

(51) Int Cl.:
B22D 19/04 (2006.01)

(22) Anmeldetag: **09.02.2011**

- **Wehnsen, Henning**
24361 Klein Wittensee (DE)
- **Jungbluth, Rainer**
24837 Tolk (DE)
- **Gras, Carsten**
24784 Westerröfeld (DE)
- **Mohaupt, Ronny**
23812 Wahlstedt (DE)

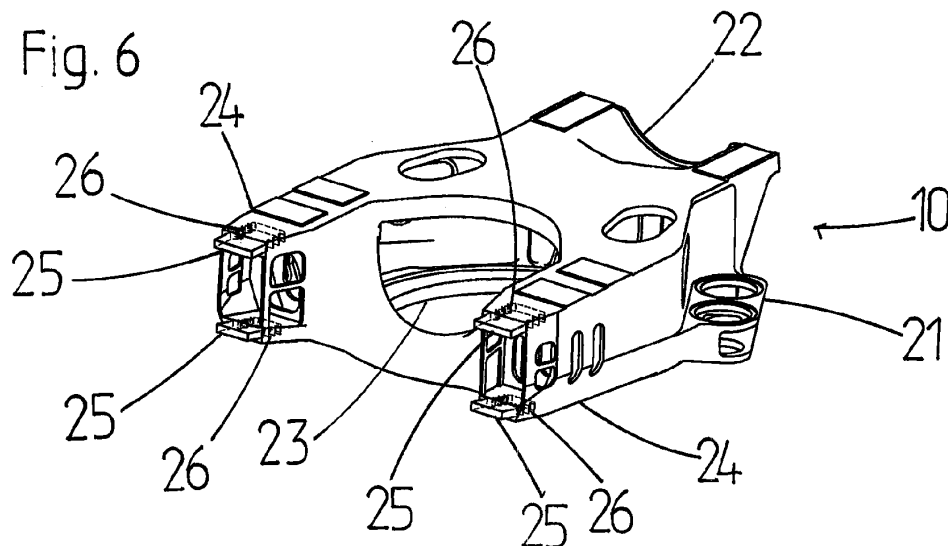
(74) Vertreter: **Volmer, Jochen et al**
Seemann & Partner
Patentanwälte
Ballindamm 3
20095 Hamburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Winkler, Andreas**
24783 Osterrönfeld (DE)

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Maschinenträgers (10, 11) für eine Windenergieanlage, wobei ein Hauptträger (10) durch Gießen eines Abgusses als Gussteil hergestellt wird und ein Heckträger (11) als Schweißteil hergestellt wird. Die Erfindung betrifft ferner Maschinenträger (10, 11) für eine Windenergieanlage mit einem im Wesentlichen als Gussteil ausgebildeten Hauptträger (10) und einem im Wesentlichen als Schweißteil ausgebildeten Heckträger (11) sowie mit

einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage mit einem Maschinenträger.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass wenigstens ein schweißfähiges Eingussteil (25) vorgesehen ist, das beim Herstellen des Hauptträgers (10) in einem heckseitigen Verbindungsstück (24) des Hauptträgers (10) teilweise eingegossen wird und das außerhalb des Hauptträgers (10) mit dem Heckträger (11), insbesondere mittels Schweißen, verbunden ist oder wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Maschinenträgers für eine Windenergieanlage, wobei ein Hauptträger durch Gießen eines Abgusses als Gussteil hergestellt wird und ein Heckträger als Schweißteil hergestellt wird. Die Erfindung betrifft weiter einen Maschinenträger für eine Windenergieanlage mit einem wenigstens im Wesentlichen als Gussteil ausgebildeten Hauptträger und einen im Wesentlichen als Schweißteil ausgebildeten Heckträger, sowie eine Windenergieanlage.

[0002] Windenergieanlagen weisen üblicherweise einen Turm auf, an dessen Spitze eine Gondel mit einem Rotor mit einer Rotornabe mit Rotorblättern angeordnet ist, der im Betrieb einen Generator antreibt. Die Gondel beherbergt Maschinenteile wie Lager, Wellen und den Generator, sowie gegebenenfalls ein Getriebe. Die Maschinenteile werden von einer Bodenplattform bzw. einem Maschinenträger getragen, der auf dem Turm drehbar gelagert ist.

[0003] Der Maschinenträger überträgt im vorderen Teil die gesamten Rotorkräfte über die Azimutlagerung auf den Turm, nimmt die schweren Lasten der Maschinenteile auf und ist entsprechend steif und massiv gebaut. Maschinenträger können komplett einstückig als Schweißkonstruktion oder als Gussbauteil ausgeführt sein. Alternativ besteht ein Maschinenträger aus zwei Teilen, wobei sowohl der vordere Hauptträger als auch der Heckträger, der mit dem Hauptträger an dessen Heckseite verbunden ist, geschweißt oder gegossen sein können. Im Unterschied zum stark dynamisch belasteten Hauptträger liegt die Hauptaufgabe des Heckträgers darin, das Gewicht des Generators und gegebenenfalls eines Transformators, eines Umrichters und von Schaltschränken zu tragen. Hierbei ist die Festigkeitsauslegung weniger kritisch als bei dem hochbeanspruchten Hauptträger. Wichtiger ist hier die Steifigkeitsauslegung, da der Generator genau mit dem Getriebe fluchten muss. Dynamische Belastungen des Heckträgers resultieren vor allem aus Schwingungen und Trägheitskräften.

[0004] Hauptträger werden derzeit bei einigen Windenergieanlagen als Gussteile aus Gusseisen gefertigt, also als Abguss in einem Gussverfahren hergestellt. Dies hat den Vorteil, dass auch komplizierte Formen leicht herstellbar sind. Außerdem hat das Gussmaterial schwingungsdämpfende Eigenschaften, die ein Schweißteil aus Stahl nicht hat. Dies ist in der Umgebung in einer Gondel einer Windenergieanlage, in der starke Schwingungen und somit auch starke Schallabstrahlungen entstehen können, vorteilhaft. Gusseisen hat bei geringerer Dichte als Stahl außerdem eine gute Druckfestigkeit und aufgrund seiner Versprödung eine gute Formsteifigkeit, was es für die Anwendung als Maschinenträger besonders geeignet macht. Ein Beispiel eines geeigneten Gusseisens ist Gusseisen mit Kugelgraphit, d. h. sphärischen Graphiteinlagerungen, welches zu-

sätzlich eine vergleichsweise hohe Zugfestigkeit aufweist.

[0005] Der Heckträger kann, wie auch der Hauptträger, aus Kostengründen ein Schweißteil sein, das heißt aus mehreren Stahlteilen, also Stahlträgern, Stahlrohren und Stahlblechen, insbesondere aus Walzstahl, zusammengeschweißt. Wegen der höheren Zug- und Bruchfestigkeit gegenüber Gusseisen weist der Heckträger bei gleicher Belastbarkeit ein geringeres Gewicht auf.

[0006] Da Gusseisen nicht schweißbar ist, ist die Verbindung zwischen dem Hauptträger und dem Heckträger üblicherweise als Flanschverbindung ausgebildet. Hierzu ist der Heckträger an den Maschinenträger mittels geeigneter Schraubverbindungen angeflanscht. Entsprechende Schraub- und Flanschverbindungen zwischen Hauptträgern und Heckträgern benötigen eine regelmäßige Wartung, um einen dauerhaften stabilen Halt zu garantieren. Flanschverbindungen sind außerdem platzraubend und können aufgrund der engen Platzverhältnisse in einer Gondel schwer zugänglich sein.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen eines verbesserten Maschinenträgers, einen verbesserten Maschinenträger und eine Windenergieanlage mit einem entsprechenden Maschinenträger zur Verfügung zu stellen, die die zuvor genannten Nachteile ausräumen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Herstellen eines Maschinenträgers für eine Windenergieanlage gelöst, wobei ein Hauptträger durch Gießen eines Abgusses als Gussteil hergestellt wird und ein Heckträger als Schweißteil hergestellt wird, das dadurch weitergebildet ist, dass wenigstens ein schweißfähiges Eingsussteil vorgesehen ist, das beim Herstellen des Hauptträgers in einem heckseitigen Verbindungsstück des Hauptträgers teilweise eingegossen wird und das außerhalb des Hauptträgers mit dem Heckträger, insbesondere mittels Schweißen, verbunden ist oder wird.

[0009] Die Erfindung beruht auf dem Grundgedanken, dass der Maschinenträger in einem Verbundgussverfahren hergestellt wird. Dazu wird während der Herstellung des Hauptträger-Gussteiles ein schweißbares Eingsussteil teilweise in den Hauptträger bzw. in ein Verbindungsstück des Hauptträgers eingegossen, so dass es aus dem Hauptträger heraus ragt. Das Verbindungsstück ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Teil bzw. Bereich des Hauptträgers, an das bzw. an den der Heckträger angesetzt wird. Der aus dem Gusskörper des Hauptträgers heraus ragende Teil des Eingsussteils ist oder wird mit dem Heckträger verschweißt, kann im Rahmen der Erfindung aber auch ein Teil des Heckträgers sein.

[0010] Die Verbundgusstechnik bietet die Möglichkeit, eine dauerhafte und wartungsfreie Verbindung zwischen Gussteilen und Stahlteilen zu erzeugen. Die Einbettung des Eingsussteils in den Gusskörper stellt eine zumindest teilweise stoffschlüssige Verbindung dar, ebenso wie eine Schweißverbindung oder eine einstückige Verbindung des aus dem Gusskörper heraus ragenden Teils

des Eingsussteils mit dem Heckträger. Damit ist eine Verbindung zwischen Hauptträger und Heckträger hergestellt, die dauerhafter und fester ist als eine geschraubte Flanschverbindung, die lediglich eine Kraft- und/oder formschlüssige Verbindung herstellt und sich unter ständig wechselnder Belastung lockern kann.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren bietet eine erhöhte konstruktive Freiheit bei der Anordnung der Verbindungsstelle und eine einfache Gestaltungsmöglichkeit des Gussträgers. Dies führt sowohl zu einer Gusskostenoptimierung als auch zu einer Schweißkostenoptimierung. Der Wegfall des Flansches führt zu einer Kostenersparnis für Flanschmaterial und Flanschbearbeitung sowie zu einer besseren Ausnutzung des in einer Gondel einer Windenergieanlage zur Verfügung stehenden Raumes. So können Eingsusteile auch an unzugänglichen Stellen in der Gondel, beispielsweise unterhalb des Getriebes, angeordnet werden. Ein Schraubenflansch muss hingegen regelmäßig gewartet werden und muss deshalb weiter nach hinten, also in größerem Abstand zur Turmachse, angeordnet werden, um zugänglich zu sein.

[0012] Außerdem ist es nunmehr möglich, den gesamten Maschinenträger in einem Teil durchzuführen, wobei Hauptträger und Heckträger miteinander verbunden sind. Das schwierige und aufwändige Herstellen einer Verbindung von Hauptträger und Heckträger in der Gondel der Windenergieanlage entfällt.

[0013] In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Eingsussteil zunächst in das heckseitige Verbindungsstück des Hauptträgers teilweise eingegossen und anschließend der Heckträger an einen auf dem Hauptträger heraus ragenden Teil des Eingsussteils angeschweißt. Dabei ist das wenigstens eine Eingsussteil beim Gießen des Hauptträgers besonders einfach positionierbar. Das Resultat des Gussvorgangs ist in diesem Fall ein gegossener Hauptträger mit wenigstens einem teilweise aus dem Gusskörper des Hauptträgers heraus ragenden Eingsussteil. Dieses wird im weiteren Herstellungsprozess als Anschweißfläche für den geschweißten Heckträger genutzt.

[0014] Alternativ hierzu ist ebenfalls vorteilhafterweise vorgesehen, dass zunächst der Heckträger mit einem Eingsussteil hergestellt wird und anschließend ein Teil des Eingsussteils bei der Herstellung des Hauptträgers in das heckseitige Verbindungsstück des Hauptträgers eingegossen wird. Das Eingsussteil kann bereits ein Teil eines Trägers bzw. Stahlträgers des Heckträgers sein oder daran angeschweißt sein und dient dazu, bei der Herstellung des Hauptträgers mit eingegossen zu werden. So wird die Verbindung des Hauptträgers mit dem Heckträger beim Herstellen des Hauptträgers durch Eingießen hergestellt anstelle eines nachträglichen Anschweißens. Der Vorteil dieser alternativen Vorgehensweise ist, dass eine noch solidere Verbindung des Eingsussteils mit dem Heckträger möglich ist, da das Eingsussteil entweder bereits Teil eines tragenden Teils des Heckträgers ist oder an ein tragendes Teil des Heckträgers ange-

schweißt wird, wobei bei dieser Vorgehensweise eine bessere Zugänglichkeit der Schweißstelle von allen Seiten gegeben ist.

[0015] Beide Ausführungen erfordern eine genaue Ausrichtung des Heckträgers zum Hauptträger. Beim direkten Eingießen des Heckträgers bzw. der Träger oder Trägerarme des Heckträgers in das Gussbauteil des Hauptträgers ist eine Vorrichtung zur Positionierung und Ausrichtung erforderlich, da es nach dem Abguss keine Korrekturmöglichkeiten mehr gibt.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorteilhaft weitergebildet, wenn das Eingsussteil vor dem Eingießen in das heckseitige Verbindungsstück des Hauptträgers vorgewärmt wird. Dies begünstigt die Legierungsbildung in der Randzone zum Gusswerkstoff. Ebenfalls vorteilhafterweise wird der Hauptträger alleine, zusammen mit einem Eingsussteil oder zusammen mit dem Heckträger einem Glühvorgang unterworfen, wodurch das gewünschte Materialgefüge eingestellt wird, das die Vorteile der Stabilität, Dämpfungseigenschaften und Zug- und Rissfestigkeit aufweist.

[0017] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch einen Maschinenträger für eine Windenergieanlage mit einem im Wesentlichen als Gussteil, insbesondere aus einem Gusseisen mit Kugelgraphit, ausgebildeten Hauptträger und einem im Wesentlichen als Schweißteil ausgebildeten Heckträger gelöst, der dadurch weitergebildet ist, das wenigstens ein schweißfähiges Eingsussteil vorgesehen ist, das teilweise in ein heckseitiges vergossenes Verbindungsstück des Hauptträgers eingegossen ist und außerhalb des Verbindungsstücks des Hauptträgers mit dem Heckträger verbunden ist, insbesondere mittels einer Schweißverbindung. Das Eingsussteil kann auch einstückig mit dem Heckträger oder mit einem tragenden Teil des Heckträgers sein. Dabei ragt ein Teil des Eingsussteils aus dem Verbindungsstück des Hauptträgers heraus.

[0018] Auch in diesem Zusammenhang wird erfindungsgemäß unter einem Verbindungsstück ein Teil bzw. Bereich des Hauptträgers verstanden, an das bzw. an den der Heckträger angesetzt wird. Der Hauptträger und das Verbindungsstück werden vorzugsweise als Einheit zusammen gegossen.

[0019] Ein erfindungsgemäßer Maschinenträger ist in einer Verbundgusstechnik hergestellt und weist keine geschraubte Flanschverbindung zwischen Hauptträger und Heckträger auf. Die damit verbundenen Vorteile sind bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben worden.

[0020] Wenn vorzugsweise das Eingsussteil wenigstens in den Bereich, der im Hauptträger eingegossen ist, eine profilierte Oberfläche oder eine profilierte Kante aufweist, wodurch das Eingsussteil und das Verbindungsstück des Hauptträgers formschlüssig miteinander verbunden sind, ist zusätzlich zum Stoffschluss der Eingussverbindung auch ein Formschluss zwischen dem Eingsussteil und dem umgebenden Gusskörper des Hauptträgers erreicht. Der zusätzliche Formschluss ver-

hindert ein Herausrutschen des Eingsussteils aus dem Gusskörper des Hauptträgers selbst dann, wenn die stoffschlüssige Verbindung aufgrund von Materialermüdung einen Teil ihrer Festigkeit verliert. Eine entsprechende profilierte Oberfläche oder profilierte Kante kann beispielsweise ein Sägezahnprofil oder ein geeignetes anderes Profil sein.

[0021] Durch die Formschlüsse in der Formgebung der Eingsussteile wird selbst bei einer eventuellen Lockerung der Verbindung ein Absturz der elektrischen Komponenten verhindert. Einsetzende Vibrationen wegen des Wegfalls des Stoffschlusses würden aber von üblichen Vibrationssensoren erkannt werden und zu einer Abschaltung der betroffenen Windenergieanlage führen.

[0022] In einer vorteilhaften Aus- oder Weiterbildung weist der Heckträger zwei oder mehr Träger oder Trägerarme mit jeweils einem oder mehreren Eingsussteilen auf. Hierdurch werden gekoppelte Pendel- oder Schwingungsbewegungen des Heckträgers klein gehalten. Die Eingsussteile sind vorzugsweise als paarweise angeordnete horizontale Bleche ausgeführt. Wenn jeder Träger oder Trägerarm des Heckträgers paarweise wenigstens ein oberes Eingsussteil und wenigstens ein unteres Eingsussteil aufweist, wird das obere Eingsussteil vornehmlich auf Zug und das untere Eingsussteil vornehmlich auf Druck beansprucht, so dass eine wirksame Verteilung der Beanspruchungen erreicht wird.

[0023] In diesem Fall kann das wenigstens eine obere Eingsussteil mit einer größeren eingegossenen Oberfläche ausgebildet sein als das wenigstens eine untere Eingsussteil. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass das obere Eingsussteil einer Zugbelastung ausgesetzt ist und die Tendenz besteht, dieses Eingsussteil aus dem Gussteil des Hauptträgers zu ziehen, während das unter einer Druckbelastung stehende untere Eingsussteil eher in den Hauptträger hinein gedrückt wird.

[0024] Vorzugsweise ist wenigstens ein Eingsussteil als im Wesentlichen horizontal oder vertikal angeordnetes Blech oder als Blech ausgebildet, das im Querschnitt ein L-Profil, ein C-Profil, ein U-Profil ein Kastenprofil oder einen rohrförmigen Querschnitt aufweist. Entsprechende Bleche sind beispielsweise aus Stahlblech ausgebrannt, ausgelasert oder ausgestanzt. Die im Wesentlichen horizontal angeordneten Bleche nehmen effizient Lasten auf, die aus der Gewichtskraft der auf dem Heckträger angeordneten Generatoren und Umrichter resultiert, während im Wesentlichen vertikal angeordnete Bleche, insbesondere Lasten aus Querbeschleunigungen, als beispielsweise aus Bewegungen der Gondel um die Turmachse, gut aufnehmen und auf den Hauptträger übertragen. Es können vorteilhafterweise auch mehrere vertikal und horizontal angeordnete Bleche bzw. Eingsussteile in einer L-Form, C-Form, U-Form oder Kastenform zueinander angeordnet sein.

[0025] Um bei der Verwendung von nur zwei blechförmigen Eingsussteilen pro Träger bzw. Trägerarm Querkraften, beispielsweise aus Turmquerschwingungen oder Gierschwingungen um die Turmachse, sicher aufzuneh-

men, ist zusätzlich oder alternativ hierzu vorteilhafterweise vorgesehen, dass Träger oder Trägerarme des Heckträgers mittels Diagonalverspannungen, Diagonalstreben oder Schublechen zu einem Schubverband verbunden sind. Dies dient zur Aufnahme von Lasten aus Querbeschleunigungen und verhindert eine Parallelogrammbewegung mit den Eingießteilen als Dreh- und Angelpunkten..

[0026] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist wenigstens ein Eingsussteil als Stahlgussteil ausgebildet. Stahlgussteile bilden einen idealen Übergang zwischen dem weicheeren Gusseisen des Hauptträgers und dem geschweißten Heckträger, da die Materialeigenschaften von Stahlguss, insbesondere Festigkeit, Dichte und Dämpfungseigenschaften, zwischen denen des Hauptträgers und denen des Heckträgers liegen. Damit werden Schäden an der Verbindung des Heckträgers und des Hauptträgers vermindert, die durch die Belastung einer Verbindungsstelle zwischen Materialien mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften resultieren. Stahlgussteile haben den Vorteil, dass sie aufgrund des Gussverfahrens gut formbar sind. Sie sind dennoch auch schweißbar.

[0027] Für die Eingsussteile ist ihre Eignung zum Schweißen maßgeblich. Die Werkstoffauswahl für die Eingsussteile muss dementsprechend getroffen werden. Es kommen neben Stahlgussteilen insbesondere Feinkornbaustähle in Frage.

[0028] Eine stoffschlüssige Einbettung von Eingsussteilen im Gusskörper des Hauptträgers wird vorteilhafterweise begünstigt, wenn wenigstens ein Eingsussteil beschichtet ist, insbesondere mit Zink, Zinn oder einer Zn-Al-Legierung. Durch die Beschichtung wird die Legierungsbildung und damit die intermetallische Verbindung zwischen Eingsussteil und Gusswerkstoff begünstigt. Die Beschichtung kann vorzugsweise durch Spritzmetallisieren aufgetragen werden, beispielsweise durch thermisches Spritzverzinken oder Zinkflammspritzen.

[0029] Ein typischer Turmkopfdurchmesser bei einer 2 Megawatt-Windenergieanlage beträgt zwischen 2,4 m und 3 m. Eine vorteilhafterweise kompakte Bauweise, die Kosteneinsparungen bringt, wird in diesem Zusammenhang dann erreicht, wenn der Hauptträger einen Turmflansch aufweist, dessen Zentrum auf einer Turmachse liegt, wobei ein Abstand eines Eingsussteils zum Zentrum des Turmflansches weniger als 250% eines Radius eines Lochkreises des Turmflansches beträgt, insbesondere bevorzugt weniger als 200%, insbesondere vorzugsweise weniger als 180%.

[0030] Vorzugsweise ist der Maschinenträger in einem erfindungsgemäßen Verfahren wie vorstehend beschrieben herstellbar oder hergestellt.

[0031] Schließlich wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe auch gelöst durch eine Windenergieanlage mit einem erfindungsgemäßen Maschinenträger wie vorstehend beschrieben.

[0032] Die zu den einzelnen Erfindungsgegenständen, dass heißt dem Verfahren zum Herstellen eines Ma-

schinenträgers für eine Windenergieanlage, dem Maschinenträger und der Windenergieanlage genannten Eigenschaften, Merkmale und Vorteile gelten ohne Einschränkungen jeweils auch für die anderen Gegenstände der Erfindung.

[0033] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Gondel einer Windenergieanlage,

Fig. 2 eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Hauptträger,

Fig. 3 eine schematische Seitenansicht des Hauptträgers gemäß Fig. 2,

Fig. 4 eine schematische Rückansicht des Hauptträgers gemäß Fig. 2,

Fig. 5 eine schematische Perspektivdarstellung des Hauptträgers gemäß Fig. 2,

Fig. 6 eine weitere schematische Perspektivdarstellung des Hauptträgers gemäß Fig. 2.

[0034] 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.

[0035] In Fig. 1 ist eine Gondel 1 einer Windenergieanlage schematisch von der Seite dargestellt. An die Gondel 1 schließt sich eine Rotornabe 2 mit drei Rotorblattanschlüssen 3 für Rotorblätter 4 an. Ein Rotorblatt 4 ist mit seinem blattwurzelseitigen Ende ebenfalls dargestellt. Die Rotorblattanschlüsse 3 weisen jeweils Flansche zum Anschluss eines Rotorblatts 4 und Blattwinkelverstellvorrichtungen zur Einstellung und Feststellung des Rotorblattwinkels auf. Ein Flansch ist mit dem Bezugszeichen 5 versehen.

[0036] Innerhalb der Gondel 1 schließt sich an die Rotornabe 2 eine Lagerung 6 einer langsamen Rotorwelle an, die direkt mit der Rotornabe 2 verbunden ist. Die langsame Welle ist mit einem Getriebe 7 verbunden, mit dem die Drehzahl der langsamen Rotorwelle heraufgesetzt und auf eine schnelle Welle übertragen wird. Die schnelle Welle, die sich an das Getriebe 7 anschließt, führt zu einem Generator 8, der am heckseitigen Ende der Gondel 1 angeordnet ist. Ebenfalls dargestellt ist ein Umrichter 9, der den durch den Generator 8 erzeugten elektrischen Strom so anpasst, dass er in ein privates oder öffentliches Stromnetz eingespeist werden kann.

[0037] Im unteren Bereich der Gondel 1 ist ein Maschi-

nenträger mit einem Hauptträger 10 und einem Heckträger 11 dargestellt. Der Hauptträger 10 unterstützt die Lagerung 6 der langsamen Welle sowie die Rotornabe 2 und das Getriebe 7. Der Heckträger 11 trägt elektrische Komponenten wie den Generator 8, Steuerungs- und Schaltschränke sowie gegebenenfalls einen Transformator und den Umrichter 9. Zur azimutalen Drehung, dass heißt zur Drehung der Gondel 1 auf der Längsachse des Turms 13, sind am Hauptträger 10 Azimutantriebe 12 angeordnet, die über ein Zahnrad und Zahnkranzgetriebe die Gondel 1 auf dem Turm 13 drehen.

[0038] Die Gondel 1 verfügt an ihrem heckseitigen Ende außerdem über Windsensorik und einen Blitzschutz 14. Ein weiterer, nicht dargestellter Blitzschutz ist üblicherweise im Bereich des Übergangs zwischen der Gondel 1 und der Rotornabe 2 angeordnet, um Blitzeinschläge aus dem Rotorblatt in den Turm abzuleiten.

[0039] Der Hauptträger 10 ist aus einem Gusskörper hergestellt, der eine ausreichende Festigkeit zum Tragen der auf dem Hauptträger 10 ruhenden Komponenten aufweist und dessen vergleichsweise weiche Materialeigenschaften zu einer Dämpfung von Schwingungen, die während des Betriebs der Windenergieanlage fortwährend auftreten, gut geeignet ist. Insbesondere ist der Gussträger durch seine kerbfreie Geometrie besonders widerstandsfähig gegenüber Ermüdungsbelastungen, die aus dem Rotor in den Turm übertragen werden müssen. Der Heckträger ist aus Stahlteilen geschweißt und nimmt die Gewichtskräfte und Drehmomente des Generators 8 sowie des Umrichters 9 auf und überträgt sie mittels einer Verbindung zwischen dem Hauptträger 10 und dem Heckträger 11 auf den Hauptträger 10 und den Turm 13. Der Heckträger 11 ist als einseitig eingespannter Kragarm ausreichend steif ausgeführt, um ein Einfedern des Generators 8 im Betrieb sicher zu vermeiden.

[0040] In Fig. 2 bis Fig. 6 ist ein erfindungsgemäßer Hauptträger 10 aus verschiedenen Richtungen schematisch dargestellt. In Fig. 2 ist eine Draufsicht von oben des Hauptträgers 10 dargestellt, wobei der Hauptträger 10 an seinem vorderen, also rotornabenseitigen Ende einen Lagerblock 22 für ein Rotor-Hauptlager aufweist. Seitlich hierzu schließen sich Halterungen 21 für Azimutantriebe an, die in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 12 versehen sind.

[0041] In Fig. 2 ist weiter zu sehen, dass sich längsseitig zwei symmetrische Verbindungsstücke 24 zu einem nicht dargestellten Heckträger anschließen, in die jeweils Eingsussteile 25 teilweise eingegossen sind. In der dargestellten Ausführungsform besteht der Heckträger aus zwei Hecktragarmen, die jeweils an einem der Verbindungsstücke 24 befestigt werden. Die vorliegende Erfindung erfasst auch den Fall, dass ein Heckträger mit drei oder mehr Hecktragarmen ausgeführt ist.

[0042] Ein Teil der Eingsussteile 25 ragt aus dem Verbindungsstück 24 jeweils heraus und bildet eine Anschweißfläche für einen Tragarm für einen Heckträger. Der eingegossene Teil jedes Eingsussteils 25 weist eine profilierte Kante 26 auf, in diesem Fall eine Sägezahn-

form, die verhindert, dass bei einer Ermüdung des Stoffschlusses zwischen dem Eingussteil 25 und dem Gusskörper des Verbindungsstücks 24 das Eingussteil 25 aus dem Gusskörper herausrutschen kann. An der Unterseite ist ein Azimutflansch 23 mit einem nicht dargestellten Lochkreis für die Turmanbindung des Hauptträgers 10 erkennbar. Der Durchmesser des Lochkreises entspricht in grober Näherung dem Außendurchmesser des Turmes.

[0043] In Fig. 3 ist der Hauptträger 10 gemäß Fig. 2 von der Seite schematisch dargestellt. Es ist erkennbar, dass das Verbindungsstück 24 an seinem oberen und unteren Ende jeweils ein Eingussteil 25, also insgesamt zwei Eingussteile 25 pro Hecktragarm, aufweist. Diese nehmen die in vertikaler Richtung wirkenden Kräfte aus dem Heckträger auf und leiten sie in den Hauptkörper 10 ein.

[0044] In Fig. 4 ist der erfindungsgemäße Hauptträger 10 gemäß Fig. 2 schematisch in einer Ansicht von der Rückseite, also aus der Richtung des Heckträgers, dargestellt. Es ist erkennbar, dass jeweils zwei Eingussteile 25 an jedem der beiden Verbindungsstücke 24 des Hauptträgers 10 im Wesentlichen parallel zueinander horizontal angeordnet sind. Es handelt sich um paarweise angeordnete Bleche, die eine größere Ausdehnung in horizontaler Richtung als in vertikaler Richtung haben. Es ist zu erkennen, dass die jeweils oberen Eingussteile 25 etwas breiter sind als die jeweils unteren Eingussteile 25, so dass die oberen Eingussteile 25 eine größere Oberfläche aufweisen, die mit dem Gussteil des Hauptträgers 10 eine stoffschlüssige Verbindung eingeht. Damit sind die oberen Eingussteile 25, die einer Zugbelastung ausgesetzt sind, stärker im Hauptträger 10 verankert als die unteren Eingussteile 25, die einer Druckbelastung ausgesetzt sind.

[0045] Alternativ oder zusätzlich hierzu können auch senkrechte Bleche eingegossen werden, welche die Querschleunigung, das heißt Beschleunigung um die Turmlängsachse, aufnehmen können. Auf jeder Seite des Maschinenträgers bzw. Hauptträgers 10 können dafür entweder ein oder zwei senkrechte Bleche eingegossen werden, so dass sich ein U-Profil bzw. ein Kastenprofil auf jeder Seite ergibt.

[0046] In Fig. 5 ist eine erste perspektivische Ansicht des erfindungsgemäßen Hauptträgers 10 gemäß Fig. 2 dargestellt, während in Fig. 6 eine weitere perspektivische Darstellung gezeigt ist. Aus beiden Figuren geht hervor, dass der Lagerblock 22 für ein Rotor-Hauptlager eine Teilkreisausparung zur Lagerung eines kreisförmigen Rotoren-Hauptlagers aufweist. Ebenso ist zu erkennen, wie die Eingussteile 25 im Gusskörper des Hauptträgers 10 angeordnet sind.

[0047] 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

5 [0048]

- | | |
|----|-----------------------------------|
| 1 | Gondel |
| 2 | Rotornabe |
| 3 | Rotorblattanschluss |
| 4 | Rotorblatt |
| 5 | Flansch |
| 6 | Lagerung der langsamen Rotorwelle |
| 7 | Getriebe |
| 8 | Generator |
| 9 | Umrichter |
| 10 | Hauptträger |
| 11 | Heckträger |
| 12 | Azimutantrieb |
| 13 | Turm |
| 14 | Blitzschutz |
| 21 | Halterung für Azimutantriebe |
| 22 | Lagerblock für Rotor-Hauptlager |
| 23 | Azimutflansch für Turmanbindung |
| 24 | Verbindungsstück zum Heckträger |
| 25 | Eingussteil |
| 26 | profilierte Kante |

Patentansprüche

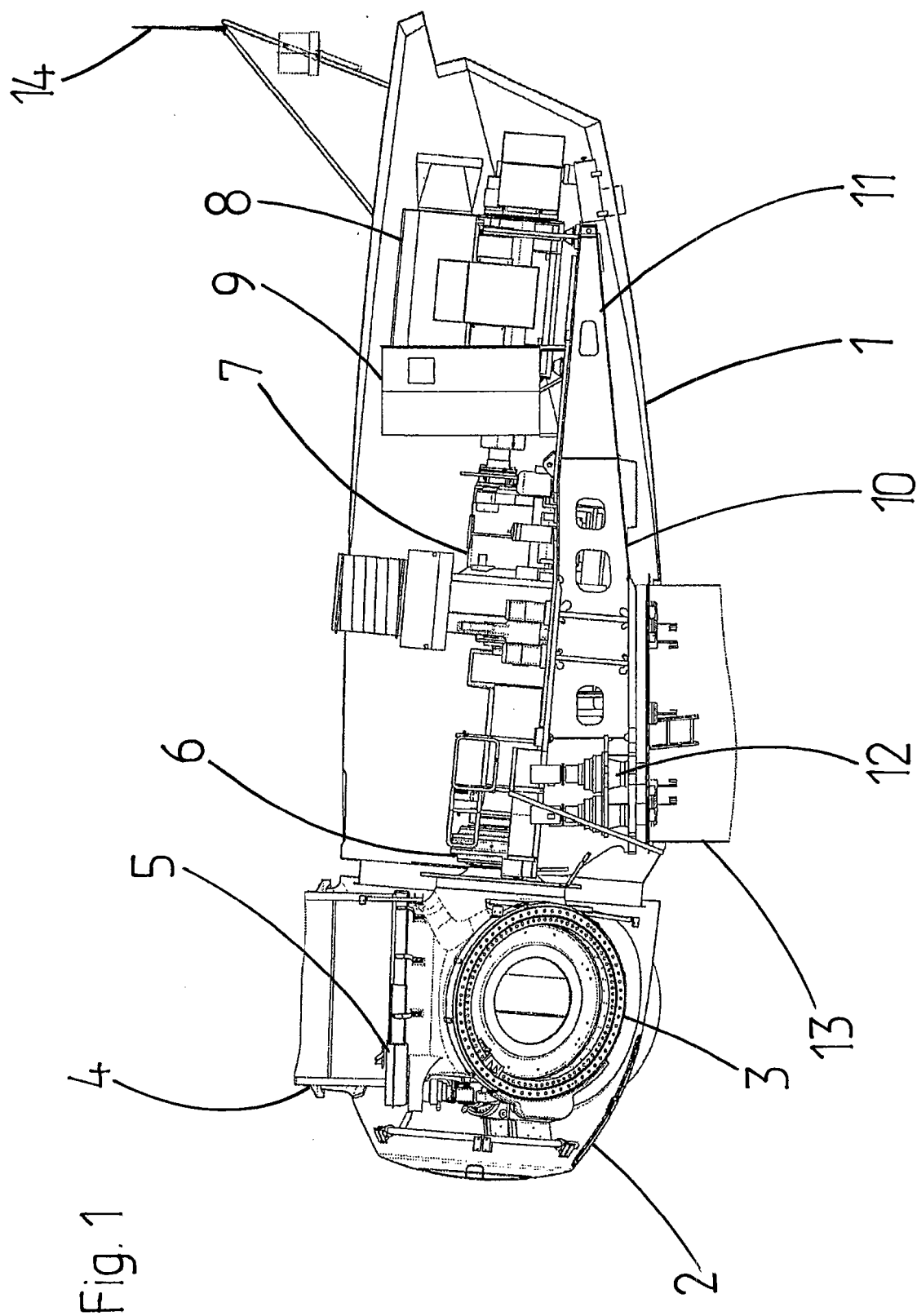
1. Verfahren zum Herstellen eines Maschinenträgers (10, 11) für eine Windenergieanlage, wobei ein Hauptträger (10) durch Gießen eines Abgusses als Gussteil hergestellt wird und ein Heckträger (11) als Schweißteil hergestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein schweißfähiges Eingussteil (25) vorgesehen ist, das beim Herstellen des Hauptträgers (10) in einem heckseitigen Verbindungsstück (24) des Hauptträgers (10) teilweise ein-

gegossen wird und das außerhalb des Hauptträgers (10) mit dem Heckträger (11), insbesondere mittels Schweißen, verbunden ist oder wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eingsussteil (25) zunächst in das heckseitige Verbindungsstück (24) des Hauptträgers (10) teilweise eingegossen wird und anschließend der Heckträger (11) an einen aus dem Hauptträger (10) heraus ragenden Teil des Eingsussteils (25) angeschweißt wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zunächst der Heckträger (11) mit einem Eingsussteil (25) hergestellt wird und anschließend ein Teil des Eingsussteils (25) bei der Herstellung des Hauptträgers (10) in das heckseitige Verbindungsstück (24) des Hauptträgers (10) eingegossen wird. 10
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eingsussteil (25) vor dem Eingießen in das heckseitige Verbindungsstück (24) des Hauptträgers (10) vorgewärmt wird. 15
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hauptträger alleine, zusammen mit einem Eingsussteil (24) oder zusammen mit dem Heckträger (11) einem Glühvorgang unterworfen wird. 20
6. Maschinenträger (10, 11) für eine Windenergieanlage mit einem im Wesentlichen als Gussteil, insbesondere aus Gusseisen mit Kugelgraphit, ausgebildeten Hauptträger (10) und einem im Wesentlichen als Schweißteil ausgebildeten Heckträger (11), **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein schweißfähiges Eingsussteil (25) vorgesehen ist, das teilweise in ein heckseitiges gegossenes Verbindungsstück (24) des Hauptträgers (10) eingegossen ist und außerhalb des Verbindungsstücks (24) des Hauptträgers (10) mit dem Heckträger (11) verbunden ist, insbesondere mittels einer Schweißverbindung. 25
7. Maschinenträger (10, 11) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eingsussteil (25) wenigstens in dem Bereich, der im Hauptträger (10) eingegossen ist, eine profilierte Oberfläche oder eine profilierte Kante (26) aufweist, wodurch das Eingsussteil (25) und das Verbindungsstück (24) des Hauptträgers (10) formschlüssig miteinander verbunden sind. 30
8. Maschinenträger (10, 11) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heckträger (11) zwei oder mehr Träger oder Trägerarme mit jeweils einem oder mehreren Eingsussteilen (25) auf- 35

weist, die insbesondere als paarweise angeordnete horizontale Bleche ausgeführt sind.

9. Maschinenträger (10, 11) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Eingsussteil (25) als im Wesentlichen horizontal oder vertikal angeordnetes Blech oder als Blech ausgebildet ist, das im Querschnitt ein L-Profil, ein C-Profil, ein U-Profil ein Kastenprofil oder einen rohrförmigen Querschnitt aufweist. 40
10. Maschinenträger (10, 11) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere vertikal und horizontal angeordnete Eingsussteile in einer L-Form, C-Form, U-Form oder Kastenform zueinander angeordnet sind. 45
11. Maschinenträger (10, 11) nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** Träger oder Trägerarme des Heckträgers (11) mittels Diagonalverspannungen, Diagonalstreben oder Schublechen zu einem Schubverband verbunden sind. 50
12. Maschinenträger (10, 11) nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Eingsussteil (25) als Stahlgussteil ausgebildet ist. 55
13. Maschinenträger (10, 11) nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Eingsussteil (25) beschichtet ist, insbesondere mit Zink, Zinn oder einer Zn-Al-Legierung. 60
14. Maschinenträger (10, 11) nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maschinenträger (10, 11) in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 herstellbar oder hergestellt ist. 65
15. Windenergieanlage mit einem Maschinenträger (10, 11) nach einem der Ansprüche 6 bis 14. 70



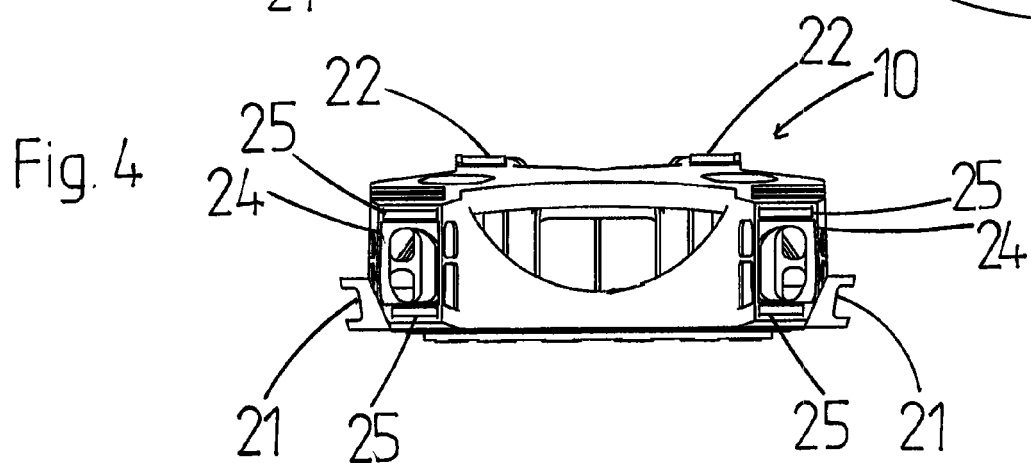
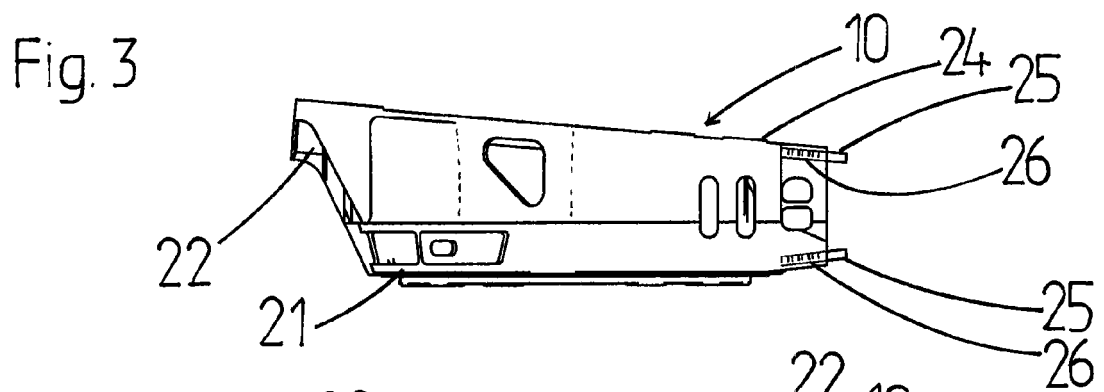
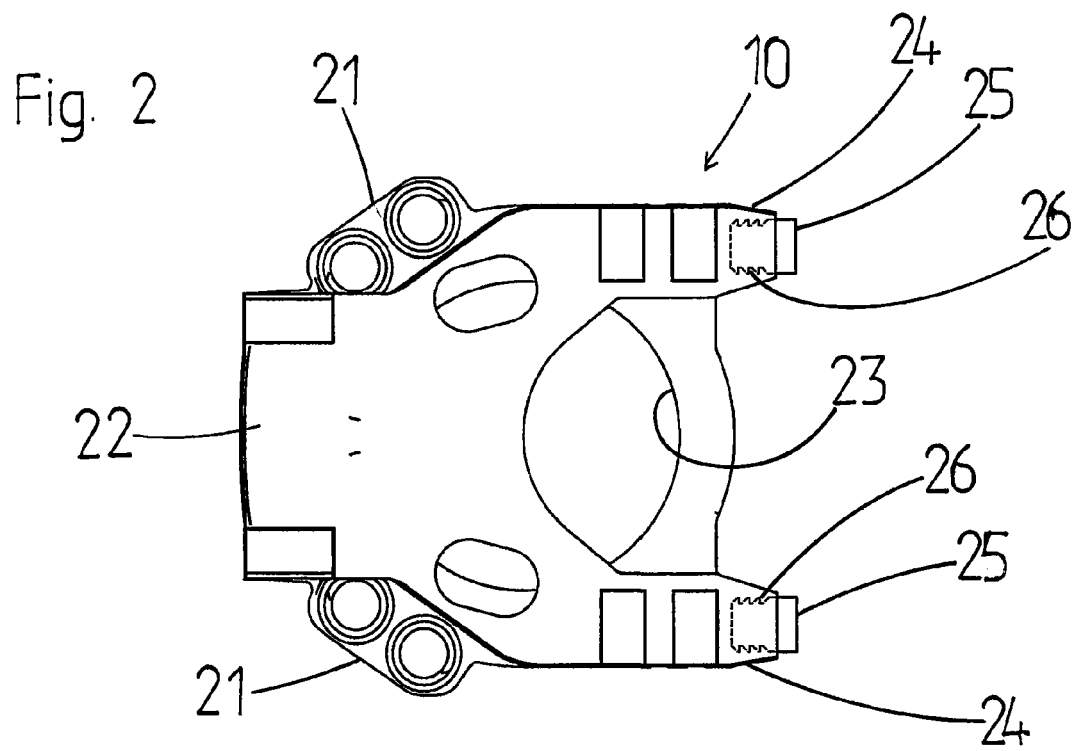


Fig. 5

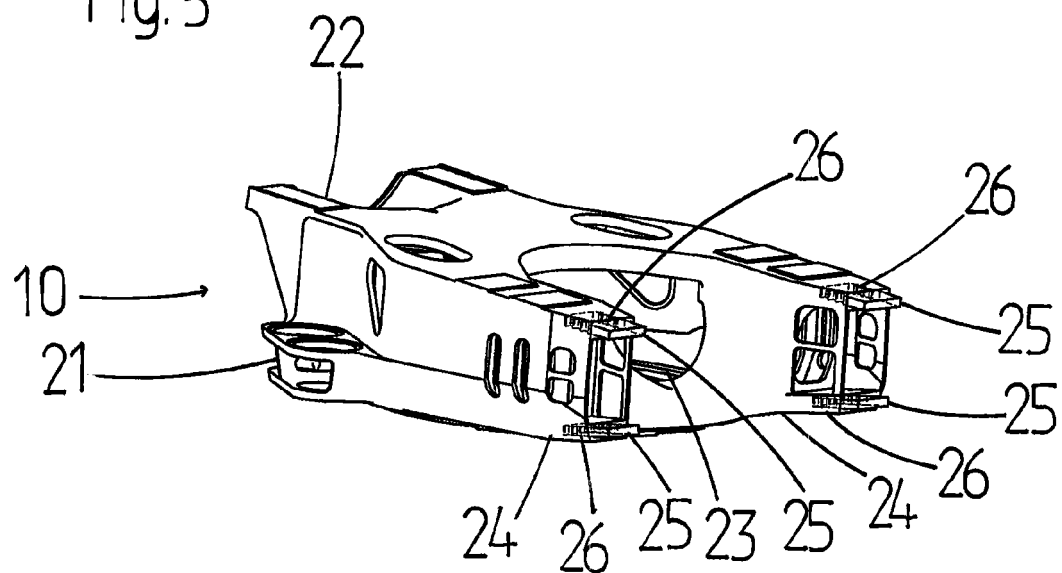


Fig. 6

