



(10) **DE 10 2012 001 055 A1** 2013.07.25

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 001 055.9**

(22) Anmeldetag: **20.01.2012**

(43) Offenlegungstag: **25.07.2013**

(51) Int Cl.: **B64C 25/02 (2012.01)**

**B29C 70/38 (2012.01)**

**D04H 3/04 (2012.01)**

**D04H 13/00 (2012.01)**

(71) Anmelder:

**Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH, 88161,  
Lindenberg, DE**

(74) Vertreter:

**Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler  
Gossel, 80538, München, DE**

(72) Erfinder:

**Eckart, Martin, Dipl.-Ing. (FH), 88171, Weiler-  
Simmerberg, DE; Straub, Anton, Dipl.-Ing.  
(FH), 78462, Konstanz, DE; Meyer, Jörg, 88255,  
Baienfurt, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 10 2005 000 115 A1**

**DE 10 2009 008 329 A1**

**US 2009 / 0 181 239 A1**

**US 2009 / 0 236 763 A1**

**US 2011 / 0 045 232 A1**

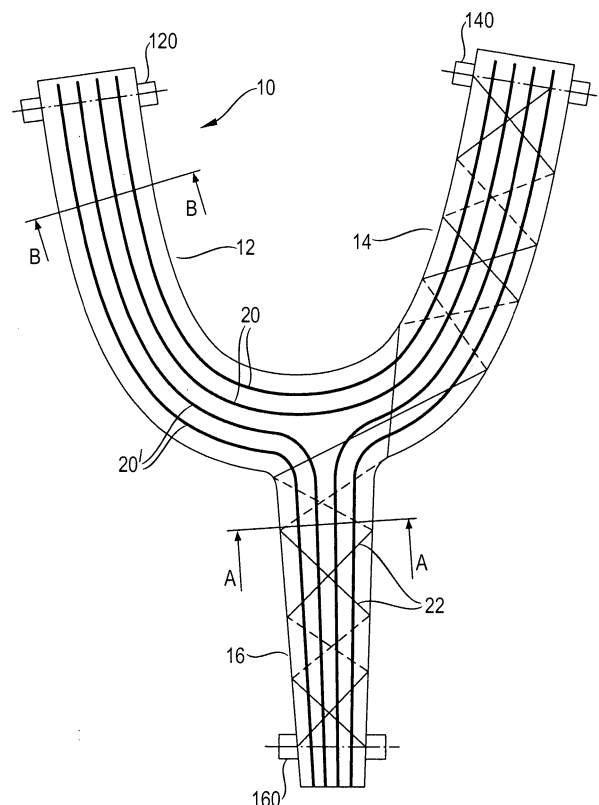
**US 2011 / 0 308 702 A1**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab.

(54) Bezeichnung: **Bauteil**



(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bauteil bestehend aus oder aufweisend wenigstens einen Faserverbundwerkstoff, wobei es sich bei dem Bauteil um ein Fahrwerk oder einen Teil eines Fahrwerks eines Luftfahrzeuges insbesondere eines Flugzeuges handelt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß der Faserverbundwerkstoff eine oder mehrere erste Fasern aufweist, die relativ zu der lokalen Mittellinie des Bauteils im Winkel von  $\pm 10^\circ$ , vorzugsweise im Winkel von  $\pm 5^\circ$  und besonders bevorzugt im Winkel von  $0^\circ$  verlaufen und/oder eine oder mehrere zweite Fasern aufweist, die relativ zu der lokalen Mittellinie des Bauteils im Winkel von  $\pm 30^\circ$  bis  $\pm 60^\circ$ , vorzugsweise im Winkel von  $\pm 40^\circ$  bis  $\pm 50^\circ$  und besonders bevorzugt im Winkel von  $\pm 45^\circ$  verlaufen.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bauteil bestehend aus oder aufweisend wenigstens einen Faserverbundwerkstoff, wobei es sich bei dem Bauteil um ein Fahrwerk oder einen Teil eines Fahrwerkes eines Luftfahrzeuges, insbesondere eines Flugzeuges handelt.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Faserverbundstrukturbauteile sowie Verfahren zu deren Herstellung bekannt.

**[0003]** Bei aus dem Stand der Technik bekannten Bauteilen dieser Art besteht mitunter der Nachteil, daß die Fasereigenschaften nicht optimal genutzt werden. Weitere Nachteile bestehen in einer mitunter begrenzten oder nicht vorhandenen Schadenstoleranz sowie mangelhaften Torsionseigenschaften sowie einer mangelhaften Querkraftfestigkeit und Steifigkeit.

**[0004]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß dieses über sehr gute mechanische Eigenschaften verfügt.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch ein Bauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Danach ist vorgesehen, daß der Faserverbundwerkstoff eine oder mehrere erste Fasern aufweist, die relativ zu der lokalen Mittellinie des Bauteils im Winkel von  $\pm 10^\circ$ , vorzugsweise im Winkel von  $\pm 5^\circ$  und besonders bevorzugt im Winkel von  $0^\circ$  verlaufen, das heißt der Bauteilkrümmung folgen, und/oder eine oder mehrere zweite Fasern aufweist, die relativ zu der lokalen Mittellinie des Bauteils im Winkel von  $\pm 30^\circ$  bis  $\pm 60^\circ$ , vorzugsweise im Winkel von  $\pm 40^\circ$  bis  $\pm 50^\circ$  und besonders bevorzugt im Winkel von  $\pm 45^\circ$  verlaufen.

**[0006]** Der vorliegenden Erfindung liegt somit das Lösungskonzept zugrunde, durch den Einsatz gerichteter Faserorientierung besonders gute mechanische Eigenschaften des Bauteils zu erzielen. So ist es denkbar, die guten Eigenschaften in Faserrichtung mit der Einstellung einen nicht quasi-isotropen Charakteristik zu nutzen. Dabei ist es denkbar, eine  $0^\circ$ -Faserorientierung, insbesondere für Zug- und Druckkräfte sowie vorzugsweise eine  $\pm 45^\circ$ -Orientierung der Fasern für Torsionslasten vorzusehen, wobei die Orientierung der genannten ersten Fasern vorzugsweise der lokalen Bauteilkrümmung folgt.

**[0007]** In bevorzugter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung liegt ein kraftflußorientierter Faserverlauf vor. Dabei verlaufen die ersten Fasern vorzugsweise im  $0^\circ$ -Winkel, das heißt sie folgen der Bauteilkrümmung. Diese Fasern dienen insbesondere zur Aufnahme von Zug- und Druckbelastungen. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, daß Fasern

im  $\pm 45^\circ$ -Winkel, z. B. netzförmig verlaufen und beispielsweise in einer Lage um das Bauteil gewickelt sind. Diese zweiten Fasern sorgen für eine hervorragende Torsionssteifigkeit des Bauteils.

**[0008]** Die erstgenannten Fasern folgen in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung der Geometrie des Bauteils, das heißt verlaufen letztlich immer tangential bzw. im  $0^\circ$ -Winkel relativ zur jeweils lokalen Mittellinie des Bauteils. In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Bauteil ein Gewebe aufweist und daß die ersten Fasern und/oder die zweiten Fasern durch Fäden oder dergleichen oder durch eine Klebeverbindung mit dem Gewebe verbunden sind. Das genannte Gewebe, das ebenfalls aus Fasern bestehen kann, bildet somit in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung das Substrat für die ersten und/oder zweiten Fasern.

**[0009]** Die Verbindung zwischen diesen Fasern und dem Gewebe kann beispielsweise durch einen Faden, Draht oder dergleichen, durch die Fasern selbst oder auch beispielsweise durch einen Klebstoff erfolgen.

**[0010]** Die auf diese Weise mit dem Gewebe verbundenen Fasern können sodann beispielsweise durch Falten oder Wickeln zu einem dreidimensionalen Gebilde ausgeformt werden, daß dann letztlich das genannte Bauteil ausbildet.

**[0011]** Das Bauteil kann eine Matrix aufweisen, die beispielsweise durch ein Harz gebildet wird oder dieses aufweist.

**[0012]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Bauteil wenigstens einen Krafteinleitungsbereich, insbesondere wenigstens eine Aufnahme für ein Befestigungsmittel vorzugsweise wenigstens eine Bolzenaufnahme aufweist und daß sich die ersten Faser vollständig oder teilweise in Form einer oder mehrerer Schlaufen um diesen Krafteinleitungsbereich erstrecken. In diesem Fall wird somit das sogenannte Schlaufenprinzip an den oder dem Bolzenanschlüssen zur Aufnahme beispielsweise von Zugkräften verwendet. Alternativ oder zusätzlich dazu kann vorgesehen sein, daß die ersten Fasern mit der Stirnseite des Krafteinleitungsbereichs in Verbindung stehen. Denkbar ist somit die Verbindung einer axialen Krafteinleitung an Stirnflächen für die Aufnahme von Druckkräften.

**[0013]** Alternativ zu der Verwendung des Schlaufenprinzips zur mechanischen Festigung des Krafteinleitungsbereiches ist es ebenfalls denkbar, die aus dem Stand der Technik bekannte Krafteinleitung von Zug- und/oder Druckkräften über Bolzen im Laminat des Bauteils zu erreichen.

**[0014]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Bauteil mehrlagig ausgeführt ist, das heißt ein Laminat aus mehreren Lagen bildet. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, daß eine Lage isotropen oder quasi-isotropen Materials, insbesondere eines Faserverbundwerkstoffes auf eine Lage der genannten ersten Fasern folgt oder daß die vorgenannten Lagen aufeinander abwechselnd angeordnet sind. So ist denkbar, den aus dem Stand der Technik bekannten Aufbau einer quasi-isotropen Schicht bzw. Gewebes zu kombinieren mit unidirektionalen Fasern, das heißt beispielsweise den erstgenannten Fasern. Auf diese Weise ist möglich, die günstigen Impakteigenschaften in den Außenlagen, die durch den quasi-isotropen oder isotropen Werkstoff gebildet werden zu kombinieren mit den vorteilhaften Eigenschaften der unidirektionalen Fasern, das heißt der ersten Fasern, die hinsichtlich der Kraftübertragung in der Hauptkraftflußrichtung besonders vorteilhaft sind.

**[0015]** Durch die Erhöhung der Festigkeit in Hauptkraftflußrichtung ist es möglich, die Wandstärke des Bauteils zu reduzieren.

**[0016]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Bauteil zumindest abschnittsweise hohl ausgeführt ist und vorzugsweise im Querschnitt mit einer umlaufenden Wandung ausgeführt ist. Von der Erfindung ist jedoch auch der Fall umfaßt, daß die Wandung nicht vollständig umlaufend ist, sondern beispielsweise auch als U-Profil oder dergleichen ausgeführt ist.

**[0017]** Denkbar ist es, das Bauteil derart auszuführen, daß es einen variablen Aufbau über den Umfang der Hauptquerschnitte, einerseits mit konstanter Wandstärke aber Variabler Faserorientierung (Biegeeffekte) andererseits mit variabler Wandstärke aber homogener Faserorientierung sowie auch der Kombination beider Möglichkeiten mit variabler Wandstärke und variabler Faserorientierung vorzusehen.

**[0018]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Bauteil mehrlagig ausgeführt ist, beispielsweise aus einer Abfolge von Gewebelagen und ersten Fasern besteht und daß im Kräfteinleitungsbereich zumindest eine lokale Aufdickung vorgesehen ist. So ist es möglich, die Einzellagenanzahl durch den Einsatz sogenannter Sub-Preforms mit lokalen Aufdickungen im Bereich von Kräfteinleitungen bzw. Bolzenanbindungen zu reduzieren.

**[0019]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß zur Erhöhung der Duktilität und Verbesserung der Harzeigenschaften multiwalled carbonanotubes (MW-CNT) eingesetzt werden. Ein vorteilhafter Anteil liegt bei 3% bis 5% des Volumens des Harzanteils. Als Harz für das Bauteil, das beispielsweise ebenfalls Bestandteil einer Bauteilmatrix

sein kann, kommen beispielsweise Epoxydharze zum Einsatz. Alternativ oder zusätzlich kommen als grundsätzliche Materialien außer Epoxydharz Bismaleinidharz und Thermoplaste, wie PEEK, PPS, PBT in Betracht sowie für die Fasern z. B. Kohlenstoff, Aramid, Glas, Bor etc.

**[0020]** In weiterer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, daß die ersten und/oder die zweiten Fasern in Form einer ununterbrochenen, das heißt endlosen Faserstruktur oder in Form einer unterbrochenen Faserstruktur vorliegen. Denkbar ist es somit beispielsweise, im Falle von Endlosfasern diese schlaufenförmig zu verlegen oder auch in gewickelter Form, wie beispielsweise die zweiten Fasern, die um das Bauteil herum gewickelt werden können.

**[0021]** Auch eine unterbrochene Faserstruktur ist denkbar, wie sie beispielsweise bei Gewebehalbzügen aus Rollenmaterial auftreten.

**[0022]** Weiterhin kann vorgesehen sein, daß die Oberflächen des Bauteils vollständig oder bereichsweise aus isotropem oder quasi-isotropem Material, insbesondere aus einem Faserverbundwerkstoff bestehen oder dieses Material aufweisen. Vorzugsweise wird die bzw. werden die Außenlagen, das heißt die die Oberfläche des Bauteils bildenden Lagen aus einem quasi-isotropen oder isotropen Material, insbesondere Fasermaterial gebildet, was hinsichtlich der Impakteigenschaften des Bauteils aufgrund der insoweit hervorragenden Eigenschaften des quasi-isotropen oder isotropen Materials vorteilhaft ist. Diese im Oberflächenbereich befindlichen Fasern sind beispielsweise aus Fasern mit erhöhten Bruchdehnungen wie etwa Glasfasern im Vergleich zu Kohlenstofffasern ausgeführt.

**[0023]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Bauteil einen oder mehrere variabel axiale Zugstränge und/oder einen oder mehrere variabel axiale Druckstränge umfaßt, wobei diese Stränge vorzugsweise schlaufenförmig ausgebildet sind und/oder wobei diese Stränge vorzugsweise aus den ersten Fasern bestehen.

**[0024]** In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung handelt es sich bei dem Bauteil um eine Knickstrebe und/oder eine Zug-Druckstrebe eines Flugzeugfahrwerkes.

**[0025]** Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die genannten Fasern und/oder das genannte Gewebe und/oder die genannte Matrix aus Kohlenstofffasern bestehen oder diese aufweisen und/oder das Bauteil aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) besteht oder CFK aufweist.

**[0026]** Die vorliegende Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils ge-

mäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei es sich bei dem Verfahren um die Taylor-Fibre-Placement-Technik (TFP), um das Verfahren des Automated Tape Laying (ATL) oder um das Verfahren des Automated Fibre Placement (AFP) handelt. Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Denkbar ist es, eine kraftflußgerechte Faserablage durchzuführen, die insbesondere durch eine angepasste Strukturberechnung und Versagensanalyse ermöglicht wird. Es zeigen:

**[0027]** [Fig. 1](#) eine Draufsicht auf eine Knickstrebe entsprechend der vorliegenden Erfindung,

**[0028]** [Fig. 2](#) eine Schnittansicht gemäß Schnittlinie A-A in [Fig. 1](#),

**[0029]** [Fig. 3](#) eine Schnittansicht gemäß der Schnittlinie B-B in [Fig. 1](#),

**[0030]** [Fig. 4](#) eine weitere schematische Draufsicht auf die Knickstrebe gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0031]** [Fig. 5](#) eine weitere schematische Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Knickstrebe,

**[0032]** [Fig. 6](#) eine vergrößerte Ansicht der variablen axialen Faserorientierung eines Bauteils gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0033]** [Fig. 7](#) eine weitere Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Knickstrebe mit den Schnitten gemäß der Linie A-A und mit dem Detail C.

**[0034]** [Fig. 8–Fig. 11](#) unterschiedliche Ausführungsformen einer oberen Knickstrebe zur Anbindung an die Flugzeugstruktur.

**[0035]** [Fig. 1](#) zeigt mit dem Bezugszeichen **10** eine Knickstrebe gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0036]** Wie dies aus [Fig. 1](#) hervorgeht, weist die Knickstrebe in ihrer Draufsicht in etwa die Form eines Y auf. In den oberen Endbereichen der beiden Schenkel **12**, **14** befinden sich Bolzenanbindungen bzw. Bolzen **120**, **140**.

**[0037]** Des Weiteren weist die Knickstrebe einen nach unten weisenden Schenkel **16** auf, in dessen unteren Endbereich eine weitere Bolzenverbindung **160** existiert. Diese untere Bolzenverbindung **160** dient zur Aufnahme weiterer Schenkel, während die Bolzenverbindungen **120**, **140** zur schwenkbaren Anordnung der Knickstrebe **10** am Flugzeugkörper dient.

**[0038]** Mit dem Bezugszeichen **20**, **20'** sind einzelne Fasern, sogenannte UD-Fasern gekennzeichnet,

das heißt unidirektionale Fasern, die die ersten Fasern im Sinne der vorliegenden Erfindung bilden. Wie dies aus [Fig. 1](#) hervorgeht, verlaufen diese UD-Fasern **20**, **20'** entlang der Bauteilkrümmung, das heißt verlaufen relativ zur lokalen Mittellinie jeweils im  $0^\circ$ -Winkel und damit tangential zu dieser lokalen Mittellinie.

**[0039]** Diese Fasern verlaufen in Richtung des Kraftflusses, wobei die Fasern **20** in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel zur Aufnahme von Querlasten und die Fasern **20'** zur Aufnahme von Zug- und Druckkräften dienen. In beiden Fällen verlaufen die Fasern, das heißt die erfindungsgemäßen ersten Fasern parallel zur Mittellinie, das heißt verlaufen entlang der Bauteilkrümmung.

**[0040]** Mit dem Bezugszeichen **22** sind weitere Fasern gekennzeichnet, die gemäß [Fig. 1](#) über Kreuz verlaufen und jeweils bevorzugtermaßen im  $45^\circ$ -Winkel zur lokalen Mittellinie des Bauteils **10**. Diese Fasern verlaufen ebenfalls entlang dem Kraftfluß beim Auftreten von Torsionskräften bzw. Torsionslasten. Sie verlaufen im  $\pm 45^\circ$ -Winkel zur lokalen Mittellinie. Vorteilhafte Ausführungen hierzu sind etwa zwischen  $\pm 35^\circ$  und  $\pm 55^\circ$  Winkeln möglich.

**[0041]** [Fig. 2](#) zeigt eine Schnittansicht gemäß der Linie A-A oder B-B in [Fig. 1](#).

**[0042]** Wie dies aus dieser Schnittlinie hervorgeht, besteht die Knickstrebe **10** aus einem Hohlprofil, dessen Material/Werkstoff durch ein quasi-isotropes Material **30** (QI-Material) gebildet wird. Bei diesem Material kann es sich ebenfalls um eine Faserstruktur insbesondere um ein Fasergewebe handeln. Dieses kann mit einem Epoxydharz versehen sein und gegebenenfalls auch mit Carbonanotubes bzw. multi-walled carbonanotubes, um die Duktilität zu erhöhen und die Harzeigenschaften, beispielsweise des Epoxydharzes zu verbessern.

**[0043]** Mit dem Bezugszeichen **22** sind in [Fig. 2](#) erneut die im  $45^\circ$ -Winkel verlaufenden Fasern bzw. Fasergewebe gekennzeichnet, die zur Aufnahme von Torsionskräften dienen und mit dem Bezugszeichen **20**, **20'** die unidirektionalen Fasern, die in der Hauptkrafttrichtung bezüglich Zug- und Druckkräften und Querkräften bzw. Querlasten verlaufen.

**[0044]** [Fig. 3](#) zeigt eine andere mögliche Schnittansicht gemäß der Linie A-A bzw. B-B in [Fig. 1](#) und verdeutlicht einen weiteren möglichen Aufbau des Bauteils **10** in diesen Schnittebenen. Mit dem Bezugszeichen **30** ist erneut das QI-Material gekennzeichnet und mit dem Bezugszeichen **20**, **20'** das unidirektionale Material (UD), das heißt die unidirektional verlaufenden Fasern.

[0045] Mit dem Bezugszeichen B in [Fig. 2](#) ist eine dominante Biegeachse des Bauteils gekennzeichnet.

[0046] Wie dies aus den Schnittansichten gemäß den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) hervorgeht, bildet das quasi-isotrope Material **30** jeweils die Oberflächen des Bauteils, was im Hinblick auf die Impakt-Eigenschaften vorteilhaft ist.

[0047] [Fig. 4](#) zeigt in einer schematischen Draufsicht erneut eine Knickstrebe **10**, wobei das Bezugszeichen **20, 20'** erneut den Faserverlauf für Zuglasten und Drucklasten verdeutlicht und zeigt, daß diese Fasern **20, 20'** der Bauteilkrümmung  $\varphi$  folgen. Mit den Bezugszeichen **2** ist der Faserverlauf der Fasern **22** gekennzeichnet, die für Schublasten bzw. Torsionslasten geeignet sind bzw. diese aufnehmen. Das Bezugszeichen **3** kennzeichnet schließlich die schlaufenartige Umschlingung des Bolzenaufnahmebereiches **50** durch die UD-Fasern **20, 20'**. Über eine Querstrebe **170** können direkte Zug- und Drucklasten zwischen den Bolzenverbindungen **120** und **140** aufgenommen werden.

[0048] [Fig. 5](#) zeigt eine Draufsicht auf eine Knickstrebe **10**. Hier ist mit dem Bezugszeichen **1** eine unterbrochene Faserstruktur gekennzeichnet, die bei Gewebehalbezeugen aus Rollenmaterial auftritt. Diese Figur dient zur Darstellung des Standes der Technik ohne die Fasern **20, 20'**. Alternativ sind dies die Fasern **22** ohne Darstellung der Fasern **20, 20'**.

[0049] [Fig. 6](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Teilbereiches eines erfindungsgemäßen Bauteils **10**, wobei mit dem Bezugszeichen **1** ein Faserstrang eines Standardgewebes oder Geleges und mit dem Bezugszeichen **2** ein um  $90^\circ$  zu den Fasern **1** versetzte Faserstrang eines Standardgewebes oder Geleges gezeigt ist.

[0050] Das Bezugszeichen **3** kennzeichnet einen variabel axialen Zugstrang und das Bezugszeichen **4** einen variabel axialen Druckstrang. Diese Stränge **3** und **4** sind bevorzugtermaßen an oder auf **1** und **2** fixiert bzw. positioniert.

[0051] [Fig. 7](#) zeigt eine weitere Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Knickstrebe **10**. Dabei zeigt die Schnittansicht A-A gemäß [Fig. 7](#), die in [Fig. 7](#) ebenfalls im Detail dargestellt ist, daß der Bolzenbereich **50** durch eine metallische Buchse **60** gebildet werden kann, die von Zugschlaufen umgeben ist.

[0052] Mit dem Bezugszeichen **80** ist in der oberen Alternative der Schnittansicht A-A eine Druckschlaufe bzw. Drucksteg gekennzeichnet.

[0053] Die untere Alternative gemäß der Schnittansicht A-A unterscheidet sich von der vorgenannten Ausführungsform dadurch, daß anstatt der metalli-

schen Buchse **60** ein metallisches Buchsenelement **62** eingesetzt ist, das eine runde Seite und eine gerade Seite aufweist. Die runde Seite wird von den Zugschlaufen **70** umgeben, während an die gerade Seite Druckschlaufen bzw. Druckstege **80** ansetzen. Sowohl die Zugschlaufen **70** als auch die Druckschlaufen **80** können aus UD-Fasern **20, 20'** bestehen.

[0054] Das Detail C gemäß [Fig. 7](#) zeigt mit dem Bezugszeichen **90** jeweils eine Gewebelage dargestellt. Des weiteren ist gezeigt, daß zwischen den Gewebelagen Zug-Druckstränge bzw. Fasern **95** verlaufen, die als UD-Fasern ausgebildet sein können. Mit dem Bezugszeichen **100** sind lokale Aufdickungen gekennzeichnet, die sich beispielsweise im Bereich einer Bolzenverbindung bzw. in einem Kraftleitungsgebiet befinden können.

[0055] Das erfindungsgemäße Bauteil kann insgesamt oder teilweise aus einem Faserverbundwerkstoff und vorzugsweise aus CFK bestehen.

[0056] Die vorbeschriebenen Gewebe bzw. die Matrix kann aus demselben Fasermaterial wie beispielsweise die UD-Fasern sowie auch die im  $45^\circ$ -Winkel verlaufenden Fasern bzw. die UD-Fasern können aus demselben Material bestehen wie die zweiten Fasern. Dies bedeutet, daß es sich beispielsweise bei dem QI-Material ebenfalls um einen Faserwerkstoff, insbesondere um ein Fasergewebe bzw. Netz handeln kann. Zur Verstärkung dieses Gewebes kann das Gewebe von einem Epoxidharz oder einem sonstigen Harz umgeben sein bzw. daran eingebettet sein.

[0057] Die Herstellung des erfindungsgemäßen Bauteils erfolgt vorzugsweise durch die sogenannte Tailored Fibre Placement-Technik (TFP), bei der auf das Gewebe, beispielsweise auf das quasi-isotrope Gewebe **30** durch einen Klebevorgang oder einen Nähvorgang die Fasern **20, 20'** und oder die Fasern **22** aufgebracht werden. Durch ein Drapieren, Knicken oder Falten dieses Gewebes kann nach Einbringen eines geeigneten Harzes eine dreidimensionale Struktur erhalten werden, beispielsweise die erfindungsgemäße Knickstrebe gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel.

[0058] Eine besonders vorteilhafte Ausführung ist hierbei das Harzinjektionsverfahren, bei dem die Fasern in einer Kavität eingelegt werden und anschließend nach dem Anlegen von Vakuum das Matrixharz unter Druck injiziert wird und anschließend unter Druck aushärtet.

[0059] Alternativ können auch vorgemischte Faser-Matrix-Werkstoffe, sogenannte, Prepregs, zum Einsatz kommen. In diesem Falle erfolgt nach der Faser-Matrix-Verbundablage eine Konsolidierung etwa im Autoklav- oder Pressverfahren. Auch thermoplas-

tische Matrixsysteme können so zum Einsatz kommen.

**[0060]** Ein denkbare Anwendungsgebiet für das erfindungsgemäße Bauteil ist eine Knickstrebe, vorzugsweise obere Knickstrebe, die vorzugsweise in einem Bugfahrwerk eines Flugzeuges zum Einsatz kommt.

**[0061]** Bei heutigen Flugzeugen auf dem Markt wird die obere Knickstrebe von Bugfahrwerken mit zwei Bolzen mit der Flugzeugstruktur angebunden. Unterschieden werden dabei Bolzen, die von „innen“, wie dies in [Fig. 8](#) dargestellt ist und Bolzen, die von „außen“, wie dies aus [Fig. 9](#) hervorgeht, montiert werden. Dies wird je nach Bauart des Flugzeuges (Anschlusspunkt im bedruckten Bereich ja/nein) vorgegeben. Entsprechend unterschiedlich gestalten sich die oberen Knickstreben.

**[0062]** Für eine obere Knickstrebe ist die Variante gemäß [Fig. 9](#) deutlich vorteilhafter, da hier im Pintle Pin Bereich ein geschlossener Querschnitt verwendet werden kann und das Gewicht dadurch reduziert wird.

**[0063]** Für eine Leichtbau Knickstrebe kann dieser geschlossene Querschnitt **200** als ein Rohr oder Rechteck oder als ein sonstiges geschlossenes Profil ausgeführt sein, wie dies aus [Fig. 10](#) hervorgeht.

**[0064]** Bisher sind nur obere Knickstreben aus CFK bekannt, bei denen der obere Pintle Bereich offen gestaltet ist. Bei diesen wird der Pintle Pin, wie in [Fig. 8](#) von innen gesteckt. Der offen gestaltete Bereich muss durch entsprechenden Materialaufwand soweit verstärkt werden, damit er eine ausreichende Steifigkeit bekommt. Diese Steifigkeit kann durch ein geschlossenes Profil mit weniger Gewicht erreicht werden.

**[0065]** Vorteilhaft ist somit die Verwendung eines geschlossenen Profils im Pintle Pin Bereich. Die Pintle Pins müssen dann von außen eingesteckt werden.

**[0066]** Als Vorteil ergibt sich eine leichte, d. h. gewichtsreduzierte obere Knickstrebe in Leichtbauweise, vorzugsweise aus CFK.

**[0067]** Vorteilhaft ist somit die obere Knickstrebe in Leichtbauweise (z. B. CFK) mit geschlossenem Profil **200** (z. B. Rohr) im Pintle Pin Bereich auszubilden, bei dem die Pintle Pins von außen montiert werden, wie dies aus [Fig. 11](#) hervorgeht. Dadurch kann eine Gewichtsreduktion der oberen Knickstrebe erreicht werden.

**[0068]** Grundsätzlich können sämtliche der in den [Fig. 8](#) bis [Fig. 11](#) gezeigten Anordnungen durch eine Knickstrebe in Leichtbauweise, vorzugsweise CFK realisiert werden. Besonders vorteilhaft ist dabei der

Einsatz eines erfindungsgemäßen Bauteils als obere Knickstrebe.

## Patentansprüche

1. Bauteil bestehend aus oder aufweisend wenigstens einen Faserverbundwerkstoff, wobei es sich bei dem Bauteil um ein Fahrwerk oder einen Teil eines Fahrwerkes eines Luftfahrzeuges, insbesondere eines Flugzeuges handelt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Faserverbundwerkstoff eine oder mehrere erste Fasern aufweist, die relativ zu der lokalen Mittellinie des Bauteils im Winkel von  $\pm 10^\circ$ , vorzugsweise im Winkel von  $\pm 5^\circ$  und besonders bevorzugt im Winkel von  $0^\circ$  verlaufen, d. h. der Bauteilkrümmung folgen, und/oder eine oder mehrere zweite Fasern aufweist, die relativ zu der lokalen Mittellinie des Bauteils im Winkel von  $\pm 30^\circ$  bis  $\pm 60^\circ$ , vorzugsweise im Winkel von  $\pm 40^\circ$  bis  $\pm 50^\circ$  und besonders bevorzugt im Winkel von  $\pm 45^\circ$  verlaufen.

2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil ein Gewebe aufweist und dass die ersten Fasern und/oder die zweiten Fasern durch Fäden oder dergleichen oder durch eine Klebeverbindung mit dem Gewebe verbunden sind.

3. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil wenigstens einen Kräfteinleitungsbereich, insbesondere eine Aufnahme für ein Befestigungsmittel und vorzugsweise wenigstens eine Bolzenaufnahme aufweist und dass sich die ersten Fasern vollständig oder teilweise in Form einer Schlaufe um den Kräfteinleitungsbereich erstrecken und/oder dass die ersten Fasern mit der Stirnseite des Kräfteinleitungsbereiches in Verbindung stehen.

4. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil mehrlagig ausgebildet ist, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eine Lage isotropen oder quasi-isotropen Materials, insbesondere eines Faserverbundwerkstoffes auf eine Lage der genannten ersten Fasern folgt oder dass die vorgenannten Lagen aufeinander abwechselnd angeordnet sind.

5. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil zumindest abschnittsweise hohl ausgeführt ist und vorzugsweise im Querschnitt mit einer umlaufenden Wandung ausgeführt ist.

6. Bauteil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandstärke des Bauteils über dessen Erstreckung konstant oder variabel ist und/oder dass die Faserorientierung der ersten und/oder der zweiten Fasern über die Erstreckung des Bauteils homogen oder variabel ist.



7. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil mehrlagig ausgebildet ist und dass das Bauteil wenigstens einen Krafteinleitungsbereich, insbesondere eine Aufnahme für ein Befestigungsmittel und vorzugsweise wenigstens eine Balzenaufnahme aufweist, wobei im Bereich des Krafteinleitungsbereiches wenigstens eine lokale Aufdickung vorgesehen ist.

8. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil Carbon-Nanotubes, insbesondere multiwalled Carbon-Nanotubes und/oder wenigstens ein Harz, insbesondere wenigstens ein Epoxidharz aufweist.

9. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten und/oder die zweiten Fasern im Form einer ununterbrochenen oder in Form einer unterbrochenen Faserstruktur vorliegen und/oder dass die zweiten Fasern wenigstens bereichsweise in gewickelter Form vorliegen.

10. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächen des Bauteils vollständig oder bereichsweise aus isotropem oder quasi-isotropem Material, insbesondere Faserverbundwerkstoff, bestehen oder dieses Material aufweisen.

11. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil einen oder mehrere variabel axiale Zugstränge und/oder einen oder mehrere variabel axiale Druckstränge umfassen, wobei diese Stränge vorzugsweise schlaufenförmig ausgebildet sind und/oder wobei diese Stränge vorzugsweise aus den ersten Fasern bestehen.

12. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Bauteil um eine Knickstrebe oder Zug-Druckstrebe eines Flugzeugfahrwerkes handelt.

13. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Fasern und/oder das genannte Gewebe und/oder die genannte Matrix aus Kohlefasern bestehen oder diese aufweisen und/oder das Bauteil aus CFK besteht oder CFK aufweist.

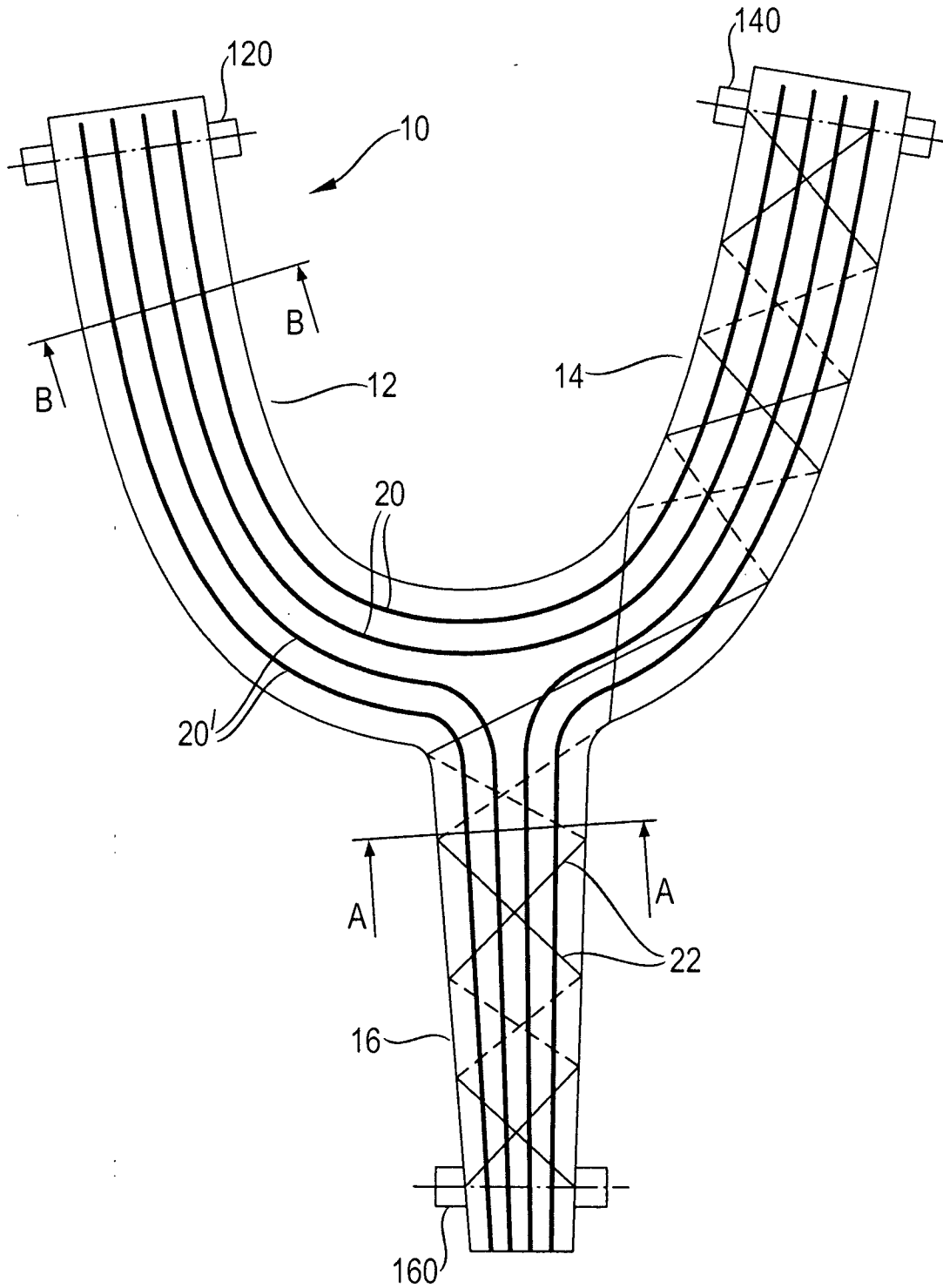
14. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil durch die Tailored Fibre Placement Technik (TFP), durch das Verfahren des automated tape laying (ATL) oder durch das Verfah-

ren des automated fibre placement (AFP) hergestellt wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

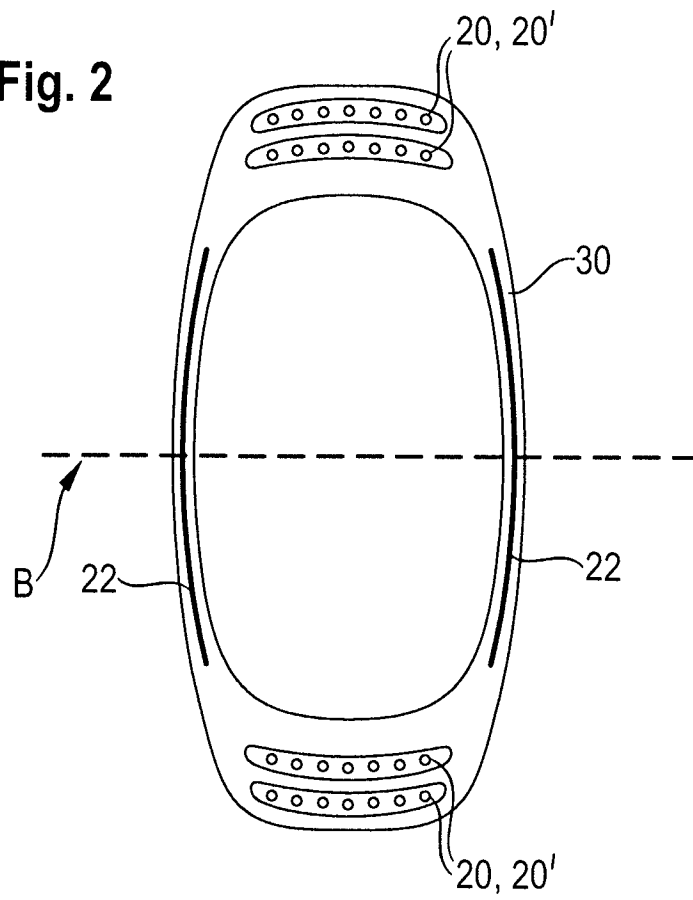
Anhängende Zeichnungen

Fig. 1





**Fig. 2**



**Fig. 3**

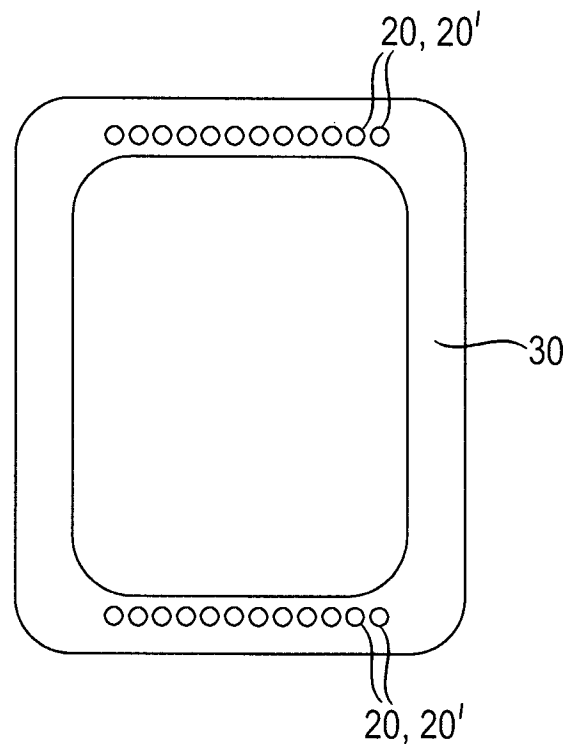
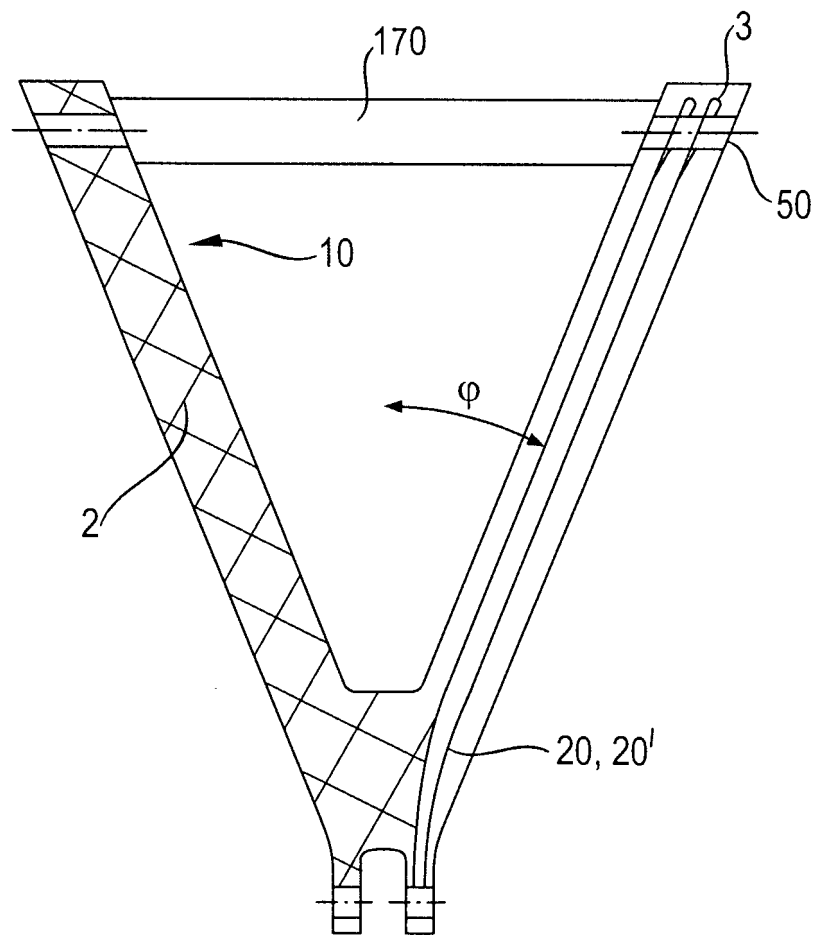
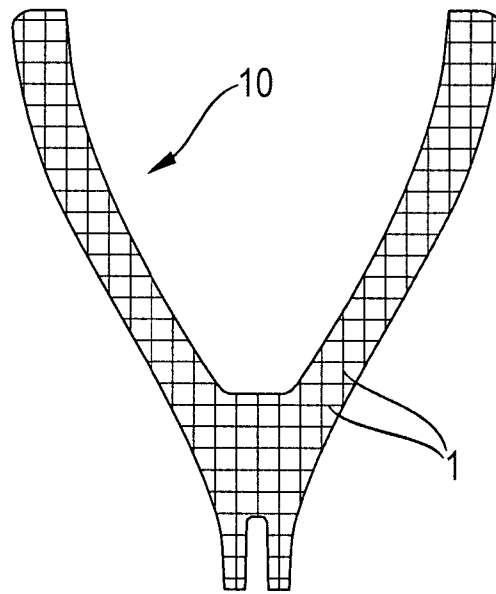


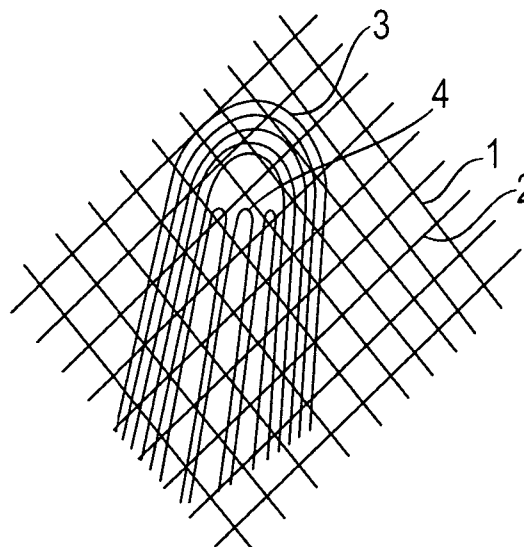
Fig. 4

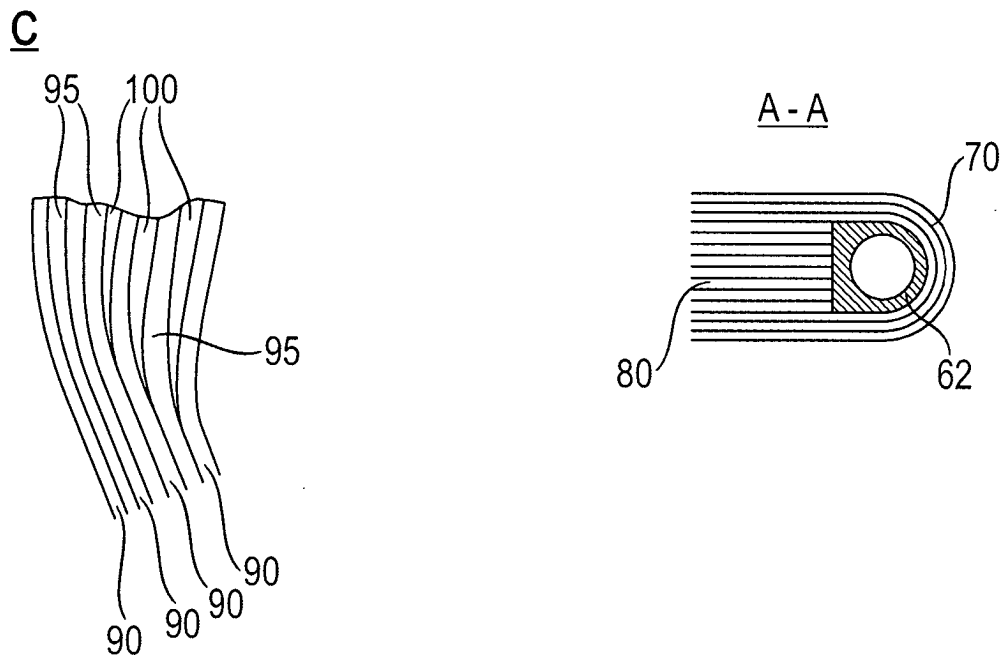
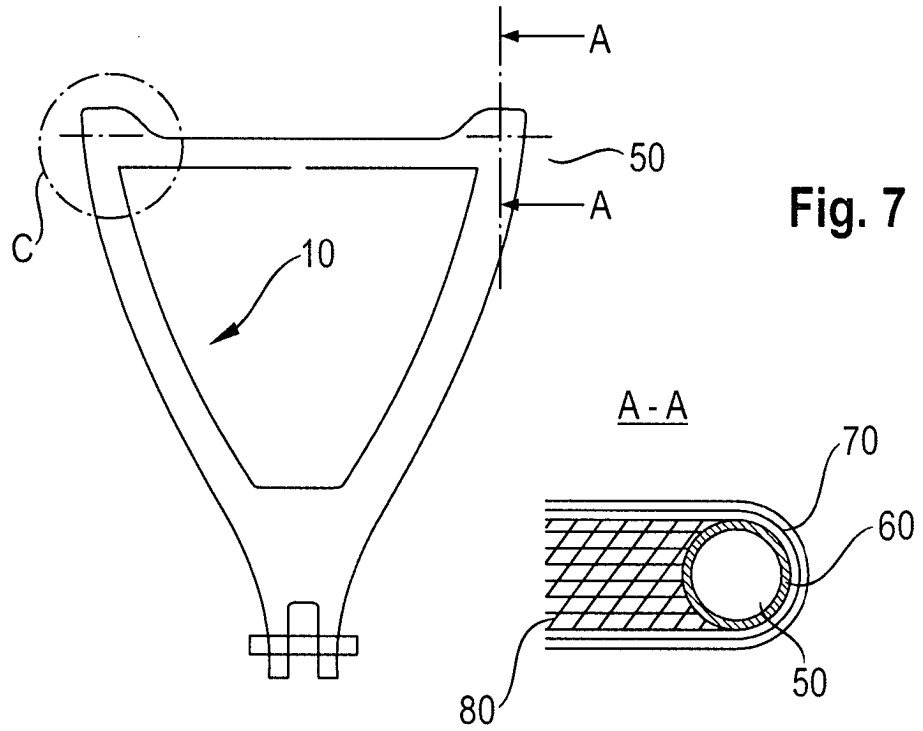


**Fig. 5**

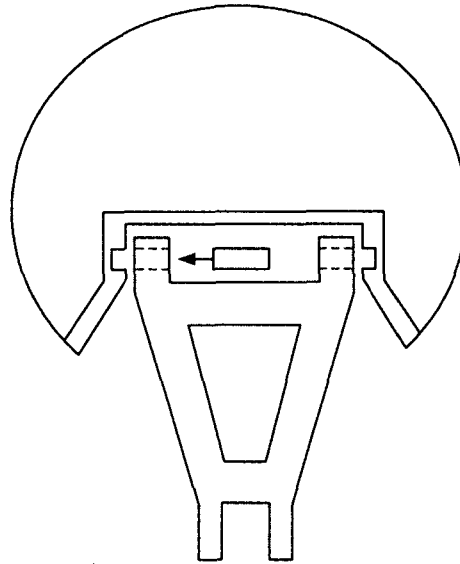


**Fig. 6**

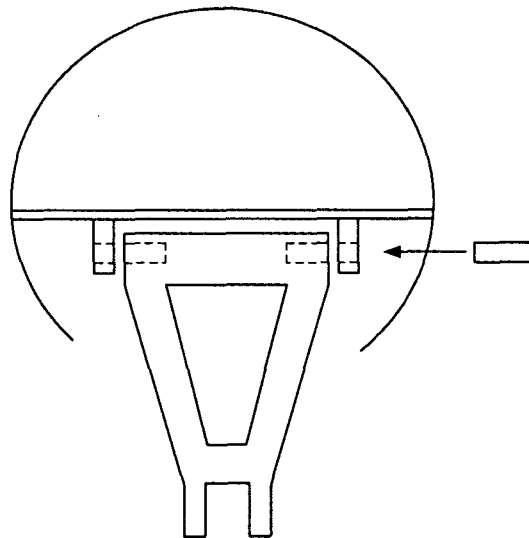




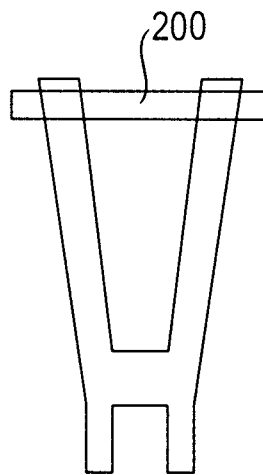
**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**

