



(10) **DE 10 2022 125 975 A1** 2024.04.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 125 975.7**

(22) Anmeldetag: **07.10.2022**

(43) Offenlegungstag: **18.04.2024**

(51) Int Cl.: **C08J 5/04** (2006.01)

C08J 11/10 (2006.01)

B29C 70/06 (2006.01)

B29B 17/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
Holy Technologies GmbH, 22607 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
**Reiser & Partner Patentanwälte mbB, 69469
Weinheim, DE**

(72) Erfinder:
**Rothe, Bosse, 10435 Berlin, DE; Reiners, Moritz
Jonathan, 22765 Hamburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2011 122 560	A1
AT	227 369	B
US	2022 / 0 010 463	A1
WO	2012/ 097 781	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

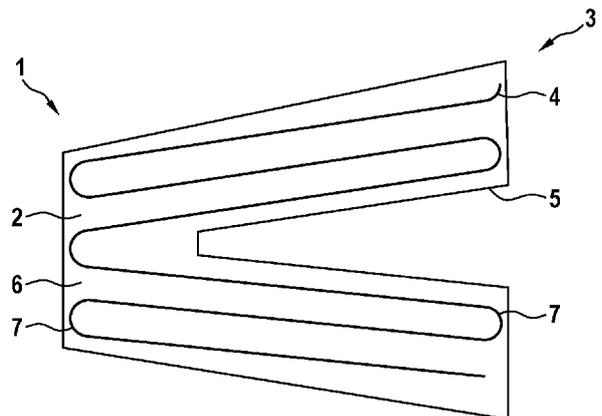
(54) Bezeichnung: **Faserverstärktes und recycelbares Strukturbauteil sowie Verfahren zu dessen Bereitstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein faserverstärktes und recycelbares Strukturbauteil (1), aufweisend:

- ein Harzsystem, das eine Matrix (2) bildet,
- ein Fasersystem (3) mit einem in der Matrix (2) gehaltenen Endlosfaserbündel (4),

wobei die Anordnung und/oder Ausrichtung des Endlosfaserbündels (4) zumindest einen Teil der Form des Strukturbauteils (1) definiert,

wobei das Harzsystem mindestens einen Polymer-Werkstoff (6) für die Matrix (2) umfasst, wobei das Harzsystem so beschaffen ist, dass es eine De-Polymerisation des Polymer-Werkstoffs (6) nach der Aushärtung des Harzsystems zulässt, insbesondere um das Endlosfaserbündel (4) wieder aus dem Strukturbauteil (1) entnehmen zu können.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein faserverstärktes und recycelbares Strukturbauteil sowie ein Verfahren zur Bereitstellung eines faserverstärkten und recycelbaren Strukturbauteils. Darüber hinaus wird eine Verwendung eines entsprechenden Strukturbauteils zur Bereitstellung eines recycelbaren Bauteils für ein Fahrrad angegeben. Die Erfindung kann vorteilhafterweise zur Anwendung kommen, um Faser-Kunststoff-Verbunde nachhaltiger herstellen und insbesondere besser recyceln zu können.

[0002] Ein Faser-Kunststoff-Verbund (kurz: FKV; auch faserverstärkter Kunststoff oder Faserverbundkunststoff, kurz: FVK) ist ein Werkstoff, der Verstärkungsfasern und eine Kunststoffmatrix enthält. Die Matrix umgibt die Fasern, die durch adhäsive Wechselwirkungen an die Matrix gebunden sind. Durch die Verwendung von Faserwerkstoffen haben Faser-Kunststoff-Verbunde in der Regel ein richtungsabhängiges Elastizitätsverhalten. Ohne Matrixwerkstoff sind die hohen spezifischen Festigkeiten und Steifigkeiten der Verstärkungsfasern üblicherweise nicht nutzbar. Erst durch die geeignete Kombination von Faser- und Matrixwerkstoff entsteht ein neuer Konstruktionswerkstoff. Eine für viele Anwendungsgebiete geeignete Kombination besteht in harzgebundenen Faserverbundwerkstoffen. Die bekanntesten Faserverbundkunststoffe sind glasfaserverstärkter Kunststoff (kurz: GFK) und kohlefaserverstärkter Kunststoff (kurz: LCFK). Faser-Kunststoff-Verbunde weisen in der Regel hohe spezifische Steifigkeiten und Festigkeiten auf. Dies macht sie zu geeigneten Werkstoffen in Leichtbauanwendungen. Aus Faser-Kunststoff-Verbunden werden überwiegend flächige Strukturen hergestellt.

[0003] Ein Nachteil der meisten bekannten Faser-Kunststoff-Verbunde besteht darin, dass sie sich nicht und insbesondere nicht einfach recyceln lassen. Viele Faser-Kunststoff-Verbunde lassen sich gar nicht recyceln und können nach ihrer Verwendung nur entsorgt werden. Die bis dato bekannten Recyclingmethoden setzen meist darauf, Faser-Kunststoff-Verbunde bzw. daraus bestehende Bauteile insgesamt zu zerkleinern, wie etwa die mechanische Zerkleinerung, um die dabei entstehenden Faser-Kunststoff-Verbund-Reste im Anschluss thermisch zu recyceln. Bei diesem Prozess wird die Matrix unter Sauerstoffausschluss pyrolysiert und die zerkleinerten Fasern können in einem zusätzlichen Prozessschritt zu einer Wirrfasermatte konsolidiert werden. Der wesentliche Nachteil bei diesem Verfahren besteht darin, dass das recycelte Material einen erheblichen Verlust der mechanischen Kennwerte erfährt und somit nicht für eine erneute Verwendung der ursprünglichen, oder einer ähnlichen Anwendung genutzt werden kann. Dieses downcycling führt dazu, dass insbesondere für strukturelle, hochbelas-

tete Bauteile ausschließlich neu produzierte Fasern verwendet werden können. Bei üblichen Recyclingprozessen tritt immer eine erhebliche Verkürzung der Fasern gegenüber den für die Herstellung des recycelten Bauteils ursprünglich eingesetzten Fasern auf. Aufgrund der hohen Ressourcenintensität, die die Neuproduktion des Rohmaterials mit sich bringt, ist eine Wiederverwendung der Fasern als auch der Matrix anzustreben.

[0004] Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die mit Bezug auf den Stand der Technik geschilderten Probleme zumindest teilweise zu lösen. Insbesondere sollen ein Strukturbauteil sowie ein Verfahren zu dessen Fertigung angegeben werden, die dazu beitragen, die Nachhaltigkeit und/oder Recyclingfähigkeit von faserverstärkten Bauteilen zu erhöhen. Weiterhin soll insbesondere der Verschchnitt bei der Herstellung von faserverstärkten Bauteilen minimiert werden. Ein weiteres Bestreben kann darin bestehen, die Produktionsgeschwindigkeit bei der Herstellung von recyclingfähigen faserverstärkten Bauteilen zu erhöhen. Darüber hinaus kann eine Aufgabe darin gesehen werden, die mechanische Leistungsfähigkeit von faserverstärkten Bauteilen zu erhöhen.

[0005] Diese Aufgaben werden gelöst durch die Merkmale der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der hier vorgeschlagenen Lösung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben. Es ist darauf hinzuweisen, dass die in den abhängigen Patentansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale in beliebiger, technologisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können und weitere Ausgestaltungen der Erfindung definieren. Darüber hinaus werden die in den Patentansprüchen angegebenen Merkmale in der Beschreibung näher präzisiert und erläutert, wobei weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung dargestellt werden.

[0006] Hierzu trägt ein faserverstärktes und recycelbares Strukturbauteil bei, aufweisend:

- ein Harzsystem, das eine Matrix bildet,
- ein Fasersystem mit einem in der Matrix gehaltenen Endlosfaserbündel, wobei die Anordnung und/oder Ausrichtung des Endlosfaserbündels zumindest einen Teil der Form des Strukturbauteils definiert,

wobei das Harzsystem mindestens einen Polymer-Werkstoff für die Matrix umfasst, wobei das Harzsystem so beschaffen ist, dass es eine De-Polymerisation des Polymer-Werkstoffs nach der Aushärtung des Harzsystems zulässt, insbesondere um das Endlosfaserbündel wieder aus dem Strukturbauteil entnehmen zu können.

[0007] Das Fasersystem kann in der Art eines zur Verstärkung des Bauteils bereitgestellten textilen Halbzeugs gebildet sein. Das Fasersystem kann ein Endlosfaserbündel oder mehrere Endlosfaserbündel umfassen. Die Faserbündel können insbesondere in Form von Rovings gebildet sein. Die Rovings können beispielsweise aus einer Vielzahl von Einzelfasern oder Monofilamenten oder Fäden, die durch Verzwirnung von Einzelfasern oder Faserbündeln entstanden sind, gebildet sein. Bei den Fasern kann es sich zum Beispiel um Glasfasern, Kohlenstofffasern, Polymerfasern oder Naturfasern handeln. Bevorzugt sind die Fasern Kohlefasern. Somit kann es sich bei dem Endlosfaserbündel vorzugsweise um ein Endloskohlefaserbündel handeln.

[0008] Bei den faserverstärkten Bauteilen handelt es sich beispielsweise um kohlefaserverstärkte Bauteile. Neben kohlefaserverstärkten Bauteilen kommen auch andere Fasertypen, wie beispielsweise Flachs- oder Aramidfasern, in Betracht. Die zur Verstärkung der Materialien verwendeten textilen Halbzeuge sind insbesondere Faserbündel in Form von Rovings aus durchgehenden, innerhalb des Bauteils nicht abgeschnittenen Fasersträngen.

[0009] Um eine Wiederverwertung von kürzeren Fasern in größeren Bauteilen zu gewährleisten, ist eine Fügung von einer Vielzahl von Fasersträngen in Längsrichtung vorgesehen. Eine insgesamt Stückzahl von 20 Fasersträngen pro Bauteil sollte nicht überstiegen werden.

[0010] Im Sinne eines ökologisch und ökonomischen Grenznutzens, können durch dieses Verfahren faserverstärkte Bauteile hergestellt werden, die eine Bauteilgröße von mindestens 5x5x10 cm [Zentimeter] und einer Stärke von mindestens 2 Faserlagen aufweisen. Daraus ergibt sich bei einem beispielhaften Faserabstand von 2.5mm [Millimeter] eine minimale Gesamtfaserlänge pro Bauteil von 8 m [Meter].

[0011] Der Begriff „Endlosfaser“ bzw. „Endlosfaserbündel“ ist nicht so zu verstehen, dass die Fasern eine unendliche Länge haben bzw. tatsächlich endlos sind. Vielmehr ist aufgrund der Bauteilgröße immer eine gewisse Längenbegrenzung der Faser vorhanden, wie in dem oben angegebenen Beispiel eine Gesamtfaserlänge von 8 m [Meter] in einem Bauteil von 5x5x10 cm [Zentimeter]. Der Begriff „Endlosfaser“ bzw. „Endlosfaserbündel“ ist vielmehr so zu verstehen, dass die Faserbündel in dem Bauteil so angeordnet und ausgeführt sind, dass möglichst große Faserlängen in dem Bauteil vorhanden sind, die später in einem Recyclingprozess zerstörungsfrei (ohne Beeinträchtigung der Faser) zurückgewonnen werden können. Es ist nicht erforderlich, dass in einem Bauteil nur eine durchgängige Faser ist, damit dies als Endlosfaser gilt, obwohl eine sol-

che Ausführung grundsätzlich wünschenswert wäre. Vielmehr ist erforderlich, dass die Gestaltung der Faseranordnung im Bauteil so optimiert ist, dass grundsätzlich möglichst lange und für ein finanziell attraktives Recycling geeignete Fasern im Bauteil angeordnet sind. Insbesondere sind unnötige Unterbrechungen von Fasern in Fasern in Endlosfasern bzw. in Endlosfaserbündeln vermieden oder verhindert. Bevorzugt existieren in dem Bauteil eine Vielzahl von Umlenkungen von durchgängigen Fasern, die es ermöglichen, verhältnismäßig lange Fasern in dem Bauteil anzuordnen, die in diesem Sinne als Endlosfasern bzw. als Endlosfaserbündel verstanden werden können.

[0012] Häufig handelt es sich um flächige Bauteile mit zwei- oder dreidimensionalen Krümmungen mit gegebenenfalls individuell angepassten, und innerhalb des Bauteils sich verändernden, Faserrichtungen. Bauteile können auch eine andere geometrische Beschaffenheit aufweisen. Beispielsweise können Bauteile auch flache oder hohle Querschnitte sowie bionische Strukturen oder bionische Tragwerke umfassen. Endlosfaserbündel können so in dem Bauteil angeordnet sein, dass die Faserrichtungen in den Endlosfaserbündeln an die jeweilige Form des Bauteils angepasst sind. Darüber hinaus ist es möglich, dass Bauteile eine Integration von Schnittstellen zu weiteren Bauteilen aufweisen. Beispielsweise können sogenannte Einlegebauteile („Inserts“) in die Bauteile integriert sein, die die Anbindung an weitere Komponenten ermöglichen. Solche Einlegebauteile können beispielsweise Metallbauteile sein, die in die Matrix des Bauteils integriert sind und die bspw. Verschraubungspunkte zur Anbindung an weitere Komponenten bereitstellen. Bevorzugt sind in dem Bauteil Endlosfaserbündel so angeordnet, dass eine Übertragung von Kräften von den Einlegebauteilen zu den Endlosfaserbündeln begünstigt wird. Insbesondere können Einlegebauteile zwischen einzelnen Strängen von Endlosfaserbündeln angeordnet sein.

[0013] Um eine Recyclingfähigkeit zu gewährleisten, fokussiert sich die Erfindung ausschließlich auf Harzsysteme, die eine De-Polymerisation nach der Aushärtung des Bauteils zulassen, um die Fasern vollständig im Recycling-Prozess von der Matrix trennen zu können. Die De-Polymerisation kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass sich der Polymer-Werkstoff thermisch oder chemisch in kürzere Polymere oder Monomere aufspalten bzw. auflösen lässt. Hierdurch wird der Polymerwerkstoff flüssig oder zumindest derart plastisch verformbar, dass die Endlosfasern der Endlosfaserbündel ohne Zerstörung der Fasern aus dem Polymerwerkstoff entnommen werden können.

[0014] Dies kann in vorteilhafter Weise dazu beitragen, die Recyclingfähigkeit von faserverstärkten

Bauteilen zu erhöhen. Insbesondere wird es ermöglicht Endlosfasern aus dem Werkstoff zu entnehmen.

[0015] Als Harzsystem bzw. Matrixsystem kann beispielsweise eins oder mehrere der folgenden Systeme zur Anwendung kommen:

- Recyclingfähige Duroplaste wie Epoxidharze;
- Thermoplaste; oder
- Vitrimere.

Hervorzuheben ist hier insbesondere die Gruppe der Vitrimere, die als Harzsystem bzw. das Matrixsystem für das hier beschriebene Bauteil besondere Vorteile aufweisen.

[0016] Vitrimere sind eine Kunststoffklasse, die sich von klassischen Duromeren ableitet und starke Ähnlichkeiten mit ihnen besitzt. Sie sind aus kovalenten Netzwerken aufgebaut, die ihre Topologie durch thermisch aktivierte Bindungsaustauschreaktionen verändern können. Vitrimere sind starke Glasbildner. Bei hohen Temperaturen fließen sie und verhalten sich dabei wie eine viskoelastische Flüssigkeit. Bei niedrigen Temperaturen sind die Austauschreaktionen unmessbar langsam („eingefroren“) und die Vitrimere verhalten sich wie klassische Duromere. Aufgrund der Tatsache, dass Vitrimere bei hohen Temperaturen sich wie Flüssigkeiten verhalten, sind sie für die hier beschriebenen Bauteile besonders geeignet. Endlosfasern bzw. Endlosfaserbündel lassen sich aus einem Matrixwerkstoff besonders gut recyceln.

[0017] Bevorzugt sind Matrixwerkstoffe, die beispielsweise bei einer Grenztemperatur oberhalb von 80°C von einer festen Phase in eine flüssige, bzw. stark viskose Phase übergehen. Besonders bevorzugt ist ein Matrixwerkstoff, der erst nach einer gewissen Zeitspanne, die die Grenztemperatur auf den Matrixwerkstoff einwirkt („Einwirkzeit“) einen Übergang zu der flüssigen bzw. stark viskosen Phase durchläuft. Weiterhin vorteilhaft ist, wenn weitere Eigenschaften und/oder Einwirkungen hinzukommen müssen, um ein Auflösen der Matrix zu bewirken. Besonders bevorzugt sind dies Einwirkungen, die unter normalen Verwendungsbedingungen des Bauteils nicht auf das Bauteil einwirken, um eine unerwünschte Auflösung der Matrix zu vermeiden. Dies kann beispielsweise die Einwirkung einer leichten Säure in Kombination mit einem Wärmeeintrags umfassen, beispielsweise einer Essigsäure.

[0018] Eine weitere bevorzugte Gruppe von Matrixwerkstoffen, sind beispielsweise Vitrimereharze. Solche Werkstoffe sind eine Zwischenstufe zwischen Duroplasten und Thermoplasten und lassen sich bspw. unter Einwirkung von Diethylenetriamin oder Propylamin bei 60 °C bis 100 °C auflösen.

[0019] Durch das patentierte Verfahren können faserverstärkte Bauteile hergestellt werden, ohne beim Zuschnitt und besäumen des Bauteils, als auch beim Einfügen von Durchbrüchen im Faserhalbzeug oder ausgehärteten Bauteil, Verschnitt der Fasern zu erzeugen. Bevorzugt findet bei dem beschriebenen Bauteil nach der Herstellung des Verbundes aus Endlosfaserbündeln und Matrixwerkstoff keine weitere Bearbeitung statt, die eine Durchtrennung von in dem Bauteil angeordneten Fasern der Endlosfaserbündeln hervorrufen könnte. Insbesondere werden bevorzugt keine materialentfernenden Bearbeitungsschritte durchgeführt, die sich auf Bereiche des Bauteils auswirken, in welchen sich die Endlosfaserbündel befinden.

[0020] Ein Aspekt der Erfindung ist es, dass Einlegebauteile (Inserts) fasergerecht bereits in das Faserhalbzeug eingearbeitet werden können, und somit ein nachträglicher Durchbruch durch mechanische Bearbeitung nicht länger notwendig ist. Besonders bevorzugt wird bei der Einbringung von Einlegebauteilen (Inserts) auch deren Auswirkung auf die Rückgewinnung der Fasern aus den Endlosfaserbündeln schon mitberücksichtigt. Insbesondere werden Inserts und Endlosfaserbündel bevorzugt im Bauteil so zueinander ausgerichtet, dass einerseits eine Kraftübertragung von den Inserts auf die Endlosfaserbündel und umgekehrt wie gewünscht möglich ist und andererseits eine Behinderung der Entnahme von Endlosfasern durch die Inserts nicht erfolgt. In Ausführungsvarianten sind Inserts und Endlosfaserbündel beispielsweise so in das Matrixmaterial eingebracht, dass nach einer Auflösung der Matrix Inserts entnommen werden können, ohne dass die Position der Fasern hierdurch gestört wird, so dass nach der Entnahme der Inserts die Entnahme der Endlosfasern möglich ist. In weiteren Ausführungsvarianten sind Endlosfasern und Inserts beispielsweise so in das Matrixmaterial eingebracht, dass nach einer Auflösung der Matrix zunächst Endlosfaserbündel entnommen werden können, ohne dass die Endlosfasern dabei gegen die Inserts stoßen bzw. von den Inserts blockiert werden.

[0021] Dies kann in vorteilhafter Weise dazu beitragen, den Verschnitt bei der Herstellung von faserverstärkten Bauteilen zu minimieren.

[0022] In vorteilhafter Weise kann die Erfindung dazu beitragen, die Produktionsgeschwindigkeit bei der Herstellung von recyclingfähigen faserverstärkten Bauteilen zu erhöhen. Durch eine, auf eine automatisierte Fertigung konzipierte Fertigungsweise, die manuelle Eingriffe minimiert, sowie der Entfall wesentlicher Prozessschritte wie Zuschnitt der Fasern, Besäumen des Halbzeugs als auch des fertigen Bauteils, können wesentliche Einsparungen der Prozesszeit erreicht werden. Die Verwendung der hier beschriebenen Endlosfaserbündel kann

also in einen optimierten Gesamtprozess integriert werden. Einsparungen in der Prozesszeit können teilweise auch Mehrkosten kompensieren, die durch die Verwendung der Endlosfaserbündel entstehen.

[0023] Durch das Herstellungsverfahren mit nicht abgeschnittenen Fasern ist ein weiterer Aspekt der Erfindung, spezifische auf das Bauteil angepasste Faserorientierungen und -verläufe und nicht lineare Faseranordnungen, zu realisieren. Die freie Manipulation der Fasern ermöglicht eine optimierte, faserge-rechte Lasteinleitung und -verteilung. Dies kann in vorteilhafter Weise dazu beitragen, die mechanische Leistungsfähigkeit von faserverstärkten Bauteilen zu erhöhen.

[0024] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass der Polymer-Werkstoff so beschaffen ist, dass er nach der Aushärtung des Harzsystems thermisch und/oder chemisch in mindestens ein Monomer bzw. kürzere Polymere auflösbar ist.

[0025] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Endlosfaserbündel eine Länge von mindestens 5 m, vorzugsweise eine Länge im Bereich von 5 m bis 10.000 m aufweist.

[0026] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Endlosfaserbündel mit einer oder mehreren Umlenkungen und/oder mit einer oder mehreren Windungen in dem Strukturbauteil verläuft.

[0027] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass in zumindest einer oder mehrerer Schichten des Strukturbauteils nur ein einzelnes Endlosfaserbündel verläuft.

[0028] Vorzugsweise können mehrere Schichten mit einem Endlosfaserbündel oder einem Teilbereich des Endlosfaserbündels übereinander angeordnet sein. In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, dass die Endlosfaserbündel oder Teilbereiche des Endlosfaserbündels in übereinander liegenden Schichten verschieden zueinander ausgerichtet sind.

[0029] Nach einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zur Bereitstellung eines faserverstärkten und recycelbaren Strukturbauteils angegeben, umfassend zumindest folgende Schritte:

- a) Bereitstellen eines Endlosfaserbündels,
- b) Anordnen und/oder Ausrichten des Endlosfaserbündels,
- c) Umgeben des angeordneten und/oder ausgerichteten Endlosfaserbündels mit einem Polymer-Werkstoff zur Ausbildung einer Matrix zum Halten des Endlosfaserbündels, wobei der Poly-

mer-Werkstoff so bereitgestellt wird, dass er sich thermisch und/oder chemisch in kürzere Polymere oder Monomere auflösen und somit vollständig von dem Faserbündel separieren lässt.

[0030] Die Schritte a), b) und c) können zur Durchführung des Verfahrens beispielsweise zumindest einmal und/oder wiederholt in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden. Weiterhin können die Schritte a), b) und c), insbesondere die Schritte a) und b) zumindest teilweise parallel oder gleichzeitig durchgeführt werden.

[0031] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Verfahren zur Herstellung eines hier beschriebenen Strukturbauteils durchgeführt wird. Das Verfahren kann zur Herstellung eines hier beschriebenen Strukturbauteils durchgeführt werden.

[0032] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Verfahren weiterhin folgende Schritte umfasst:

- d) Thermisches und/oder chemisches Auflösen der Matrix,
- e) Entnehmen und/oder Aufnehmen des Endlosfaserbündels.

[0033] Die im Zusammenhang mit dem Strukturbauteil erörterten Details, Merkmale und vorteilhaften Ausgestaltungen können entsprechend auch bei dem hier vorgestellten Verfahren auftreten und umgekehrt. Insoweit wird auf die dortigen Ausführungen zur näheren Charakterisierung der Merkmale vollumfänglich Bezug genommen.

[0034] Nach einem weiteren Aspekt wird eine Verwendung eines hier beschriebenen Strukturbauteils zur Bereitstellung eines recycelbaren Bauteils für ein Fahrrad angegeben.

[0035] Die im Zusammenhang mit dem Strukturbauteil und/oder dem Verfahren erörterten Details, Merkmale und vorteilhaften Ausgestaltungen können entsprechend auch bei der hier vorgestellten Verwendung auftreten und umgekehrt. Insoweit wird auf die dortigen Ausführungen zur näheren Charakterisierung der Merkmale vollumfänglich Bezug genommen.

[0036] Die hier vorgestellte Lösung sowie deren technisches Umfeld werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Erfindung durch die gezeigten Ausführungsbeispiele nicht beschränkt werden soll. Insbesondere ist es, soweit nicht explizit anders dargestellt, auch möglich, Teilaspekte der in den Figuren erläuterten Sachverhalte zu extrahieren

und mit anderen Bestandteilen und/oder Erkenntnissen aus anderen Figuren und/oder der vorliegenden Beschreibung zu kombinieren. Es zeigen schematisch:

Fig. 1: ein Beispiel für einen Aufbau eines hier beschriebenen Strukturbauteils.

Fig. 2: einen beispielhaften Ablauf eines hier beschriebenen Verfahrens.

Fig. 3: ein Beispiel für eine Ausführungsform eines Aspektes des Verfahrens.

Fig. 4: ein Beispiel für eine weitere Ausführungsform eines Aspektes des Verfahrens.

Fig. 5: ein Beispiel für eine Ausführungsform eines weiteren Aspektes des Verfahrens.

Fig. 6: ein Beispiel für eine Ausführungsform eines weiteren Aspektes des Verfahrens.

[0037] Fig. 1 zeigt schematisch ein Beispiel für einen Aufbau eines hier beschriebenen, faserverstärkten und recycelbaren Strukturbauteils 1.

[0038] Das Strukturbauteil 1 weist ein Harzsystem, das eine Matrix 2 bildet, sowie ein Fasersystem 3 mit einem in der Matrix 2 gehaltenen Endlosfaserbündel 4 auf. Die Anordnung und/oder Ausrichtung des Endlosfaserbündels 4 trägt dazu bei zumindest einen Teil der Form 5 des Strukturbauteils 1 zu definieren. Das Harzsystem umfasst mindestens einen Polymer-Werkstoff 6 für die Matrix 2. Das Harzsystem ist so beschaffen, dass es eine De-Polymerisation des Polymer-Werkstoffs 6 nach der Aushärtung des Harzsystems zulässt. Dies trägt in vorteilhafter Weise dazu bei, dass das Endlosfaserbündel 4 wieder aus dem Strukturbauteil 1 entnommen und ggf. wiederverwendet bzw. recycelt werden kann.

[0039] Der Polymer-Werkstoff 6 kann so beschaffen sein, dass sich nach der Aushärtung des Harzsystems thermisch und/oder chemisch kürzere Polymere oder Monomere auflösen und somit vollständig von dem Faserbündel separieren lassen.

[0040] Das Endlosfaserbündel 4 kann eine Länge von mindestens 5 m aufweisen. Beispielsweise kann das Endlosfaserbündel 4 eine Länge im Bereich von 5 m bis 10.000 m aufweisen.

[0041] Das Endlosfaserbündel 4 kann mit einer oder mehreren Umlenkungen 7 und/oder mit einer oder mehreren Windungen in dem Strukturbauteil 1 verlaufen bzw. entsprechend verlaufend angeordnet und/oder ausgerichtet sein.

[0042] Zu erkennen ist, dass das Strukturbauteil eine U-förmige Form 5 hat. Das Fasersystem 3 in dem Polymerbauteil ist durch ein Endlosfaserbündel 4 gebildet, welches durchgängig und in einen Poly-

mer-Werkstoff als Matrix eingebettet ist. Abschnitte desselben Endlosfaserbündels 5 erstrecken sich durch beide Schenkel der U-Form 5. Das Endlosfaserbündel 5 hat einzelne Stränge, die jeweils durch Umlenkungen 7 miteinander verbunden sind. Um sich in die beiden Schenkel der U-Form erstrecken zu können ist das Endlosfaserbündel 5 an einer zentralen Position auseinander geklappt. Durch diese Anordnung kann das Endlosfaserbündel effizient so eingerichtet werden, dass es an die U-Form angepasst ist.

[0043] Fig. 2 zeigt einen beispielhaften Ablauf eines hier beschriebenen Verfahrens. Zu erkennen sind die Verfahrensschritte a), b), c) und ggf. zusätzlich noch d) und e), die nacheinander ausgeführt werden.

[0044] Das Verfahren dient zur Bereitstellung eines faserverstärkten und recycelbaren Strukturbauteils 1. Die mit den Blöcken 110, 120 und 130 dargestellte Reihenfolge der Schritte a), b) und c) ist beispielhaft und kann sich so zum Beispiel bei einem regulären Ablauf des Verfahrens einstellen.

[0045] In Block 110 erfolgt gemäß Schritt a) ein Bereitstellen eines Endlosfaserbündels 4. In Block 120 erfolgt gemäß Schritt b) ein Anordnen und/oder Ausrichten des Endlosfaserbündels 4. In Block 130 erfolgt gemäß Schritt c) ein Umgeben des angeordneten und/oder ausgerichteten Endlosfaserbündels 4 mit einem Polymer-Werkstoff 6 zur Ausbildung einer Matrix 2 zum Halten des Endlosfaserbündels 4, wobei der Polymer-Werkstoff 6 so bereitgestellt wird, dass er sich thermisch und/oder chemisch in mindestens ein Monomer und/oder kürzere Polymere auflösen lässt.

[0046] Das Verfahren kann zum Beispiel zur Herstellung des in Fig. 1 gezeigten Strukturbauteils 1 durchgeführt werden.

[0047] Optional kann in einem Block 140 gemäß einem Schritt d) ein thermisches und/oder chemisches Auflösen der Matrix 2 erfolgen. Weiterhin optional kann in einem Block 150 gemäß einem Schritt e) ein Entnehmen und/oder Aufnehmen des Endlosfaserbündels 4 erfolgen.

[0048] Fig. 3 zeigt schematisch ein Beispiel für eine Ausführungsform eines Aspektes des Verfahrens.

[0049] Fig. 3 zeigt eine Maschine 10 zur Bildung des Fasersystems 3. Der Blick ist in Fig. 3a von oben und in Fig. 3b von der Seite auf die Maschine 10 gerichtet.

[0050] Das Fasersystem 3 wird von einem Rahmen 11 mit zwei Rahmensegmenten 13 aufgespannt. Zum Aufspannen bzw. Orientieren des Endlosfaserbündels 4 werden die Rahmensegmente 13 in einer

Spannrichtung 18 auseinander bewegt. Es können mittels der gezeigten Anordnung der Umlenkrollen 14, die an den Rahmensegmenten 13 gehalten sind, mehrere Umlenkbereiche 7 in der Anordnung und Ausrichtung des Endlosfaserbündels 4 gebildet werden. Weiterhin können mittels der gezeigten Anordnung der Umlenkrollen 14 mehrere Teilbereiche 9, 9' und 9'' des Endlosfaserbündels 4 übereinander angeordnet werden.

[0051] Es kann vorgesehen sein, dass in zumindest einer Schicht 8 des Strukturbauteils 1 nur ein einzelnes Endlosfaserbündel 4 verläuft.

[0052] Weiterhin können mehrere Schichten 8 mit einem Endlosfaserbündel 4 oder einem Teilbereich 9 des Endlosfaserbündels 4 übereinander angeordnet sein. Die Endlosfaserbündel 4 oder Teilbereiche 9 des Endlosfaserbündels 4 können in übereinander liegenden Schichten 8 verschieden zueinander ausgerichtet sein.

[0053] Beispielsweise können die Teilbereiche 9, 9' und 9'' drei beispielhafte Schichten 8 bilden.

[0054] Fig. 4 zeigt schematisch ein Beispiel für eine weitere Ausführungsform eines Aspekts des Verfahrens.

[0055] Hier ist eine Maschine 10 zur Bildung eines Fasersystems 3 gezeigt, mit welcher mehrere Schichten 8 eines Rovings gebildet werden können, in welchen die Fasern jeweils unterschiedlich (hier im 90°-Winkel zueinander) ausgerichtet sind und welche trotzdem ein Endlosfaserbündel 4 bilden. Hier existieren beispielhaft insgesamt vier Rahmensegmente 13 eines Rahmens 11 mit Umlenkrollen 14, die jeweils paarweise jeweils in einer Spannrichtung 18 auseinander bewegt werden können. Auf den Umlenkrollen 14 aller vier Rahmensegmente 13 läuft ein durchgängiges Endlosfaserbündel 4, dessen Teilbereiche 9 durch das Spannen in Spannrichtung 18 jeweils verlängert werden, so dass das Endlosfaserbündel 4 von einer Faserzuführrolle aus erzeugt wird.

[0056] Fig. 5 zeigt schematisch ein Beispiel für eine Ausführungsform eines weiteren Aspekts des Verfahrens.

[0057] In Fig. 5 ist der Blick von oben auf ein unteres Formwerkzeug 15 gerichtet, in das das Fasersystem 3 mittels der Rahmensegmente 13 abgelegt wird. Beispielsweise können einzelne Umlenkrollen 14 eines Rahmensegments 13 gezielt bewegt werden, um die Form des Endlosfaserbündels 4 und die Form eines Formwerkzeuges 15 anzupassen und das Endlosfaserbündel 4 in dem Formwerkzeug 15 abzulegen.

[0058] Fig. 6 zeigt schematisch ein Beispiel für eine Ausführungsform eines weiteren Aspektes des Verfahrens.

[0059] In Fig. 6 ist das geschlossene Formwerkzeug mit unterem Teil 15 und oberem Teil 16 gezeigt. Zudem sind Harzeinlässe 17 gezeigt, durch die der Polymer-Werkstoff 6 eingeleitet werden kann.

Bezugszeichenliste

1	Strukturbauteil
2	Matrix
3	Fasersystem
4	Endlosfaserbündel
5	Form
6	Polymer-Werkstoff
7	Umlenkung
8	Schicht
9	Teilbereich
10	Maschine
11	Rahmen
12	Faserzuführrolle
13	Rahmensegment
14	Umlenkrolle
15	unteres Formwerkzeug
16	oberes Formwerkzeug
17	Harzeinlass
18	Spannrichtung

Patentansprüche

1. Faserverstärktes und recycelbares Strukturbauteil (1), aufweisend:

- ein Harzsystem, das eine Matrix (2) bildet,
- ein Fasersystem (3) mit einem in der Matrix (2) gehaltenen Endlosfaserbündel (4), wobei die Anordnung und/oder Ausrichtung des Endlosfaserbündels (4) zumindest einen Teil der Form (5) des Strukturbauteils (1) definiert,

wobei das Harzsystem mindestens einen Polymer-Werkstoff (6) für die Matrix (2) umfasst, wobei das Harzsystem so beschaffen ist, dass es eine Depolymerisation des Polymer-Werkstoffs (6) nach der Aushärtung des Harzsystems zulässt, insbesondere um das Endlosfaserbündel (4) wieder aus dem Strukturbauteil (1) entnehmen zu können.

2. Strukturbauteil (1) nach Anspruch 1, wobei der Polymer-Werkstoff (6) so beschaffen ist, dass sich nach der Aushärtung des Harzsystems ther-

misch und/oder chemisch kürzere Polymere oder Monomere auflösen lassen.

3. Strukturbauteil (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Endlosfaserbündel (4) eine Länge von mindestens 5 m, vorzugsweise eine Länge im Bereich von 5 m bis 10.000 m aufweist.

4. Strukturbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Endlosfaserbündel (4) mit einer oder mehreren Umlenkungen (7) und/oder mit einer oder mehreren Windungen in dem Strukturbauteil (1) verläuft.

5. Strukturbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in zumindest einer Schicht (8) des Strukturbauteils (1) nur ein einzelnes Endlosfaserbündel (4) verläuft.

6. Strukturbauteil (1) nach Anspruch 5, wobei mehrere Schichten (8) mit jeweils einem Endlosfaserbündel (4) oder einem Teilbereich (9) des Endlosfaserbündels (4) übereinander angeordnet sind und wobei die Endlosfaserbündel (4) oder Teilbereiche (9) des Endlosfaserbündels (4) in übereinander liegenden Schichten (8) verschieden zueinander ausgerichtet sind.

7. Verfahren zur Bereitstellung eines faserverstärkten und recycelbaren Strukturbauteils (1), umfassend zumindest folgende Schritte:

a) Bereitstellen eines Endlosfaserbündels (4),
b) Anordnen und/oder Ausrichten des Endlosfaserbündels (4),
c) Umgeben des angeordneten und/oder ausgerichteten Endlosfaserbündels (4) mit einem Polymerwerkstoff (6) zur Ausbildung einer Matrix (2) zum Halten des Endlosfaserbündels (4), wobei der Polymerwerkstoff (6) so bereitgestellt wird, dass es sich thermisch und/oder chemisch in mindestens ein Monomer und/oder kurzen Polymerketten auflösen lässt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, weiterhin umfassend folgende Schritte:

d) Thermisches und/oder chemisches Auflösen der Matrix (2),
e) Entnehmen und/oder Aufnehmen des Endlosfaserbündels (4).

10. Verwendung eines Strukturbauteils (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Bereitstellung eines recycelbaren Bauteils für ein Fahrrad.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Fig. 1

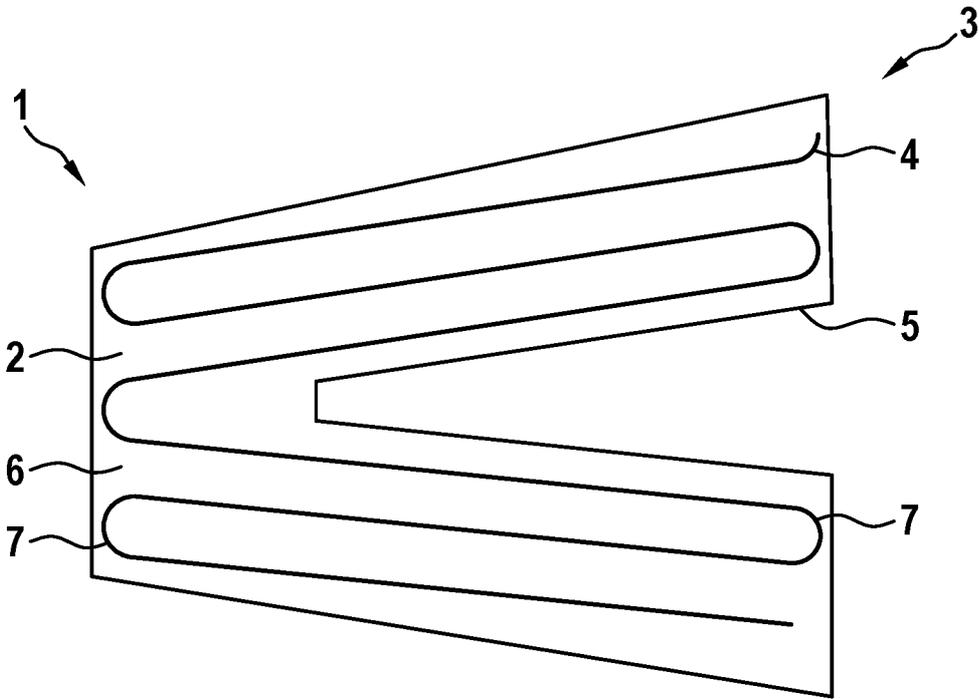


Fig. 2

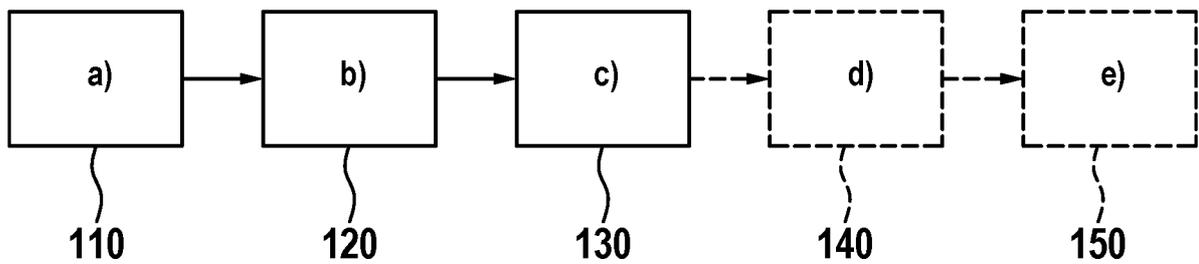


Fig. 3a

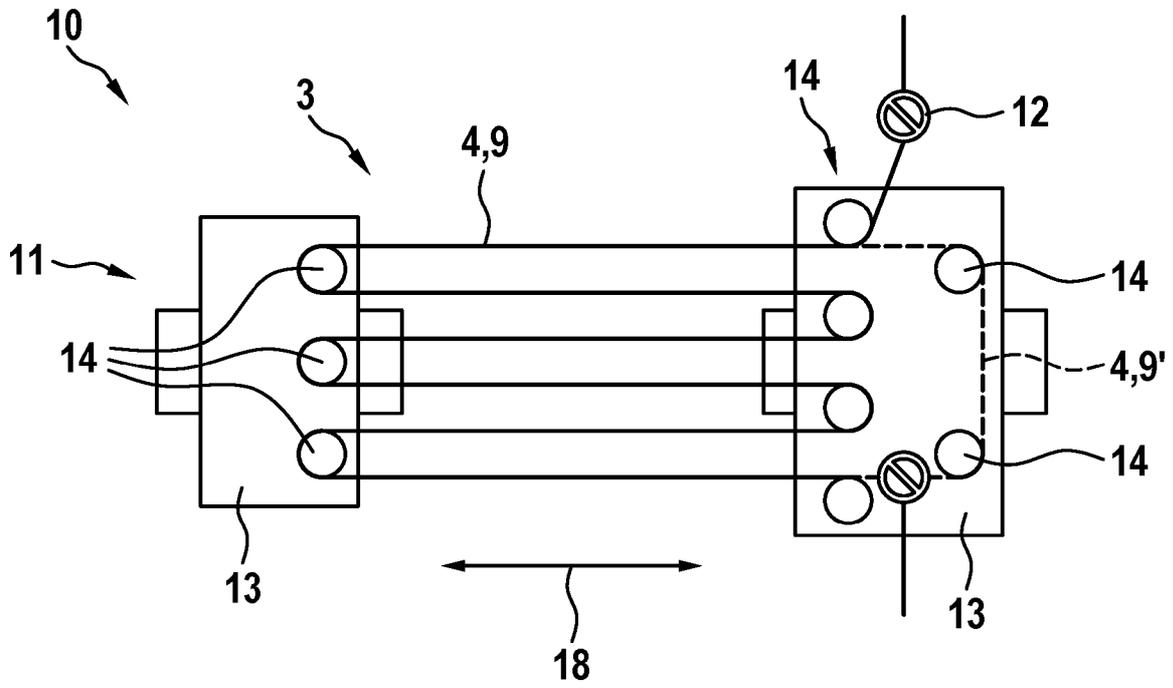


Fig. 3b

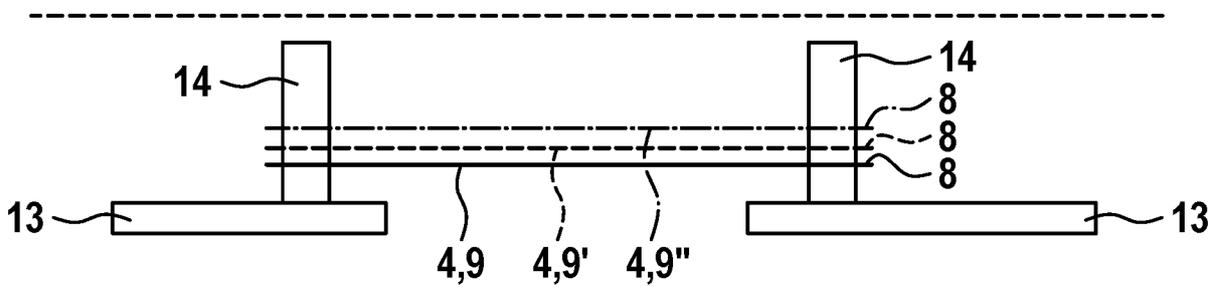


Fig. 4

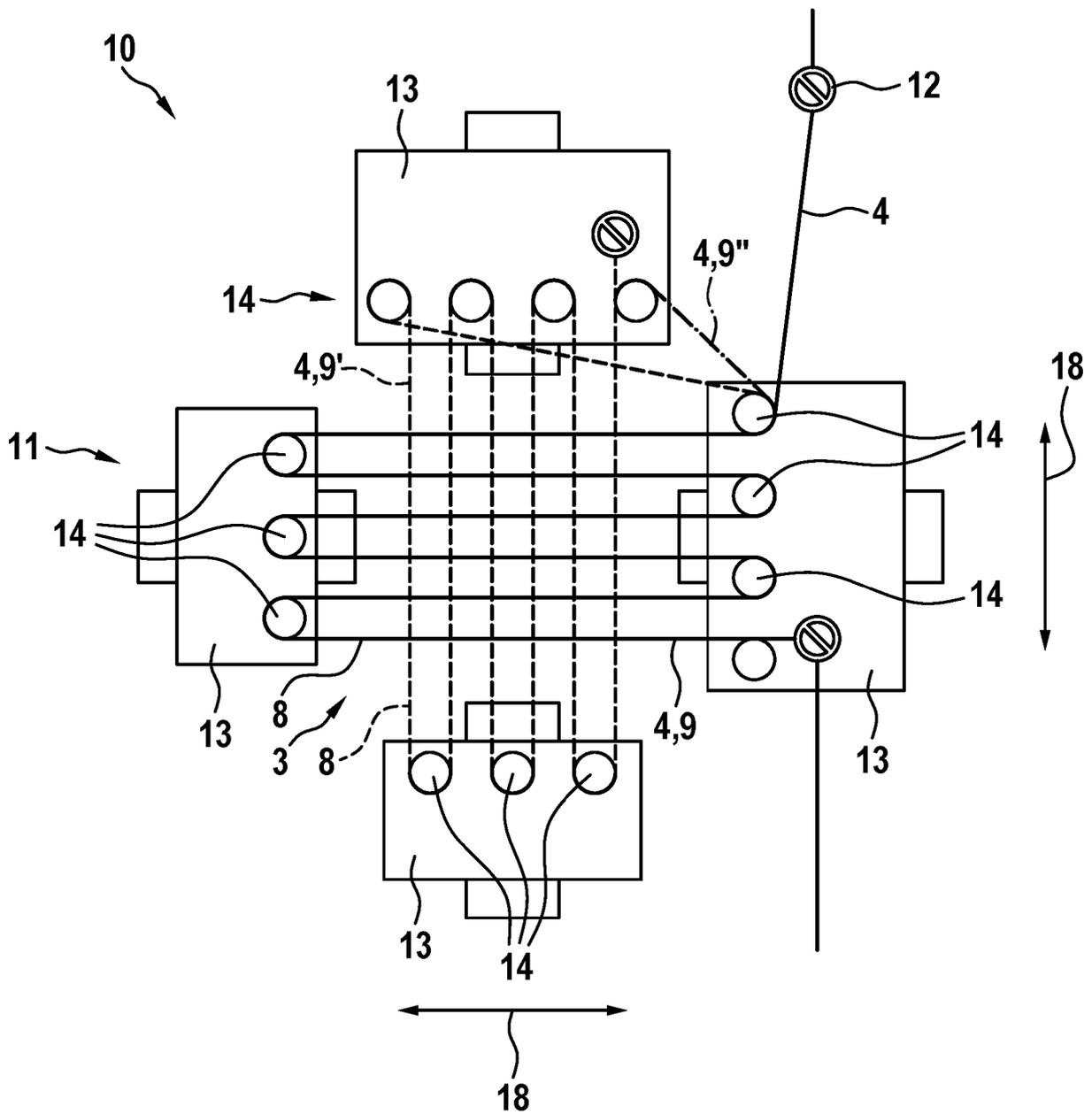


Fig. 5

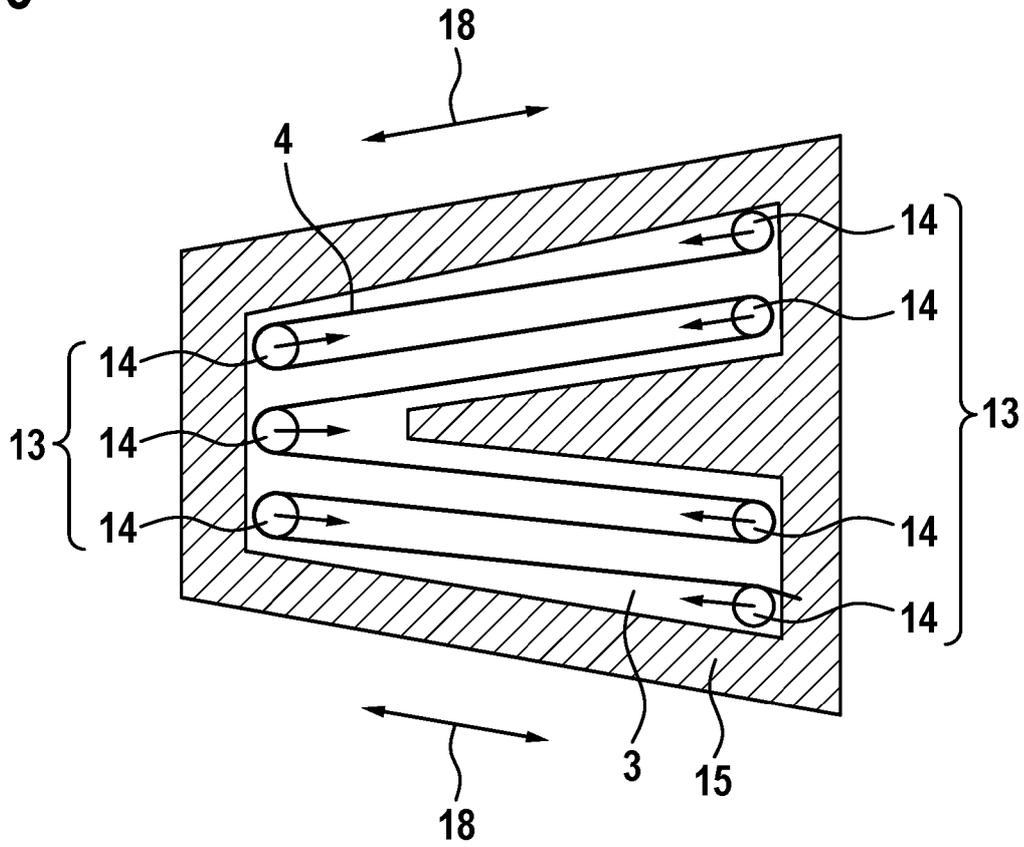


Fig. 6

