der Rotornabe (10b) befestigten Rotorblättern (1, 1') zum Antrieb der Rotornabe (10b), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rotorblätter (1, 1') nach einem der vorstehenden Ansprüche ausgebildet sind.

13. Windenergieanlage (100, 100', 100'') nach Anspruch 12, wobei jedem Rotorblatt (1, 1', 1'') ein Pitchantrieb mit einem Antriebsritzel zugeordnet ist, welches in eine Verzahnung eingreift.

14. Windenergieanlage (100, 100', 100'') nach Anspruch 13, wobei die Verzahnung an der Außenstruktur oder einem an der Außenstruktur vorgesehenen Wellenende, oder unmittelbar an dem Pitchlager angeordnet, vorzugsweise an einen Lagerring des Pitchlagers angeformt ist.

15. Windenergieanlage (100, 100', 100'') nach Anspruch 13 oder 14, wobei die Verzahnung entlang eines Winkelbereichs zwischen 60° und 270° ausgebildet ist, vorzugsweise zwischen 90° und 180°.

16. Windenergieanlage (100, 100', 100'') nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei die Verzahnung mehrere aneinandergereihte Segmente aufweist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

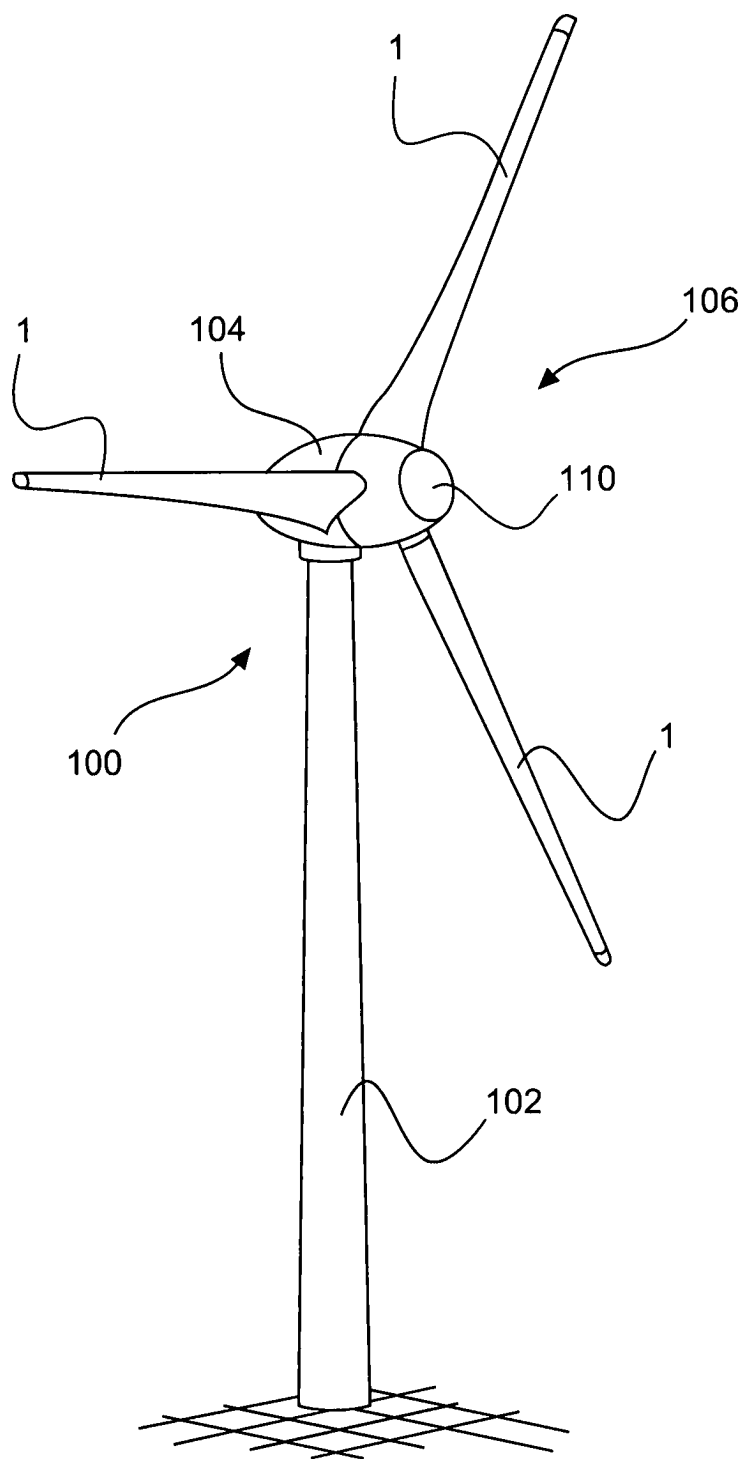


Fig. 1

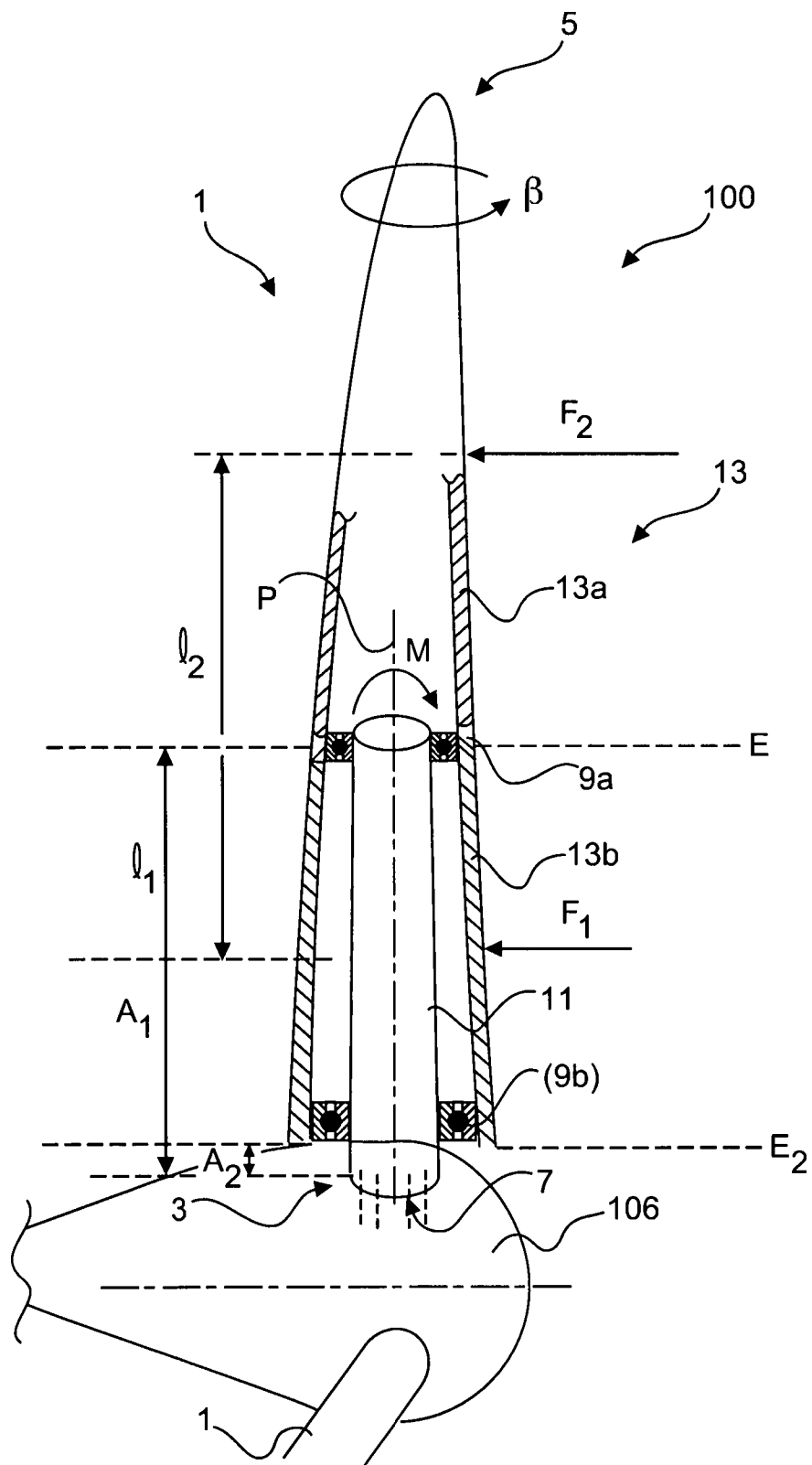


Fig. 2a

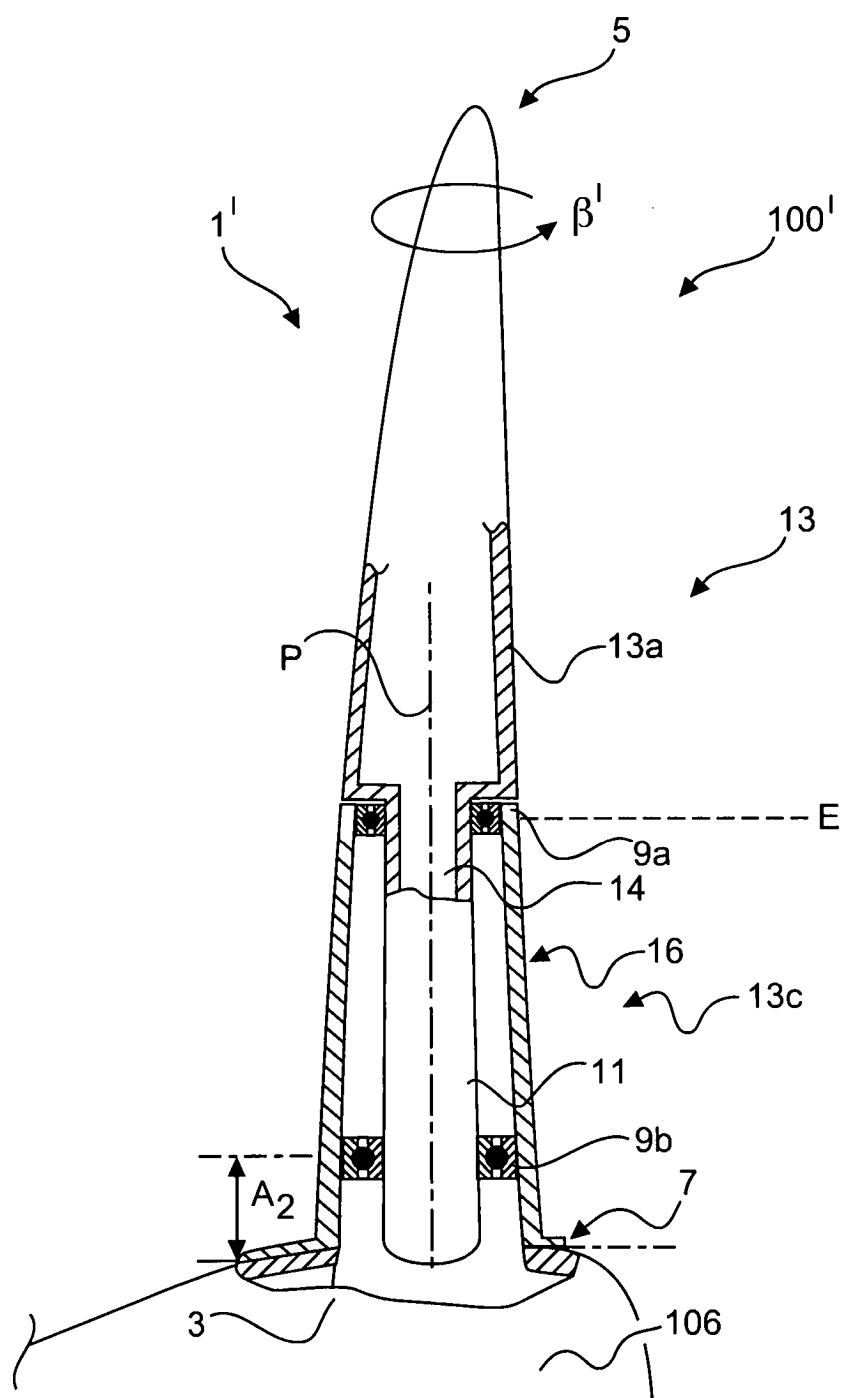


Fig. 2b

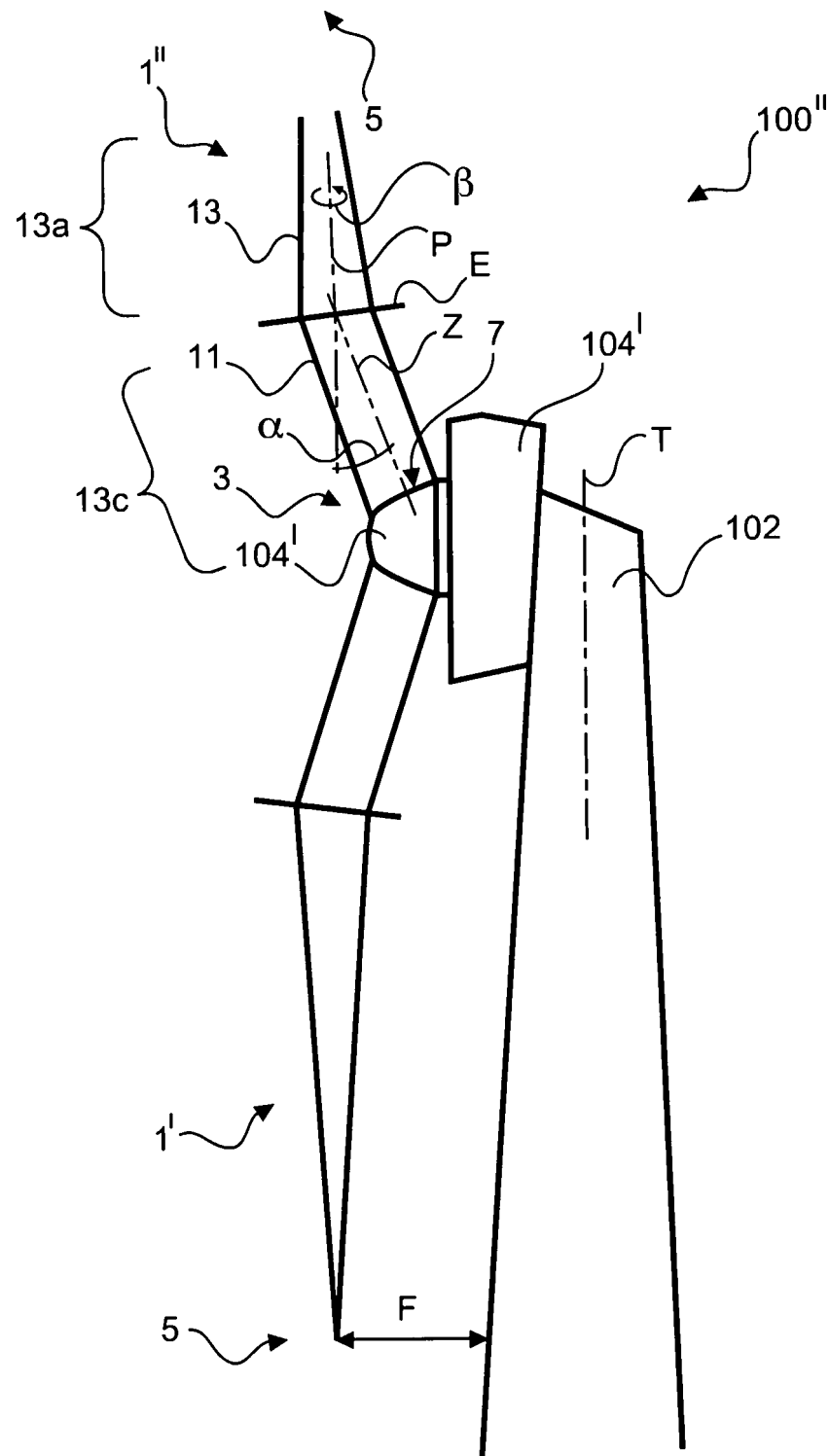


Fig. 3