



(10) **DE 10 2016 010 084 A1** 2017.04.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 010 084.2**

(22) Anmeldetag: **23.08.2016**

(43) Offenlegungstag: **06.04.2017**

(51) Int Cl.: **F16H 55/12 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

10 2015 012 659.8 01.10.2015

(72) Erfinder:

Wu, Zili, Tianjin, CN

(71) Anmelder:

SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG, 76646

Bruchsal, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 83 28 742 U1

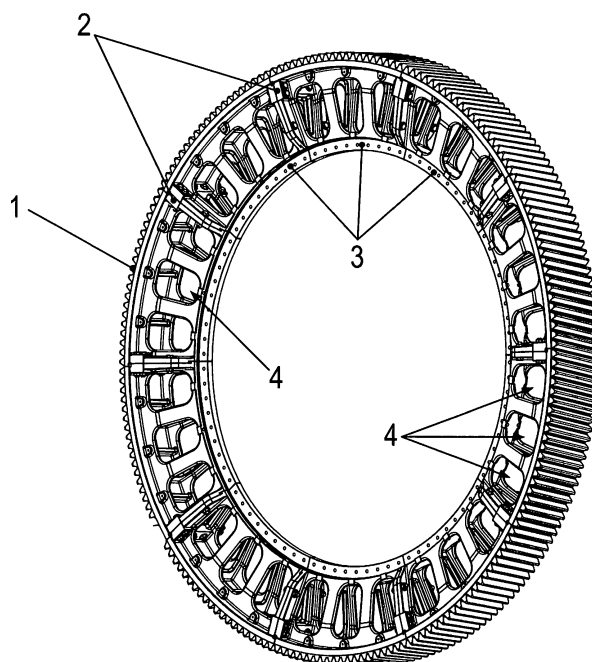
DE 370 560 A

WO 2013/ 020 639 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Zahnrad mit Schrägverzahnung und Segment für ein Zahnrad**

(57) Zusammenfassung: Zahnrad mit Schrägverzahnung, welches aus Segmenten zusammengesetzt ist, wobei jedes Segment einen Verzahnungsabschnitt aufweist, der eine Schrägverzahnung aufweist, wobei bei jedem Segment der Verzahnungsabschnitt über erste und zweite Stege sowie Verbindungsabschnitte mit dem Verbindungsbereich verbunden ist, wobei die Verbindungsabschnitte, die ersten und die zweiten Stege jeweils beabstandet voneinander sind oder zumindest abschnittsweise voneinander beabstandet sind, insbesondere so dass das Segment mehrere, insbesondere drei oder mehr, axial durchgehende Ausnehmungen aufweist, insbesondere wobei der von den ersten Stegen überdeckte axiale Bereich beabstandet ist von dem von den zweiten Stegen überdeckten axialen Bereich, insbesondere so dass das Segment zumindest eine in Umfangsrichtung durchgehende Ausnehmung aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Zahnrad mit Schrägverzahnung und ein Segment für ein Zahnrad.

[0002] Aus der WO 2013/020639 A1 ist ein segmentiertes Zahnrad bekannt.

[0003] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Geräuschbildung bei im Eingriff stehenden Verzahnungen zu vermindern.

[0004] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei dem Zahnrad nach den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0005] Wichtige Merkmale der Erfindung bei dem Zahnrad mit Schrägverzahnung, welches aus Segmenten zusammengesetzt ist, wobei jedes Segment einen Verzahnungsabschnitt aufweist, der eine Schrägverzahnung aufweist, wobei bei jedem Segment der Verzahnungsabschnitt über erste und zweite Stege sowie Verbindungsabschnitte mit dem Verbindungsbereich verbunden ist, wobei die Verbindungsabschnitte, die ersten und die zweiten Stege jeweils beabstandet voneinander sind oder zumindest abschnittsweise voneinander beabstandet sind, insbesondere so dass das Segment mehrere, insbesondere drei oder mehr, axial durchgehende Ausnehmungen aufweist, insbesondere wobei der von den ersten Stegen überdeckte axiale Bereich beabstandet ist von dem von den zweiten Stegen überdeckten axialen Bereich, insbesondere so dass das Segment zumindest eine in Umfangsrichtung durchgehende Ausnehmung aufweist.

[0006] Von Vorteil ist dabei, dass mittels der Schrägverzahnung mit einem in Eingriff stehenden Verzahnungsteil Drehmoment geräuscharm übertragbar ist, obwohl das Zahnrad aus Segmenten zusammengesetzt ist.

[0007] Denn bei einem segmentierten Zahnrad nach Stand der Technik ist das Zahnrad in Umfangsrichtung aus Segmenten zusammengesetzt, wobei jedes Segment einen Umfangsabschnitt, also einen Umfangswinkelbereich des Zahnrades darstellt. Das Segment ist sozusagen mittels einer Schnittebene herausgeschnitten aus dem Zahnrad, welche sich in axialer und in von der Zahnradachse aus radialer Richtung erstreckt. Somit ist die Verzahnung im Stand der Technik als Geradverzahnung auszuführen, da ansonsten Zähne angeschnitten wären und somit Zahnbruchgefahr bestehen würde.

[0008] Bei der Erfindung hingegen wird eine Schrägverzahnung auf einem Verzahnungsabschnitt vorgesehen. Der Verzahnungsabschnitt ist entlang einer

Zahnücke abgeschnitten oder begrenzt. Auf diese Weise ist ein geräuscharmer Betrieb des Zahnrades ermöglicht, wobei allerdings der Verzahnungsabschnitt eine Grenzfläche hat, welche mit einem Schrägungswinkel gemäß dem Schrägungswinkel der Verzahnung verläuft. Erfindungsgemäß werden solche Grenzflächen benachbarter Segmente beabstandet, also ohne Kraftübertragung ausgeführt und die Verbindung beziehungsweise der zugehörige Kraftfluss nur im Bereich der Anlageflächen ausgeführt, die an den Verbindungsabschnitten angeordnet sind.

[0009] Die Anlagefläche ist jeweils aus Flanschflächen zusammengesetzt, welche jeweils ausschließlich radial und axial verlaufen, also nicht in Umfangsrichtung.

[0010] Die Flanschflächen des jeweiligen Segments liegen somit an entsprechenden Flanschflächen des jeweils nächstbenachbarten Segments an. Somit ist in Umfangsrichtung ein spielfreies Anliegen realisiert. Allerdings ist in axialer Richtung kein Anliegen von Flächen realisiert. Denn die zwischen den Flanschflächen angeordneten Stufen sind jeweils voneinander über einen Luftspalt beabstandet. Auch in radialer Richtung ist ein formschlüssiges Anliegen nicht realisiert. Auf diese Weise ist also eine Übertragung von Schall, dessen Schwingungsmoden in Umfangsrichtung ohne wesentliche Verluste von einem Segment zum nächstbenachbarten Segment übertragbar, jedoch sind andere Schwingungsmoden stark abgedämpft, da in radialer und in axialer Richtung kein formschlüssiges Anliegen der Segmente aneinander realisiert ist. Somit ist eine geringere Geräuschbildung erreichbar, insbesondere im Vergleich zu einem einstückig ausgeführten Zahnrad.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind bei jedem Segment erste und zweite Stege, Verzahnungsabschnitt, Verbindungsabschnitte und Verbindungsbereich einteilig und/oder einstückig ausgeführt. Von Vorteil ist dabei, dass das Segment eine hohe Belastbarkeit aufweist und in einer Aufspannung bearbeitbar ist und somit die relative Beabstandung der Bohrlöcher auch zur Verzahnung sehr präzise herstellbar ist.

[0012] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die ersten und die zweiten Stege gebogen ausgeführt, insbesondere konvex gekrümmt, insbesondere die ersten Stege nach axial vorne und die zweiten Stege nach axial hinten. Von Vorteil ist dabei, dass die Tragfähigkeit des Segments bei geringem Materialeinsatz und somit geringem Bearbeitungsaufwand erhöht ist.

[0013] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist ein erster Verbindungsabschnitt am in Umfangsrichtung vorne angeordneten Endbereich des Segments angeordnet,

insbesondere und ein zweiter Verbindungsabschnitt am in Umfangsrichtung hinten angeordneten Endbereich des Segments angeordnet ist, wobei der erste Verbindungsabschnitt eine Anlagefläche aufweist, mit welcher das Segment am nächstbenachbarten Segment, insbesondere an der entsprechenden Anlagefläche des zweiten Verbindungsabschnitts des nächstbenachbarten Segments, anliegt, wobei die Anlagefläche gestuft ausgeführt ist, so dass sie zumindest drei eben, insbesondere also plan, ausgeführten Flanschflächen aufweist, wobei jede der Flanschflächen dabei auf einer jeweiligen Umfangswinkelposition angeordnet ist und einen jeweiligen axialen Bereich überdeckt, wobei diese jeweiligen axialen Bereiche jeweils voneinander beabstandet oder höchstens aneinander angrenzend angeordnet sind, insbesondere wobei die jeweiligen axialen Bereiche nicht einander überlappen, wobei die Umfangswinkelpositionen der Flanschflächen voneinander beabstandet sind, insbesondere in Umfangsrichtung streng monoton ansteigen mit zunehmender Axialposition der Flanschflächen. Von Vorteil ist dabei, dass das Ausrichten der Segmente zueinander vereinfacht ist und in axialer Richtung ein Formschluss vorhanden ist.

[0014] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Verzahnung eine Außenverzahnung. Von Vorteil ist dabei, dass die Herstellung einfach ausführbar ist.

[0015] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Verzahnungsabschnitt an seinen in Umfangsrichtung angeordneten Endbereichen jeweils eine zum benachbarten Segment zugewandte erste Grenzfläche auf, welche parallel zu einer Zahnücke der Verzahnung verläuft, insbesondere wobei die erste Grenzfläche sich in radialer Richtung und entlang einer Schraubenlinie, deren Schraubenachse die Zahnradachse ist und deren Schrägungswinkel dem Schrägungswinkel der Verzahnung entspricht, erstreckt. Von Vorteil ist dabei, dass eine Schrägverzahnung im Verzahnungsabschnitt vorsehbar ist, welche ohne unterbrochene Zähne verläuft und somit sehr belastbar ist.

[0016] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ragt der Verzahnungsabschnitt, insbesondere mit einem einen Abschnitt der ersten Grenzfläche enthaltenden Abschnitt, in Umfangsrichtung über den Verbindungsabschnitt heraus, insbesondere wobei der Verzahnungsabschnitt, insbesondere mit einem einen anderen Abschnitt der ersten Grenzfläche enthaltenden anderen Abschnitt, in Umfangsrichtung weniger weit sich erstreckt als der Verbindungsabschnitt. Von Vorteil ist dabei, dass der Verbindungsabschnitt in seinem in Umfangsrichtung liegenden Endbereich anders geschnitten beziehungsweise begrenzt ist als der Verzahnungsab-

schnitt. Denn der Verbindungsabschnitt ist an einer Umfangsposition begrenzt, erstreckt sich also mit seiner Endfläche hier nur in radialer und axialer Richtung; der Verzahnungsabschnitt jedoch ist gemäß einer Schrägverzahnung beschränkt, erstreckt sich also gemäß einer Schraubenlinie und radial von der Zahnradachse aus.

[0017] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Verbindungsabschnitt eine zweite Grenzfläche auf, welche in Umfangsrichtung und in axialer Richtung sich erstreckt und der radialen Innenseite des in Umfangsrichtung über den zugehörigen Verbindungsabschnitt herausragenden Abschnitts des Verzahnungsabschnitts des benachbarten Segments radial gegenübersteht. Von Vorteil ist dabei, die Verbindung besonders einfach herstellbar und präzise ausführbar zu machen.

[0018] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist zwischen den ersten Grenzflächen zweier benachbarter Segmente ein erster Abstand ausgeführt. Von Vorteil ist dabei, dass keine direkte Kraftübertragung zwischen den Verzahnungsabschnitten zweier benachbarter Segmente stattfindet.

[0019] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist zwischen der zweiten Grenzfläche und der radialen Innenseite des herausragenden Abschnitts des Verzahnungsabschnitts des benachbarten Segments ein zweiter Abstand vorgesehen. Von Vorteil ist dabei, dass keine direkte Kraftübertragung zwischen der Verbindungsabschnitt und dem Verzahnungsabschnitt des benachbarten Segments stattfindet.

[0020] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Verbindungsabschnitt eine Verbindungsfläche auf, an der die entsprechende Verbindungsfläche des jeweils benachbarten Segments angedrückt wird mittels Verbindungsschrauben. Von Vorteil ist dabei, dass die Kraftübertragung zwischen den Verbindungsabschnitten ausgeführt wird und hierbei an einer Umfangsposition eine tragfähige Verbindung ausführbar ist, die jeweiligen Flanschflächen sich berühren und aneinander drückbar sind von den Verbindungsschrauben zur Kraftübertragung.

[0021] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung erstreckt die jeweilige Flanschfläche sich in radialer Richtung und in axialer Richtung, insbesondere nicht aber in Umfangsrichtung, insbesondere ist sie also jeweils an einer einzigen Umfangsposition angeordnet. Von Vorteil ist dabei, dass die jeweilige Flanschfläche einfach und kostengünstig herstellbar ist.

[0022] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist in axialer Richtung zwischen einer ersten und einer dritten Flanschfläche eine zweite Flanschfläche angeordnet,

wobei die erste und dritte Flanschfläche jeweils ein Bohrloch für eine Schraube zum Ausrichten der Segmente zueinander aufweist. Von Vorteil ist dabei, dass ein exaktes Ausrichten und dann ein nachfolgendes Anziehen der Schrauben ermöglicht ist. Somit ist die Kraftübertragung zwischen den Verbindungsabschnitten und nicht zwischen den Verzahnungsabschnitten ermöglicht.

[0023] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Stege in einem geringeren Radialabstandsbereich angeordnet als der Verzahnungsabschnitt. Von Vorteil ist dabei, dass die Stege den radial aufgesetzten Verzahnungsabschnitt tragen und die Verbindungsschrauben zur Verbindung der Verbindungsabschnitte der benachbarten Segmente die Verzahnung des Zahnrades nicht durchbrechen oder anderweitig behindern, da sie auch auf kleinerem Radialabstand angeordnet sind als der Verzahnungsabschnitt und axial zwischen den ersten und zweiten Stegen Platz haben.

[0024] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist das Segment einen Verbindungsbereich zum Verbinden mit einer Trommel oder Welle auf, wobei das Zahnrad auf größerem Radialabstand als die Trommel beziehungsweise Welle angeordnet ist. Von Vorteil ist dabei, dass eine Trommel an ihrem Außenumfang mit einem großen Zahnrad versehbar ist, so dass ein großes Drehmoment übertragbar ist.

[0025] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist zwischen den in axialer Richtung zueinander nächstbenachbarten Flanschflächen jeweils eine Stufe angeordnet, wobei zwischen der jeweiligen Stufe des Segments und einer entsprechenden Stufe des jeweils nächstbenachbarten Segments ein axialer Abstand, insbesondere also Luftspalt vorhanden ist. Von Vorteil ist dabei, dass eine einfache Herstellung ausführbar ist.

[0026] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Quotient aus dem ersten Abstand und dem Außendurchmesser des Zahnrades kleiner als 0,0005, insbesondere kleiner als 0,00025 oder sogar kleiner als 0,000125, und/oder dass der Quotient aus dem zweiten Abstand und dem Außendurchmesser des Zahnrades kleiner ist als 0,0005, insbesondere kleiner als 0,00025 oder sogar kleiner als 0,000125, ist. Von Vorteil ist dabei, dass im Rahmen der Fertigungstoleranzen und thermisch bedingten Ausdehnungen eine Kraftübertragung sicher verhinderbar ist und trotz der Abstände ein geräuscharmer Betrieb ermöglicht ist. Denn die Abstände sind außerhalb des Eingriffsbereichs der Zähne, da der durch die Abstände erzeugte Schlitz der Zahnücke, insbesondere also dem Boden der Zahnücke, entlang verläuft.

[0027] Wichtige Merkmale bei dem Segment sind, dass das Segment aus ADI oder GGG Stahlguss gefertigt ist. Von Vorteil ist dabei, dass die Verzahnung hoch belastbar ist. Denn ADI ist ein Werkstoff auf Basis von Gusseisen mit Kugelgraphit. Durch eine besondere Wärmebehandlung werden eine hohe Festigkeit bei guter Dehnung, ein hoher Verschleißwiderstand bei gleich bleibend guter Dämpfung erreicht.

[0028] Der herausragende, also den Verbindungsabschnitt in Umfangsrichtung überragende Bereich des Verzahnungsabschnitts ist somit belastbar, da ADI eine hohe Festigkeit aufweist. Die Verzahnung in diesem Bereich wird also hoch belastbar, obwohl der Bereich herausragt.

[0029] Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0030] Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

[0031] In der **Fig. 1** ist ein schrägverzahntes Zahnrad gezeigt, welches aus in Umfangsrichtung hintereinander angeordneten, gleichartig ausgeführten Segmenten zusammengesetzt ist.

[0032] In der **Fig. 2** sind zwei der Segmente voneinander gelöst und in Schrägansicht gezeigt.

[0033] In der **Fig. 3** ist das erste der beiden Segmente gezeigt.

[0034] In der **Fig. 4** ist eine Draufsicht auf einen tangentialen Schnitt im Verbindungsbereich der beiden Segmente des Zahnrads gezeigt.

[0035] Das Zahnrad ist also aus gleichartig ausgeführten Segmenten zusammengesetzt, also aus identischen Segmenten.

[0036] Jedes Segment weist einen Verzahnungsabschnitt **1** auf, welcher als mit einer Außenverzahnung versehener Zylindermantelabschnitt ausgebildet ist.

[0037] Da in Umfangsrichtung zum Zusammensetzen des Zahnrades zehn Segmente verwendet werden, ähneln die Verzahnungsabschnitte **1** Zahnstangensegmenten, wobei die Stange entsprechend der Mantelfläche eines dem Zahnrad entsprechenden Zylinders gekrümmt ausgeführt ist.

[0038] Die hier genannte Umfangsrichtung bezieht sich auf das Zahnrad, ist also die Umfangsrichtung des Zahnrades. Der Radialabstand ist auf die Mitte des Zahnrades bezogen, also als Abstand von der Drehachse des Zahnrades bestimmbar. Die axiale Richtung ist eine zur Richtung der Drehachse parallel gerichtete Richtung.

[0039] Die Verzahnungsabschnitte **1** sind also herstellbar, indem ein Mantelabschnitt eines Hohlzylinders gefertigt wird und in seine Außenseite eine Verzahnung eingearbeitet wird. Dabei ist der Mantelabschnitt in axialer Richtung durch zwei Ebenen, insbesondere also Stirnflächenabschnitte des Zahnrades, begrenzt, deren Normale parallel zur Achsrichtung des Zahnrades, also axialen Richtung, ausgerichtet ist. Außerdem ist der Verzahnungsabschnitt **1** in Umfangsrichtung begrenzt durch eine Grenzfläche **40** und eine Flanschfläche, die mehrere Flächenabschnitte (**24, 25, 26, 27, 28, 29**) aufweist. Angrenzend an die Grenzfläche **40** ist die Grenzfläche **41** angeordnet, deren Normale in radialer Richtung ausgerichtet ist.

[0040] An der radialen Innenseite des Segments ist ein in Umfangsrichtung sich erstreckender Verbindungsbereich **3** für das Befestigen auf der Außenfläche einer Trommel vorgesehen.

[0041] Bei jedem Segment ist der Verzahnungsabschnitt **1** über Stege (**22, 23**) mit dem Verbindungsbereich **3** verbunden. Dabei sind erste Stege **22** axial vorne und zweite Stege **23** axial hinten angeordnet. Somit sind die ersten Stege **22** von den zweiten Stegen **23** axial beabstandet. Vorzugsweise ist jedem ersten Steg **22** jeweils genau ein zweiter Steg **23** zugeordnet, wobei dieser jeweilige erste Steg **22** und der jeweils zugeordnete zweite Steg **23** im jeweils selben Umfangswinkelbereich angeordnet sind.

[0042] Die ersten Stege **22** sind in Umfangsrichtung, also in Umfangsrichtung des Zahnrades, regelmäßig voneinander beabstandet. Somit sind die zweiten Stege **23** in Umfangsrichtung, also in Umfangsrichtung des Zahnrades, regelmäßig voneinander beabstandet.

[0043] Zwischen jeweils zwei zueinander nächstbenachbarten ersten Stegen **22** ist jeweils eine in axialer Richtung durchgehend ausgeführte Ausnehmung angeordnet.

[0044] Zwischen jeweils zwei zueinander nächstbenachbarten zweiten Stegen **23** ist jeweils eine in axialer Richtung durchgehend ausgeführte Ausnehmung angeordnet.

[0045] Darüber hinaus sind die ersten Stege **22** und die zweiten Stege **23** jeweils mit einem Biegebereich vorgesehen, so dass sie nach axial außen gebogen und somit konvex ausgeführt sind. Denn der im Segment axial zwischen den ersten und zweiten Stegen (**22, 23**) ausgeführte Hohlraum ist auf diese Weise vergrößert und daher geeignet, große Verbindungsschrauben aufzunehmen und einen genügend großen freien Raumbereich zur Verfügung zu stellen, der beispielsweise auch zur Betätigung der mit den Ver-

bindungsschrauben herzustellenden Schraubverbindung geeignet ausgeführt ist.

[0046] Der Hohlraum ist dabei derart ausgeführt, dass er auch in Umfangsrichtung durch das Segment durchgehend ausgeführt ist. Infolge der genannten Ausformung der ersten und zweiten Stege (**2, 23**) ist der Hohlraum auch in axialer Richtung zumindest an den nicht von den Stegen (**22, 23**) und Verbindungsabschnitten **2** überdeckten Winkelpositionsbereichen durchgehend.

[0047] Der in Umfangsrichtung vordere Verbindungsabschnitt **2** eines ersten Segments liegt an dem in Umfangsrichtung hinteren Verbindungsabschnitt **2** eines weiteren Segments an.

[0048] Dabei ist die in Umfangsrichtung vorne angeordnete Anlagefläche gestuft ausgeführt, so dass sie aus drei, jeweils eben, also plan, ausgeführten Flanschflächen (**24, 25, 26**) zusammengesetzt ist. Jede der Flanschflächen (**24, 25, 26**) ist dabei auf einer jeweiligen Umfangswinkelposition angeordnet und überdeckt einen jeweiligen axialen Bereich. Dabei sind diese jeweiligen axialen Bereiche jeweils voneinander beabstandet oder höchstens aneinander angrenzend angeordnet. Somit überlappen die jeweiligen axialen Bereiche nicht. Die Umfangswinkelpositionen der Flanschflächen (**25, 26, 24**) sind voneinander beabstandet und steigen in Umfangsrichtung an mit zunehmender Axialposition der Flanschflächen (**24, 25, 26**).

[0049] Die in Umfangsrichtung hinten angeordnete Anlagefläche ist entsprechend gestuft ausgeführt, so dass deren ebene, also plane Flanschflächen (**27, 28, 29**) jeweils an einer jeweiligen Flanschfläche (**24, 25, 26**) des nächstbenachbarten Segments anliegen.

[0050] Die Flanschflächen (**24, 25, 26, 27, 28, 29**) weisen Bohrlöcher **20** für Verbindungsschrauben und die axial äußeren Flanschflächen (**24, 26, 27, 29**) weisen jeweils zumindest ein Bohrloch **21** für Zentrierschrauben oder Schrauben zum Ausrichten der Segmente zueinander auf.

[0051] Somit ist ein Anliegen der Flanschfläche **24** an der Flanschfläche **29**, ein Anliegen der Flanschfläche **25** an der Flanschfläche **28** und ein Anliegen der Flanschfläche **26** an der Flanschfläche **27** erreichbar und mittels der Zentrierschrauben ein Ausrichten der Segmente zueinander. Mittels Einbringen der Verbindungsschrauben werden danach die Segmente miteinander verbunden.

[0052] Zur Betätigung der Schraubverbindungen, also beispielsweise zum Anbringen und Betätigen der Schraubenköpfe mittels eines Werkzeuges bietet der oben erwähnte in Umfangsrichtung und zumindest teilweise auch in axialer Richtung durchgehende

Hohlraum genügend Platz. Auch die bauchige, also konvexe Ausführung der Stege **22** vergrößert diesen Platz.

[0053] Wie in **Fig. 4** mittels tangential angeschnittenen Segmenten gezeigt, verläuft der Berührbereich zwischen den Verbindungsabschnitten **2** der beiden Segmente in axialer Richtung monoton aber nicht streng monoton in Umfangsrichtung, insbesondere auch innerhalb der Schnittfläche der Darstellung in **Fig. 4**. Zwischen den Stufen ist dabei ein Spalt, insbesondere Luftspalt. Somit ist also zwischen der Stufe, welche zwischen der Flanschfläche **24** und der Flanschfläche **25** angeordnet ist, und der Stufe, welche zwischen der Flanschfläche **29** und Flanschfläche **28** angeordnet ist, ein Luftspalt angeordnet, so dass die beiden Stufen in axialer Richtung etwas voneinander beabstandet sind.

[0054] Die Grenzfläche **40** des Verzahnungsabschnitts **1** des Segments liegt ebenfalls berührend an einer entsprechenden Grenzfläche **40** des Verzahnungsabschnitts **1** des nächst benachbarten Segments an.

[0055] Somit wird an den Verbindungsabschnitt **2** eines jeweiligen Segments das benachbarte Segment mit seinem entsprechenden Verbindungsabschnitt **2** angeschraubt. Der Verbindungsabschnitt **2** erstreckt sich in radiale und in axiale Richtung. Somit befindet sich der gesamte Verbindungsabschnitt **2** in einem Umfangswinkelbereich.

[0056] In der Verbindungsfläche sind die in Umfangsrichtung orientierten Bohrlöcher (**20, 21**) angeordnet. Dabei sind Bohrlöcher **20** zum Einbringen von Schrauben vorgesehen, mit welchen die jeweils benachbarten Segmente aneinander gedrückt werden. Außerdem ist auch mindestens ein Bohrloch **21** zum Einbringen einer Schraube zum relativen Ausrichten der Segmente zueinander vorgesehen. Somit ist vor dem festen Anziehen der Verbindungsschrauben ein Ausrichten der Segmente ermöglicht. Nach Durchführung des Ausrichtens werden die Verbindungsschrauben fest angeschraubt und somit die relative Lage der Segmente fixiert.

[0057] Der Verzahnungsabschnitt **1** weist an seiner radial außen sich befindenden Seite eine Verzahnung auf. Dabei ist die Verzahnung als Schrägverzahnung ausgeführt. Die Grenzfläche **40**, mit welcher der Verzahnungsabschnitt **1** des Segments an den entsprechend benachbarten angrenzt, ist entlang einer Lücke der Verzahnung ausgeführt. Somit ist keiner der Zähne angeschnitten durch die Grenzfläche **40**. Die Grenzfläche **40** erstreckt sich somit entsprechend der Schrägverzahnung, also eines Schraubenlinienabschnitts, und in radialer Richtung. In erster Näherung kann sie als plan betrachtet werden.

[0058] Da die Flanschflächen (**24, 25, 26, 27, 28, 29**) der Verbindungsabschnitte **2** aber in rein radialer und axialer Richtung orientiert sind orientiert sind, ragt der Verzahnungsabschnitt **1** abschnittsweise über den Verbindungsabschnitt **2** heraus. Somit ragt der Verzahnungsabschnitt **1** zumindest in einem ersten axialen Bereich über die Flanschfläche **26** in Umfangsrichtung heraus; in einem zweiten axialen Bereich ist der Verzahnungsabschnitt **1** in Umfangsrichtung zurückgezogen, so dass die Grenzfläche **41** sichtbar ist. Dabei erstreckt sich die Grenzfläche **41** in axialer Richtung und in Umfangsrichtung; also weist sie einen einzigen Radialabstand auf.

[0059] Die Segmente sind dabei derart toleriert und ausgeführt, dass zwei benachbarte Segmente sich an ihren Flanschflächen (**24, 25, 26, 27, 28, 29**) berühren, jedoch ein Abstand im Bereich der Grenzflächen **40** und **41** vorhanden ist. Hierbei wird bevorzugt ein Abstand von weniger als 1 mm, insbesondere von weniger als 0,5 mm eingehalten bei einem Außendurchmesser des aus den Segmenten zusammengesetzten Zahnrades von mehr als 2 Meter, insbesondere, von mehr als 4 Meter. Somit ist der Quotient aus Abstand und Außendurchmesser kleiner als 0,0005, insbesondere kleiner als 0,00025 oder sogar 0,000125.

[0060] Auf diese Weise sind auch thermisch bedingte und/oder montagebedingte Abstandsänderungen tolerierbar. Denn die kraftübertragenden Flanschflächen (**24, 25, 26, 27, 28, 29**) übernehmen vollständig die zwischen den benachbarten Segmenten durchzuleitenden Kräfte.

[0061] Der überragende Teil des Verzahnungsabschnitts **1** deckt die Grenzfläche **41** des benachbarten Segments ab, insbesondere in radialer Richtung.

[0062] Ebenso liegen die Grenzflächen **40** jeweils zweier benachbarter Segmente sich in Umfangsrichtung und auch in axialer Richtung gesehen gegenüber.

[0063] Bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist das Zahnrad nicht schrägverzahnt sondern geradverzahnt ausgeführt. Vorzugsweise entfällt dann die Grenzfläche **41**. Trotzdem verbleibt wiederum ein allerdings sehr enger Luftspalt zwischen den einander zugewandten Grenzflächen **40** der jeweils nächstbenachbarten Segmente.

Bezugszeichenliste

1	Verzahnungsabschnitt
2	Verbindungsabschnitt
3	Verbindungsbereich für Trommel
4	Ausnehmung
20	Bohrloch für Verbindungsschrauben

- 21** Bohrloch für Zentrierschrauben oder Schrauben zum Ausrichten
- 22** Steg, insbesondere axial vorne
- 23** Steg, insbesondere axial hinten
- 24** ebene Flanschfläche
- 25** ebene Flanschfläche
- 26** ebene Flanschfläche
- 27** ebene Flanschfläche
- 28** ebene Flanschfläche
- 29** ebene Flanschfläche
- 40** Grenzfläche
- 41** Grenzfläche

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 Patentliteratur

- WO 2013/020639 A1 [0002]

Patentansprüche

1. Zahnrad mit Schrägverzahnung, welches aus Segmenten, insbesondere aus mehr als vier, Segmenten, zusammengesetzt ist, wobei jedes Segment einen Verzahnungsabschnitt aufweist, der eine Schrägverzahnung aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei jedem Segment der Verzahnungsabschnitt über erste und zweite Stege sowie Verbindungsabschnitte mit dem Verbindungsbereich verbunden ist, wobei die Verbindungsabschnitte, die ersten und die zweiten Stege jeweils beabstandet voneinander sind oder zumindest abschnittsweise voneinander beabstandet sind, insbesondere so dass das Segment mehrere, insbesondere drei oder mehr, axial durchgehende Ausnehmungen aufweist, insbesondere wobei der von den ersten Stegen überdeckte axiale Bereich beabstandet ist von dem von den zweiten Stegen überdeckten axialen Bereich, insbesondere so dass das Segment zumindest eine in Umfangsrichtung durchgehende Ausnehmung aufweist.

2. Zahnrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei jedem Segment erste und zweite Stege, Verzahnungsabschnitt, Verbindungsabschnitte und Verbindungsbereich einteilig und/oder einstückig ausgeführt sind.

3. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten und die zweiten Stege gebogen ausgeführt sind, insbesondere konvex gekrümmt, insbesondere die ersten Stege nach axial vorne und die zweiten Stege nach axial hinten.

4. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Verbindungsabschnitt am in Umfangsrichtung vorne angeordneten Endbereich des Segments angeordnet ist, insbesondere und ein zweiter Verbindungsabschnitt am in Umfangsrichtung hinten angeordneten Endbereich des Segments angeordnet ist, wobei der erste Verbindungsabschnitt eine Anlagefläche aufweist, mit welcher das Segment am nächstbenachbarten Segment, insbesondere an der entsprechenden Anlagefläche des zweiten Verbindungsabschnitts des nächstbenachbarten Segments, anliegt, wobei die Anlagefläche gestuft ausgeführt ist, so dass sie zumindest drei eben, insbesondere also plan, ausgeführten Flanschflächen (24, 25, 26) aufweist, wobei jede der Flanschflächen (24, 25, 26) dabei auf einer jeweiligen Umfangswinkelposition angeordnet ist und einen jeweiligen axialen Bereich überdeckt,

wobei sind diese jeweiligen axialen Bereiche jeweils voneinander beabstandet oder höchstens aneinander angrenzend angeordnet sind, insbesondere wobei die jeweiligen axialen Bereiche nicht einander überlappen, wobei die Umfangswinkelpositionen der Flanschflächen (25, 26, 24) voneinander beabstandet sind, insbesondere in Umfangsrichtung streng monoton ansteigen mit zunehmender Axialposition der Flanschflächen (24, 25, 26).

5. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung eine Außenverzahnung ist.

6. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verzahnungsabschnitt an seinen in Umfangsrichtung angeordneten Endbereichen jeweils eine zum benachbarten Segment zugewandte erste Grenzfläche (40) aufweist, welche parallel zu einer Zahnücke der Verzahnung verläuft, insbesondere wobei die erste Grenzfläche (40) sich in radialer Richtung und entlang einer Schraubenlinie, deren Schraubenachse die Zahnradachse ist und deren Schrägungswinkel dem Schrägungswinkel der Verzahnung entspricht, erstreckt.

7. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verzahnungsabschnitt, insbesondere mit einem einen Abschnitt der ersten Grenzfläche (40) enthaltenden Abschnitt, in Umfangsrichtung über den Verbindungsabschnitt herausragt, insbesondere wobei der Verzahnungsabschnitt, insbesondere mit einem einen anderen Abschnitt der ersten Grenzfläche (40) enthaltenden anderen Abschnitt, in Umfangsrichtung weniger weit sich erstreckt als der Verbindungsabschnitt.

8. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungsabschnitt eine zweite Grenzfläche (41) aufweist, welche in Umfangsrichtung und in axialer Richtung sich erstreckt und der radialen Innenseite des in Umfangsrichtung über den zugehörigen Verbindungsabschnitt herausragenden Abschnitts des Verzahnungsabschnitts des benachbarten Segments radial gegenübersteht.

9. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den ersten Grenzflächen (40) zweier benachbarter Segmente ein erster Abstand ausgeführt ist.

10. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

net, dass ein zweiter Abstand zwischen der zweiten Grenzfläche (41) und der radialen Innenseite des herausragenden Abschnitts des Verzahnungsabschnitts des benachbarten Segments vorgesehen ist.

11. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungsabschnitt eine Anlagefläche aufweist, an der die entsprechende Anlagefläche des jeweils benachbarten Segments angedrückt wird mittels Verbindungsschrauben.

12. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede der Flanschflächen der Anlagefläche sich jeweils in radialer Richtung und in axialer Richtung erstreckt, insbesondere nicht aber in Umfangsrichtung, insbesondere also an einer jeweiligen einzigen Umfangsposition angeordnet ist.

13. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in axialer Richtung zwischen einer ersten und einer dritten Flanschfläche eine zweite Flanschfläche angeordnet ist, wobei die erste und dritte Flanschfläche jeweils ein Bohrloch für eine Schraube zum Ausrichten der Segmente zueinander aufweist.

14. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungsabschnitt in einem geringeren Radialabstandsbereich angeordnet ist als der Verzahnungsabschnitt.

15. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungsbereich mit einer Trommel oder Welle verbunden ist, wobei das Zahnrad auf größerem Radialabstand als die Trommel beziehungsweise Welle angeordnet ist.

16. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Segment aus ADI oder GGG Stahlguss gefertigt ist.

17. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den in axialer Richtung zueinander nächstbenachbarten Flanschflächen jeweils eine Stufe angeordnet ist, wobei zwischen der jeweiligen Stufe des Segments und einer entsprechenden Stufe des jeweils nächstbenachbarten Segments ein axialer Abstand, insbesondere also Luftspalt vorhanden ist.

18. Zahnrad nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Quotient aus dem ersten Abstand und dem Außendurchmesser des Zahnrades kleiner als 0,0005, insbesondere kleiner als 0,00025 oder sogar kleiner als 0,000125, ist, und/oder dass der Quotient aus dem zweiten Abstand und dem Außendurchmesser des Zahnrades kleiner als 0,0005, insbesondere kleiner als 0,00025 oder sogar kleiner als 0,000125, ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

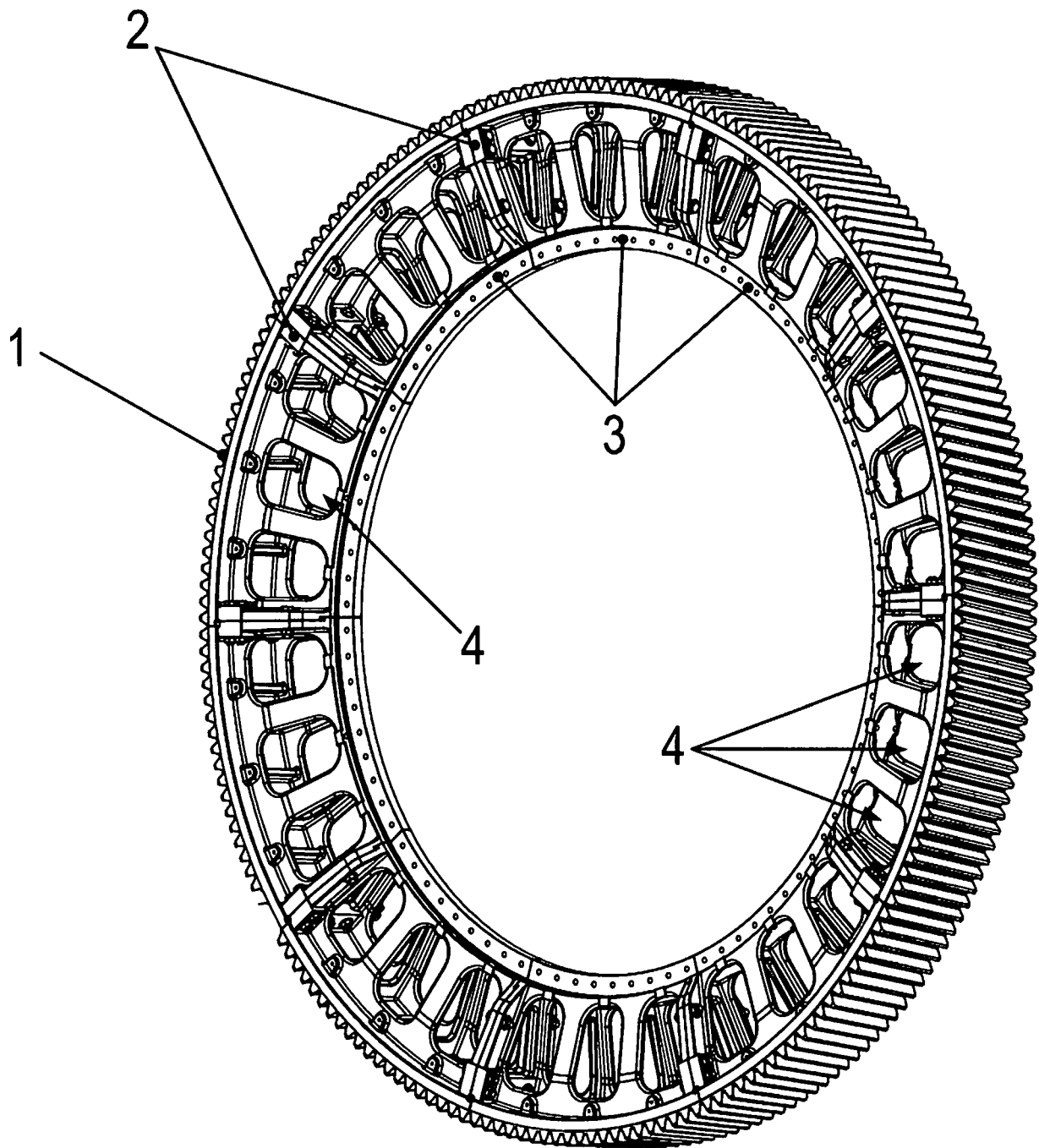


Fig. 1

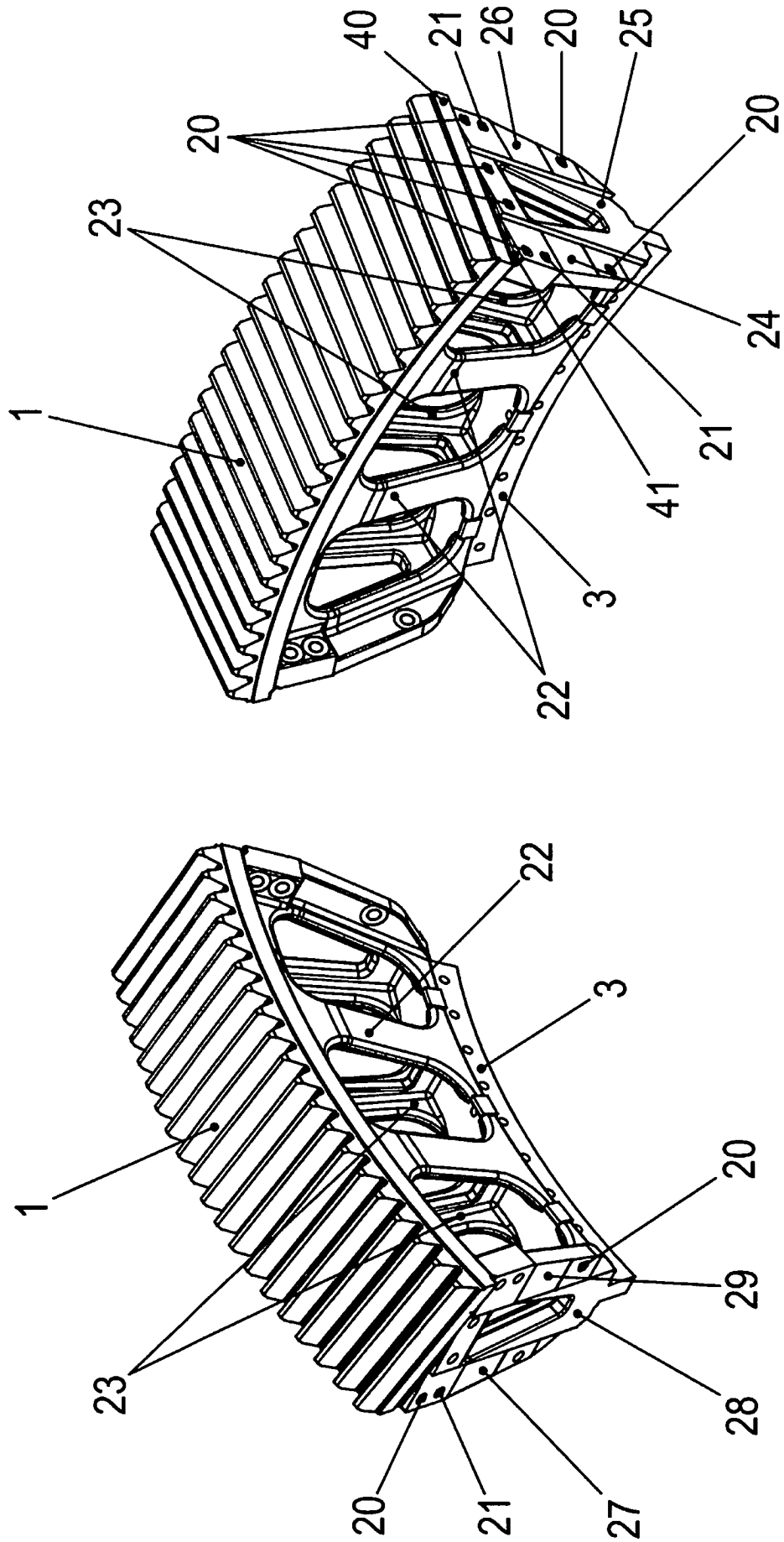


Fig. 2

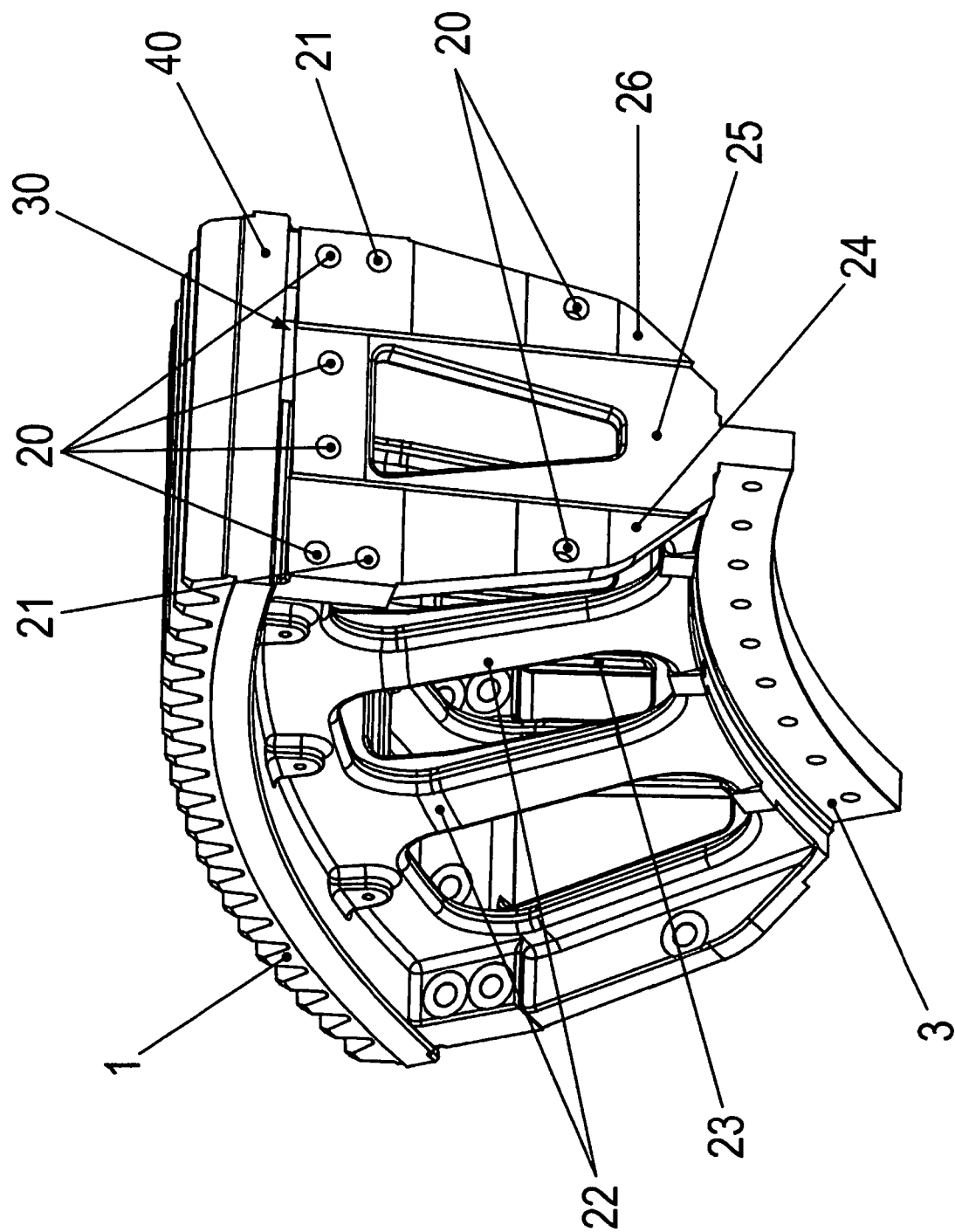


Fig. 3

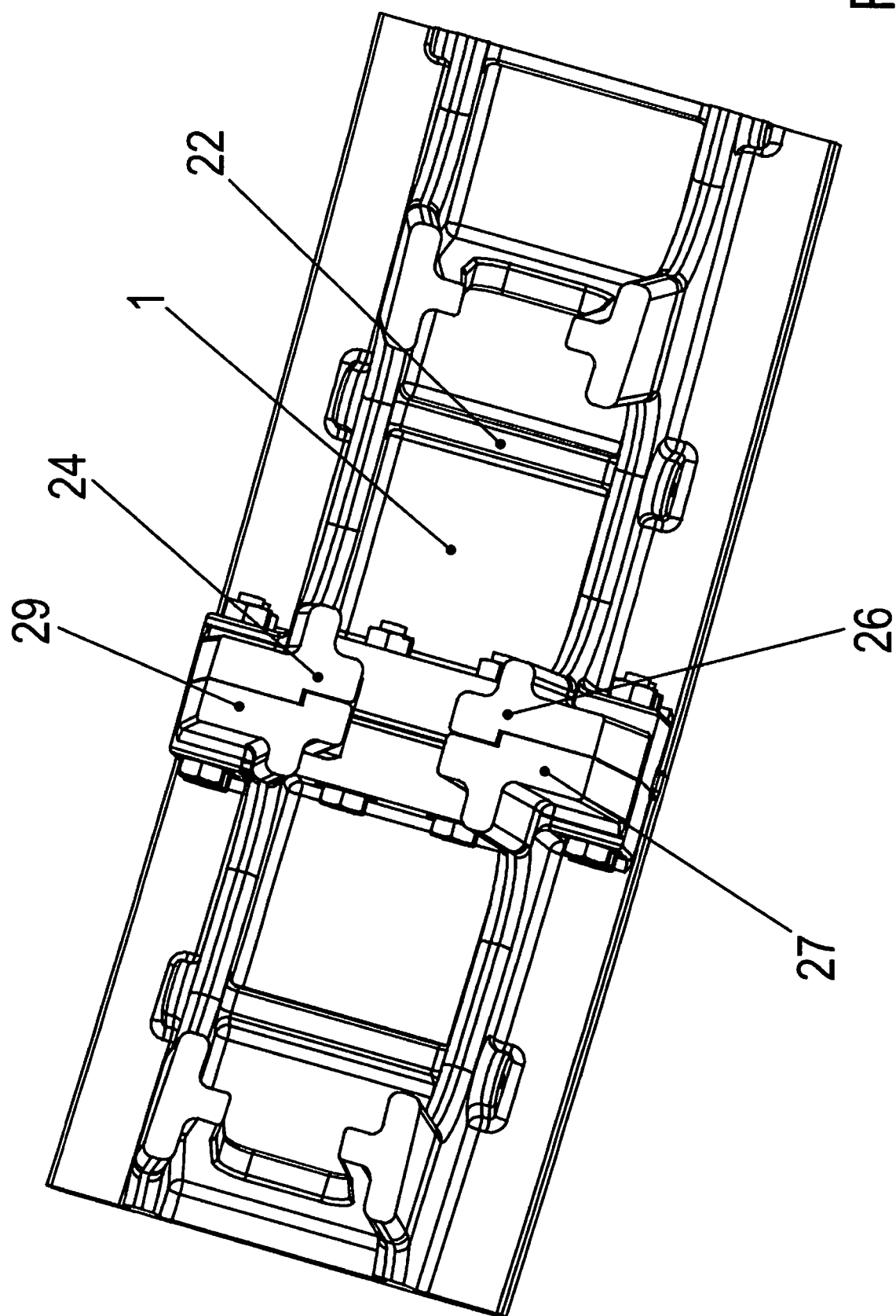


Fig. 4