



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 717 772 A2

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: F16H 57/08 (2006.01)
F16H 1/28 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 80/00 (2015.01)

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01059/20

(71) Anmelder:
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte
Wissenschaften ZPP Zentrum für Produkt- und
Prozessentwicklung, Lagerplatz 22
8401 Winterthur (CH)

(22) Anmeldedatum: 26.08.2020

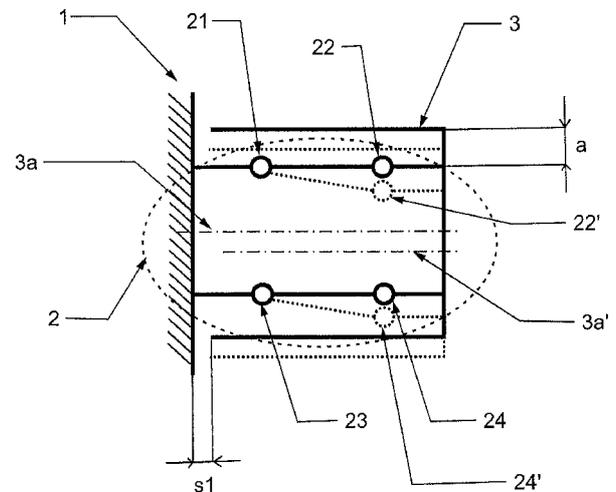
(72) Erfinder:
Ulrich Anton Höller, 8123 Ebmatigen (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 28.02.2022

(74) Vertreter:
E. Blum & Co. AG Patent- und Markenanwälte VSP,
Vorderberg 11
8044 Zürich (CH)

(54) Bolzen mit Nachgiebigkeitsmechanismus und Hülse.

(57) Bolzen, insbesondere ein Planetenbolzen, umfassend einen Bolzenkopf (1), einen Nachgiebigkeitsmechanismus (2), mit mindestens vier Gelenken (21, 22, 23, 24), und eine Hülse (3) mit einer Längsachse (3a). Der Nachgiebigkeitsmechanismus (2) erstreckt sich in axialer Richtung des Bolzenkopfs (1), so dass jeweils zwei der mindestens vier Gelenke (21, 22, 23, 24) in Serie angeordnet sind und den Bolzenkopf (1) mit der coaxial zur Achse des Bolzenkopfs (1) angeordneten Hülse (3) verbinden. Jeweils vier Gelenke der mindestens vier Gelenke (21, 22, 23, 24) sind derart angeordnet, dass sie ein Parallelogramm bilden. Die Hülse (3) umschliesst den Nachgiebigkeitsmechanismus (2) zumindest teilweise. Der Nachgiebigkeitsmechanismus (2) ist derart ausgebildet, dass bei einer bestimmungsgemässen Befestigung des Bolzens eine Kräfteinwirkung orthogonal zur Längsachse der Hülse (3a) auf die Hülse (3) den Nachgiebigkeitsmechanismus (2) derart auslenkt, dass sich die Längsachse der Hülse (3a) im Wesentlichen parallel verschiebt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Bolzen, ein Planetengetriebe umfassend den Bolzen und ein Verfahren zum Herstellen des Bolzens. Im Weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Computerprogramm um mittels additivem Fertigungsverfahren einen erfindungsgemässen Bolzen herzustellen.

Stand der Technik

[0002] In einem Getriebe können Drehzahl und Drehmoment umgewandelt werden. Ein typisches solches Getriebe zur Umwandlung von Drehzahl und Drehmoment ist ein Planetengetriebe. Dieses umfasst ein Zentralrad (Sonnenrad) ein oder mehrere das Sonnenrad umlaufende Zahnräder (Planetenräder) und ein, die Planetenräder umschliessendes, Hohlrad. Die Planetenräder sind in der Regel gleichmässig um das Sonnenrad verteilt und durch den Planetenträger miteinander verbunden. In der Grundbetriebsart treibt das Sonnenrad die Planetenräder an, die über den Planetenträger an eine Abtriebswelle gekoppelt sind. Das Hohlrad bleibt stationär und kann am Gehäuse befestigt werden. Fertigungs- und Montagetoleranzen können jedoch bei bestimmungsgemäsem Betrieb unter Last zu einer ungleichmässigen Lastverteilung auf die Planetenräder führen. Ausserdem kann im bestimmungsgemässen Betrieb auch entlang der Zahnbreite der Planetenräder eine ungleichmässige Flankenpressung entstehen.

[0003] Die ungleichmässigen Lastverteilung wird mit dem Lastaufteilungsfaktor K_V und dem Breitenlastfaktor $K_{H\beta}$ bei der Auslegung berücksichtigt, wie er zum Beispiel nach ISO 6336 verwendet wird.

[0004] Es ist bekannt, dass eine signifikant homogenere Lastverteilung und damit ein tieferer Lastaufteilungsfaktor K_V und tieferer Breitenlastfaktor $K_{H\beta}$ erreicht werden kann, wenn die Planetenräder mit elastischen Planetenbolzen, sogenannten „Flexpins“ gelagert werden.

[0005] Dokument US 6,994,651 B2 beschreibt zum Beispiel so einen Flexpin. Der Flexpin hat eine Einkerbung. Der Bolzen wird mittels Pressung an einem Ende in einer Bohrung des Planetenträgers befestigt und am anderen Ende in einer Hülse, welche die Planetenräder und deren Lager trägt.

[0006] Ausserdem sind solche bekannten Flexpins aufgrund ihrer Gestalt nur begrenzt flexibel, unter Einhaltung der Tragfähigkeit des Werkstoffs, wodurch der Lastaufteilungsfaktor K_V und der Breitenlastfaktor $K_{H\beta}$ nur begrenzt gesenkt werden.

Beschreibung der Erfindung

[0007] Die vorliegende Erfindung beschreibt in einem **ersten Aspekt** einen Bolzen, welcher die im Stand der Technik beschriebenen Nachteile überwindet. Ausserdem hat der erfindungsgemässe Bolzen den Vorteil, so dass der Lastaufteilungsfaktor K_V und/oder der Breitenlastfaktor $K_{H\beta}$ gegenüber dem bekannten Stand der Technik gesenkt werden.

[0008] Der erfindungsgemässe Bolzen umfasst einen Bolzenkopf, einen Nachgiebigkeitsmechanismus mit mindestens vier Gelenken und eine Hülse mit einer Längsachse.

[0009] Insbesondere ist der Bolzen ein Planetenbolzen, das heisst, dass er als Bolzen für ein Planetenrad zur Lagerung desselben in einem Planetenträger geeignet ist.

[0010] Der Nachgiebigkeitsmechanismus erstreckt sich in axialer Richtung des Bolzenkopfs und verbindet diesen mit der koaxial zur Achse des Bolzenkopfs angeordneten Hülse, derart, dass die Hülse den Nachgiebigkeitsmechanismus zumindest teilweise umschliesst.

[0011] Jeweils zwei der mindestens vier Gelenke sind dafür in Serie angeordnet und verbinden den Bolzenkopf mit der koaxial zur Achse des Bolzenkopfs angeordneten Hülse.

[0012] Vier Gelenke der mindestens vier Gelenke sind jeweils derart angeordnet, dass sie ein (virtuelles) Parallelogramm bilden.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform kann die Hülse den Nachgiebigkeitsmechanismus in Längsrichtung der Längsachse der Hülse auch gänzlich umschliessen.

[0014] Der Nachgiebigkeitsmechanismus ist derart ausgebildet, dass bei einer bestimmungsgemässen Verwendung des Bolzens, insbesondere bei dessen Verwendung als Planetenbolzen zum Lagern eines Planetenrades in einem Planetenträger, eine Kräfteinwirkung orthogonal zur Längsachse der Hülse auf die Hülse den Nachgiebigkeitsmechanismus derart auslenkt, dass sich die Längsachse der Hülse im Wesentlichen parallel verschiebt.

[0015] Wenn in der bestimmungsgemässen Verwendung des Bolzens eine Kraft auf die Hülse wirkt, überträgt die Hülse diese Kraft auf den Nachgiebigkeitsmechanismus, wo diese in eine Parallelbewegung der Längsachse der Hülse umgewandelt wird.

[0016] Insbesondere bedeutet eine im Wesentlichen parallele Verschiebung, dass sich die Längsachse parallel verschiebt, es aber in der Praxis zu kleine Abweichungen von einer exakten geometrischen parallelen Verschiebung geben könnte.

[0017] Dadurch, dass die Längsachse im Wesentlichen parallel verschoben wird, wird der Lastaufteilungsfaktor K_V und/oder der Breitenlastfaktor K_{HB} gesenkt.

[0018] Wenn in der bestimmungsgemässen Verwendung des Bolzens eine Kraft auf die Hülse wirkt, wird diese Kraft in besagter Ausführungsform auf das Parallelogramm der Gelenke übertragen. Die Winkel des Parallelogramms ändern sich, die Abstände der jeweils zwei in Serie angeordneten Gelenke bleiben gleich. Durch die Winkeländerung des Parallelogramms, aber indem die Abstände der in zwei in Serie angeordneten Gelenke nicht ändern, entsteht eine im Wesentlichen parallele Verschiebung der Längsachse der Hülse, so dass der Lastaufteilungsfaktor K_V und/oder der Breitenlastfaktor K_{HB} gesenkt des Bolzens gesenkt werden

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform können die mindestens vier Gelenke über einen Steg miteinander verbunden sein. Der Steg dient insbesondere zur Stabilisierung der Anordnung der Gelenke in dem Parallelogramm.

[0020] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann der Nachgiebigkeitsmechanismus mit der Hülse und/oder dem Bolzenkopf einstückig verbunden sein. Einstückig heisst, aus einem Bauteil gefertigt. Das heisst insbesondere, dass die jeweils zwei in Serie angeordneten Gelenke der mindestens vier Gelenke einstückig mit dem Bolzenkopf und/oder der Hülse ausgebildet sind.

[0021] Insbesondere heisst einstückig hier, dass ein zweites, dem Bolzenkopf abgewandtes Ende des Nachgiebigkeitsmechanismus und die Hülse aus einem Bauteil gefertigt sind, oder dass das dem Bolzenkopf zugewandte erste Ende des Nachgiebigkeitsmechanismus mit dem Bolzenkopf aus einem Bauteil gefertigt sind.

[0022] Insbesondere kann so ein einstückiges Bauteil mittels eines additiven Verfahrens hergestellt werden.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform können der Nachgiebigkeitsmechanismus und die Hülse und/oder der Bolzenkopf auch mittels form- oder kraftschlüssigem Verfahren oder mittels Kleben oder Lötten verbunden werden.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform einer Lagerung des Bolzens, wird dieser nur an einem Ende, nämlich am Bolzenkopf gelagert. Das dem Bolzenkopf entgegen gesetzte Ende, welches auch dem Boden der Hülse entspricht, ist nicht eingespannt. Entsprechend läuft der Kraftfluss einer Kraft, welche orthogonal zur Längsachse der Hülse auf die Hülse wirkt, von der Hülse über den Nachgiebigkeitsmechanismus, an dessen zweiten Ende der Nachgiebigkeitsmechanismus mit der Hülse verbunden ist. Der Nachgiebigkeitsmechanismus ist so ausgebildet, dass die Längsachse der Hülse im Wesentlichen parallel verschoben wird, so dass der Bolzenkopf nicht verschoben wird und durch die auf die Hülse wirkende Kraft im Wesentlichen nicht beeinflusst wird. Die einseitige Einspannung des Bolzens erleichtert die Konstruktion eines Getriebes erheblich, es kann auf zahlreiche Konstruktionsbauteile wie Lager für das dem Bolzenkopf entgegengesetzte Ende des Bolzens, verzichtet werden.

[0025] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann der Nachgiebigkeitsmechanismus weitere vier Gelenke umfassen. Jeweils zwei Gelenke der weiteren vier Gelenke sind in Serie angeordnet, derart, dass jeweils vier Gelenke der weiteren vier Gelenke in einem weiteren Parallelogramm angeordnet sind.

[0026] Die Hülse kann vorteilhafterweise auch diese weiteren vier Gelenke entlang der Längsachse der Hülse zumindest teilweise oder auch gänzlich umschliessen.

[0027] Diese weitere vorteilhafte Ausführungsform des Nachgiebigkeitsmechanismus mit vier weiteren Gelenken ist derart ausgebildet, dass eine Krafteinwirkung in orthogonaler Richtung der Längsachse der Hülse auf die Hülse auch die weiteren vier Gelenke derart auslenkt, dass sich die Längsachse der Hülse im Wesentlichen parallel verschiebt.

[0028] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Nachgiebigkeitsmechanismus mit vier weiteren Gelenken sind alle vier der weiteren Gelenke über einen weiteren Steg miteinander verbunden. Auch dieser weitere Steg dient insbesondere der Stabilisierung des weiteren Parallelogramms .

[0029] In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemässen Bolzens kann zwischen einem dem Bolzenkopf zugewandten Ende der Hülse und dem Nachgiebigkeitsmechanismus ein Spalt s sein, in radialer Richtung der Hülse, insbesondere ist der Spalt $s_1 \leq 2 \text{ mm}$, insbesondere $s_1 \leq 1 \text{ mm}$.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform kann auch zwischen einem dem Bolzenkopf zugewandten Ende der Hülse und einem der Hülse zugewandten Ende des Bolzenkopfs ein Spalt s_2 sein, insbesondere mit $s_2 \leq 2 \text{ mm}$.

[0031] In einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Erfindung hat die Hülse einen Aussendurchmesser, welcher kleiner ist als der Aussendurchmesser des Bolzenkopfs.

[0032] Ausserdem kann in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung das dem Bolzenkopf zugewandte Ende der Hülse als Flansch ausgebildet sein.

[0033] In einer weiteren Ausführungsform können die mindestens vier Gelenke und/oder die weiteren vier Gelenke als Verjüngungen von Verbindungen und/oder der Stege zwischen dem Bolzenkopf und der Hülse ausgebildet sein.

[0034] Ein **zweiter Aspekt** der Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Bolzens mit einem Bolzenkopf, einem Nachgiebigkeitsmechanismus und einer Hülse mit einer Längsachse, gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung. Der Bolzen wird mittels additivem oder subtraktivem Herstellungsverfahren hergestellt.

[0035] Vorteilhafterweise ist die Herstellung derart, dass der Bolzen aus einem Bauteil gefertigt ist. Das heisst, dass beim additiven Herstellungsverfahren der schichtweise Aufbau des Bolzens in einem Stück den Bolzenkopf, den Nachgiebigkeitsmechanismus und die Hülse umfasst. Bei einem subtraktiven Verfahren wird entsprechend aus einem Material mittels Ätzen, spanenden Verfahren etc. das nicht benötigte Material entfernt, welches den Bolzenkopf, den Nachgiebigkeitsmechanismus und die Hülse umfasst.

[0036] Ein **dritter Aspekt** der Erfindung bezieht sich auf ein Computerprogramm umfassend Programmbeefehle, welche dazu konfiguriert sind, mittels additivem Fertigungsverfahren einen Bolzen gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung herzustellen.

[0037] Ein **vierter Aspekt** der Erfindung bezieht sich auf ein Planetengetriebe mit mindestens einem Planetenrad, insbesondere ab mindestens drei Planetenrädern, welche mit einem Bolzen gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung in einem Planetenträger gelagert ist.

[0038] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung werden in den Figuren dargestellt und im Folgenden sowie in den Ansprüchen beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0039] Weitere Ausgestaltungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

- Fig. 1 zeigt eine abstrakte Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemässen Bolzens;
- Fig. 2a und 2b zeigen eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Bolzens, wobei die Hülse nicht dargestellt ist;
- Fig. 3a, 3b und 3c zeigen weitere Ansichten des Bolzens aus Fig. 2; und
- Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform des Planetengetriebes.

Weg(e) zur Ausführung der Erfindung

[0040] **Fig. 1** zeigt eine abstrakte Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemässen Bolzens. Der dargestellte Bolzen umfasst einen Bolzenkopf 1, einen Nachgiebigkeitsmechanismus 2 mit vier Gelenken 21, 22, 23, 24 und eine Hülse 3 mit einer Längsachse 3a. Der Nachgiebigkeitsmechanismus 2 erstreckt sich in axialer Richtung des Bolzenkopfs 1. Jeweils vier der mindestens vier Gelenke 21, 22, 23, 24 sind derart angeordnet, dass sie ein (virtuelles) Parallelogramm bilden. Der Nachgiebigkeitsmechanismus 2 verbindet den Bolzenkopf 1 mit der koaxial angeordneten Hülse 3, derart, dass die Hülse 3 den Nachgiebigkeitsmechanismus 2 zumindest teilweise umschliesst.

[0041] Der in Fig. 1 abgebildete Nachgiebigkeitsmechanismus 2 umfasst vier Gelenke 21, 22, 23, 24. Die Hülse 3 umschliesst die mindestens vier Gelenke 21, 22, 23, 24 zumindest teilweise entlang der Längsachse der Hülse 3a.

[0042] Der Nachgiebigkeitsmechanismus 2 ist derart ausgebildet, dass bei einer bestimmungsgemässen Befestigung des Bolzens eine Kräfteinwirkung orthogonal zur Längsachse der Hülse 3a auf die Hülse 3 den Nachgiebigkeitsmechanismus 2 derart auslenkt, dass sich die Längsachse der Hülse 3a im Wesentlichen parallel verschiebt, dies ist in Fig. 1 als verschobene Längsachse 3a' dargestellt. Die Ablenkung des Nachgiebigkeitsmechanismus 2 ist in Fig. 1 durch die von den mindestens vier Gelenke 21, 22, 23, 24 ausgelenkten Gelenke 22' und 24' dargestellt.

[0043] Vorteilhafterweise kann der kleinste Abstand zwischen der Hülse und dem Nachgiebigkeitsmechanismus ein Abstand (a) sein, insbesondere ein Abstand a von $a \leq 2$ mm.

[0044] Ausserdem kann vorteilhafterweise zwischen einem dem Bolzenkopf 1 zugewandten Ende der Hülse und einem Ende des Bolzenkopfs 1, welches der Hülse 3 zugewandt ist, ein Spalt (s1) sein, insbesondere ein Spalt s1 von $s1 \leq 2$ mm.

[0045] **Fig. 2a und 2b** zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Bolzens mit einem Bolzenkopf 1 und einem Nachgiebigkeitsmechanismus 2 mit vier Gelenken 21, 22, 23, 24. Die Hülse 3 ist hier nicht dargestellt, damit die Darstellung übersichtlich bleibt. Die Figuren 2a und 2b entsprechen einer Darstellung der gleichen Ausführungsform eines Bolzens, jedoch um 90° gedreht, um den Nachgiebigkeitsmechanismus 2 von allen Seiten darzustellen.

[0046] Der Nachgiebigkeitsmechanismus dieser Ausführungsform umfasst weitere vier Gelenke 26, 27, 28, 29. Jeweils zwei der weiteren vier Gelenke 26, 27, 28, 29 sind in Serie angeordnet, derart, sie den Bolzenkopf 1 mit der Hülse 3 verbinden und derart, dass die vier weiteren Gelenke 26, 27, 28, 29, in einem weiteren Parallelogramm angeordnet sind.

[0047] Die mindestens vier Gelenke 21, 22, 23, 24 können, wie in Fig. 2a über einen Steg 210 miteinander verbunden werden.

[0048] Die vier weiteren Gelenke 26, 27, 28, 29 können wie in Fig. 2b abgebildet über einen weiteren Steg 220 miteinander verbunden werden.

[0049] Vorteilhafterweise können die mindestens vier Gelenke und/oder die vier weiteren Gelenke mit gleichem Abstand orthogonal zur Längsachse der Hülse angeordnet sein.

[0050] Fig. 3a, 3b und 3c zeigen eine weitere Ausführungsform des Bolzens aus Fig. 2, allerdings ist auch die Hülse 3 dargestellt. Fig 3a zeigt eine Ansicht des Bolzens von oben, Fig. 3b und Fig. 3c die eingezeichneten zueinander orthogonal stehenden Schnittansichten. Insbesondere ist in den Schnittansichten gut sichtbar, dass der Nachgiebigkeitsmechanismus 2 mit der in axialer Richtung vom Bolzenkopf 1 abgewandten zweiten Ende 2b des Nachgiebigkeitsmechanismus 2 mit der Hülse 3 einstückig verbunden ist. Insbesondere ist das zweite Ende 2b des Nachgiebigkeitsmechanismus wie in Fig. 2a und 2b abgebildet mit einem vom Bolzenkopf 1 abgewandten Ende der Hülse 2 verbunden. Diese Verbindung kann einstückig ausgebildet sein oder kann durch Form- oder Kraftschluss zustande kommen.

[0051] Die zwei der mindestens vier Gelenke 21, 22, 23, 24, welche den Bolzenkopf 1 mit der Hülse 3 verbinden sind dabei als Verjüngungen in den Verbindungen ausgebildet.

[0052] Ausserdem ist in diesen zwei Ansichten in Fig. 2a und Fig. 2b gut sichtbar, dass vorteilhafterweise ein Aussendurchmesser des Bolzens 1 Durchmesser haben kann, der grösser ist als der Aussendurchmesser der Hülse 2.

[0053] Ausserdem kann das dem Bolzenkopf zugewandte Ende der Hülse 3a vorteilhafterweise als Flansch ausgebildet sein.

[0054] Fig. 4 zeigt einen erfindungsgemässen Bolzen in einem Planetengetriebe. Dabei befestigt der Bolzen das Planetenrad 42 an einem Planetenträger 41. In der gezeigten Abbildung wirkt eine Kraft normal zur Zeichenebene auf den Bolzen.

[0055] Während in der vorliegenden Anmeldung bevorzugte Ausführungen der Erfindung beschrieben sind, ist klar darauf hinzuweisen, dass die Erfindung nicht auf diese beschränkt ist und in auch anderer Weise innerhalb des Umfangs der folgenden Ansprüche ausgeführt werden kann.

Patentansprüche

1. Bolzen, insbesondere ein Planetenbolzen, umfassend
 - einen Bolzenkopf (1),
 - einen Nachgiebigkeitsmechanismus (2), mit mindestens vier Gelenke (21, 22, 23, 24),
 - eine Hülse (3) mit einer Längsachse (3a),
 wobei sich der Nachgiebigkeitsmechanismus (2) in axialer Richtung des Bolzenkopfs (1) erstreckt, so dass jeweils zwei der mindestens vier Gelenke (21, 22, 23, 24) in Serie angeordnet sind und den Bolzenkopf (1) mit der koaxial zur Achse des Bolzenkopfs (1) angeordneten Hülse (3) verbinden,
 - wobei jeweils vier Gelenke der mindestens vier Gelenke (21, 22, 23, 24) derart angeordnet sind, dass sie ein Parallelogramm bilden,
 - wobei die Hülse (3) den Nachgiebigkeitsmechanismus (2) zumindest teilweise umschliesst,
 - wobei der Nachgiebigkeitsmechanismus (2) derart ausgebildet ist, dass bei einer bestimmungsgemässen Befestigung des Bolzens eine Kraftereinwirkung orthogonal zur Längsachse der Hülse (3a) auf die Hülse (3) den Nachgiebigkeitsmechanismus (2) derart auslenkt, dass sich die Längsachse der Hülse (3a) im Wesentlichen parallel verschiebt.
2. Bolzen gemäss Anspruch 1, wobei die mindestens vier Gelenke (21, 22, 23, 24) über einen Steg (210) miteinander verbunden sind.
3. Bolzen gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Nachgiebigkeitsmechanismus vier weitere Gelenke (25, 26, 27, 28) umfasst.
4. Bolzen gemäss Anspruch 3, wobei die weiteren vier Gelenke (25, 26, 27, 28) über einen weiteren Steg (220) miteinander verbunden sind.
5. Bolzen gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Nachgiebigkeitsmechanismus (2) mit der Hülse (3) und/oder dem Bolzenkopf einstückig verbunden ist.
6. Bolzen gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der kleinste Abstand der Hülse und dem Nachgiebigkeitsmechanismus (2) ein Abstand (a) ist, insbesondere ein Abstand a von $a \leq 2$ mm.
7. Bolzen gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen einem dem Bolzenkopf (1) zugewandten Ende der Hülse (3a) und einem Ende des Bolzenkopfs (1), welches der Hülse (3) zugewandt ist, ein Spalt (s2) ist, insbesondere ein Spalt s2 von $s2 \leq 2$ mm.
8. Bolzen gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche wobei die mindestens vier Gelenke und/oder die vier weiteren Gelenke mit gleichem Abstand orthogonal zur Längsachse der Hülse angeordnet sind.
9. Bolzen gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein dem Bolzenkopf zugewandtes Ende der Hülse (3a) als Flansch (3c) ausgebildet ist.

CH 717 772 A2

10. Bolzen gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mindestens vier Gelenke (21, 22, 23, 24) und/oder die weiteren vier Gelenke (25, 26, 27, 28) als Verjüngungen von Verbindungen und/oder Stege zwischen dem Bolzenkopf (1) und der Hülse (3) ausgebildet sind.
11. Verfahren zum Herstellen eines Bolzens gemäss einem der Ansprüche 1 bis 10, mittels additivem oder subtraktivem Fertigungsverfahren.
12. Computerprogramm umfassend Programmbefehle, die dazu konfiguriert sind, mittels additivem Fertigungsverfahren einen Bolzen gemäss Anspruch 1 bis 10 herzustellen.
13. Planetengetriebe umfassend mindestens ein Planetenrad, welches mit einem Bolzen gemäss einem der Ansprüche 1 bis 10 in einem Planetenträger gelagert ist.

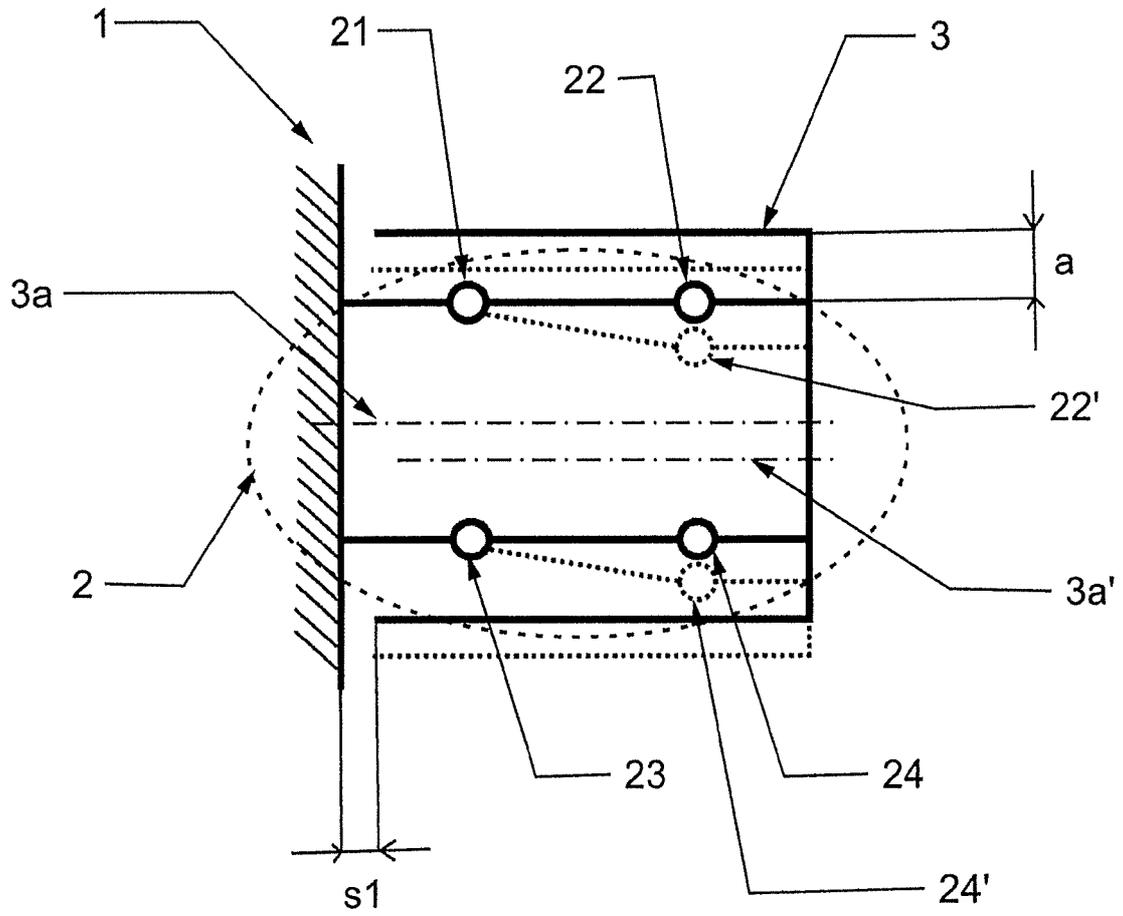
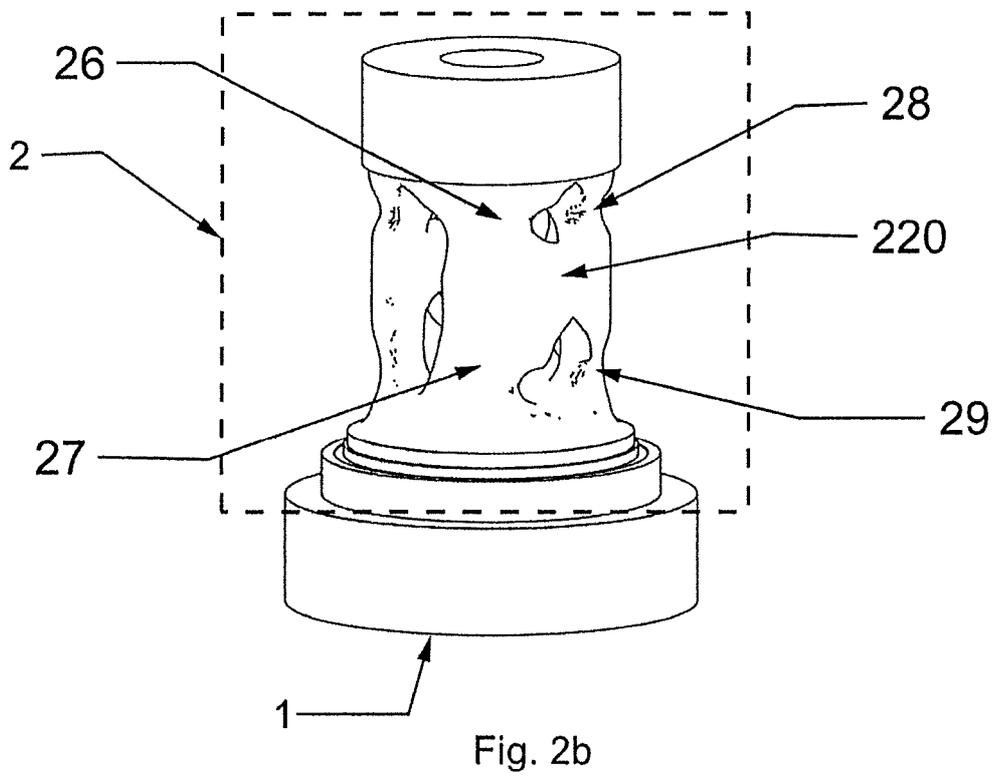
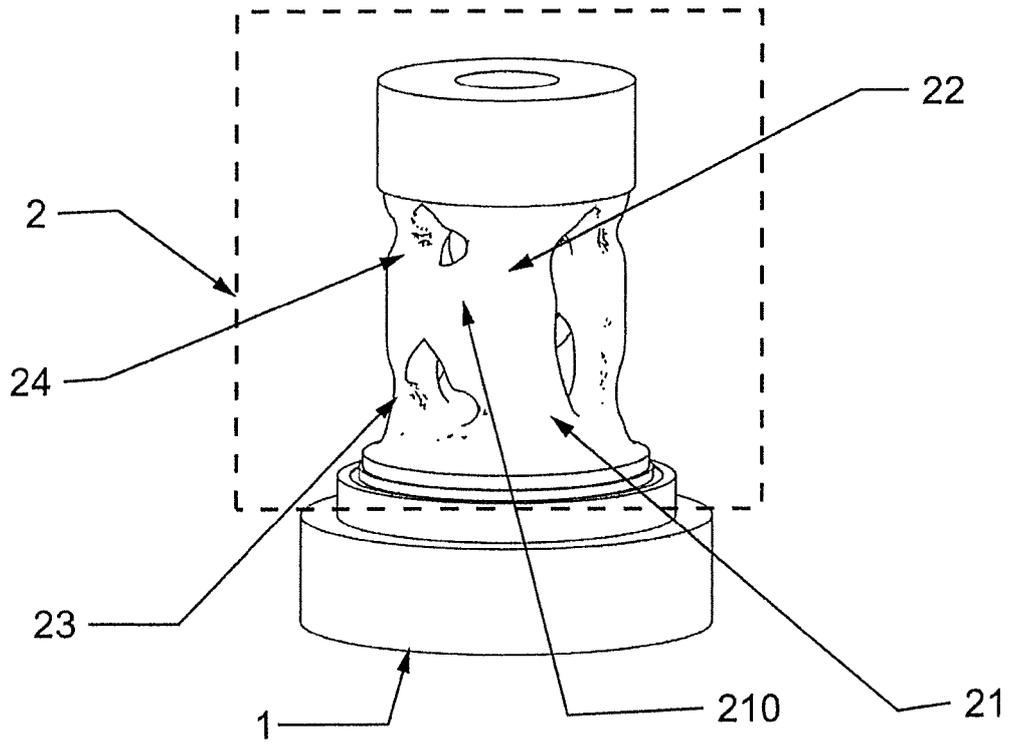


Fig. 1



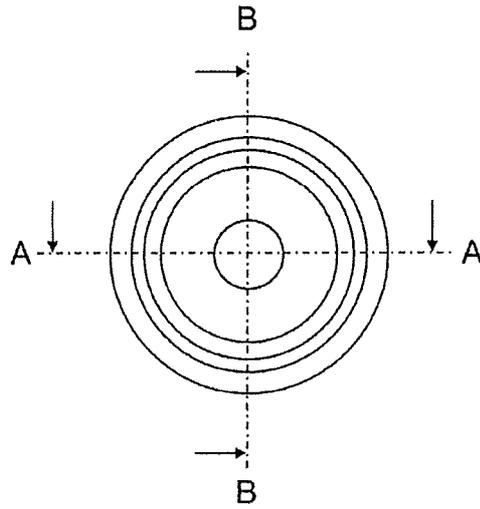


Fig. 3a

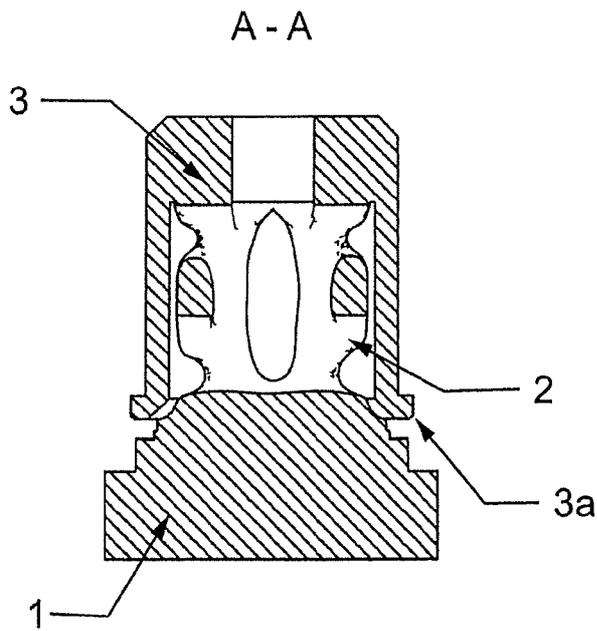


Fig. 3b

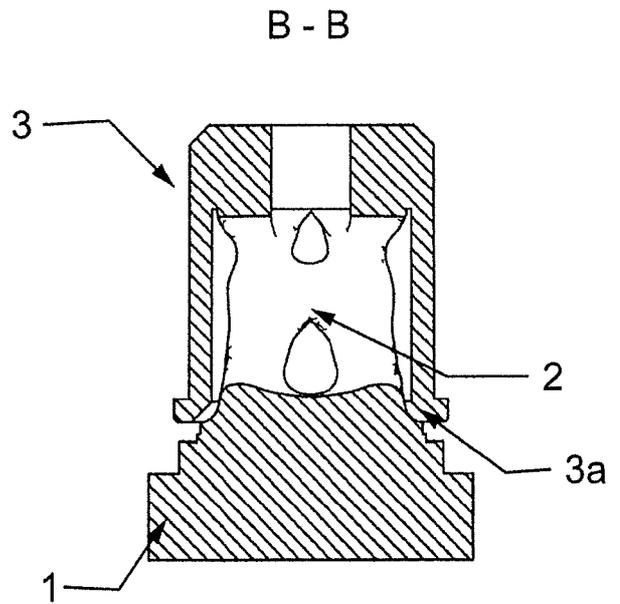


Fig. 3c

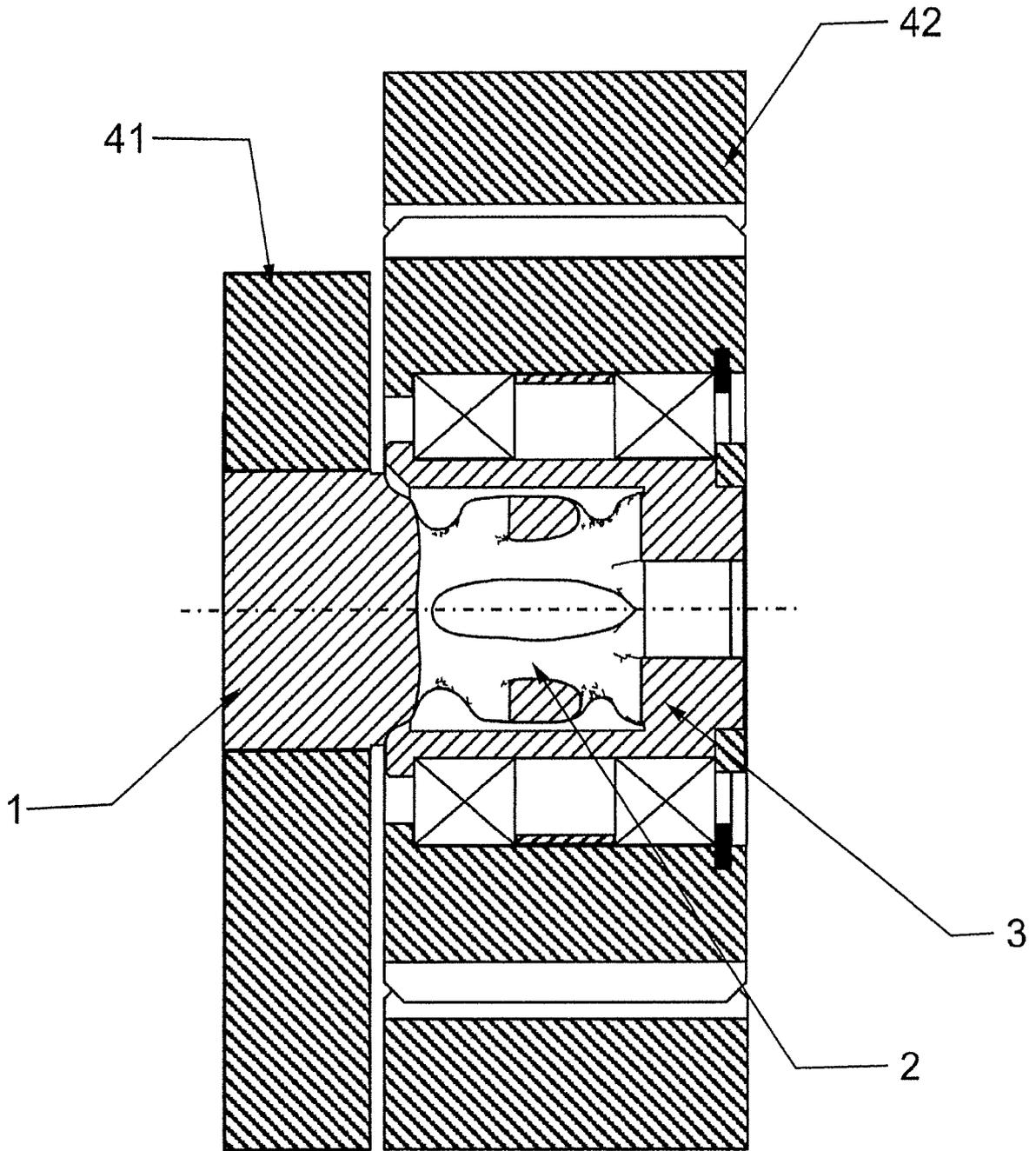


Fig. 4