

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50132/2013
(22) Anmeldetag: 28.02.2013
(43) Veröffentlicht am: 15.09.2013

(51) Int. Cl. : **B29C 70/56** (2006.01)

(30) Priorität:
01.03.2012 DE 102012101724.7 beansprucht.

(73) Patentanmelder:
Benteler
33102 Paderborn (DE)
Benteler SGL GmbH & Co. KG
33102 Paderborn (DE)

(54) **Faserwerkstofffrohling sowie Verfahren zur Herstellung eines Faserwerkstoffverbundbauteils**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft einen Faserwerkstofffrohling zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils (32), vorzugsweise für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, wobei der Faserwerkstofffrohling (30) als auf einem Rahmen bereitgestellter Faserstrang (5) ausgebildet ist, der dadurch gekennzeichnet ist, dass mindestens ein Faserstrang (5) auf einen Wickelrahmen (1) gewickelt ist, wobei der Wickelrahmen (1) an einer außen umlaufenden Kante Zähne (4) aufweist. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- Bereitstellen eines Faserwerkstofffrohlings (30) auf einem Wickelrahmen (1),
- Einlegen des Faserwerkstofffrohlings (30) mit dem Wickelrahmen (1) in ein Umformwerkzeug (35), wobei der Faserwerkstofffrohling (30) vor oder während des Umformprozesse mit einem Matrixharz versehen wird und/oder mit einem aufschmelzendem Thermoplast versehen wird
- Umformen des Faserwerkstofffrohlings (30) zu einem Faserwerkstoffverbundbauteil (32),
- Entnahme des Faserverbundwerkstoffbauteils (32).

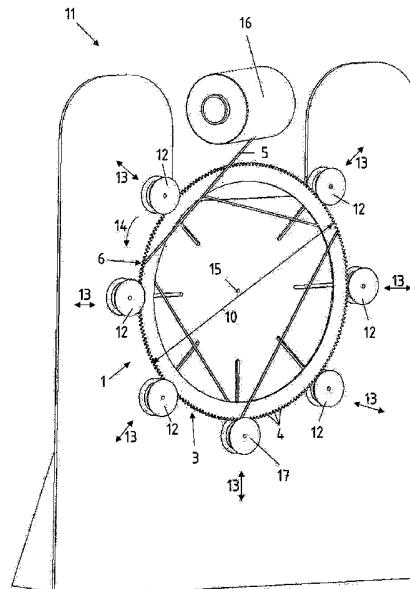


Fig. 2

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Faserwerkstofffrohling zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils (32), vorzugsweise für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, wobei der Faserwerkstofffrohling (30) als auf einem Rahmen bereitgestellter Faserstrang (5) ausgebildet ist, der dadurch gekennzeichnet ist, dass mindestens ein Faserstrang (5) auf einen Wickelrahmen (1) gewickelt ist, wobei der Wickelrahmen (1) an einer außen umlaufenden Kante Zähne (4) aufweist.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- Bereitstellen eines Faserwerkstofffrohlings (30) auf einem Wickelrahmen (1),
- Einlegen des Faserwerkstofffrohlings (30) mit dem Wickelrahmen (1) in ein Umformwerkzeug (35), wobei der Faserwerkstofffrohling (30) vor oder während des Umformprozesse mit einem Matrixharz versehen wird und/oder mit einem aufschmelzendem Thermoplast versehen wird
- Umformen des Faserwerkstofffrohlings (30) zu einem Faserwerkstoffverbundbauteil (32),
- Entnahme des Faserverbundwerkstoffbauteils (32).

Fig. 2

Faserwerkstofffrohling sowie
Verfahren zur Herstellung eines Faserwerkstoffverbundbauteils

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Faserwerkstofffrohling zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils gemäß den Merkmalen im Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils gemäß den Merkmalen im Patentanspruch 12.

In der Verarbeitung von Faserverbundwerkstoffen sind innerhalb der letzten Jahre große Fortschritte zur automatisierten Herstellung getätigt worden. So wird im Fahrzeugbau, beispielsweise für Luftfahrzeuge oder aber auch für Kraftfahrzeuge, auf gezielten Leichtbau gesetzt, für den sich Faserverbundwerkstoffbauteile optimal eignen, da diese hohe Festigkeitseigenschaften bei hohen Formgebungsfreiheitsgraden und geringem spezifischen Eigengewicht besitzen.

Heutzutage ist es möglich, in modernen Produktionsstraßen Faserwerkstoffbauteile automatisiert herzustellen. Beispielsweise ist aus der DE 100 59 801 A1 ein Herstellungsverfahren bekannt, bei dem eine Faserverbundstruktur, die aus einem im Wege des Fließpressens unter Wärmeeinwirkung konsolidierbarem Zuschnitt aus mindestens einer fließfähigen, mit einem Matrixsystem durchtränkten und beim Fließpressen umstrukturierten Faserlage hergestellt wird. Hierzu werden auch mehrlagige Zuschnitte von Manipulatoren oder aber Industrierobotern aufgenommen, gestapelt und einer Umformanlage zugeführt. In der Umformanlage erfolgt zum einen die Formgebung, zum anderen die Aushärtung, beispielsweise durch Zuführung von Wärme.

Ein Nachteil von solch automatisierten Fertigungsanlagen ist die Verschmutzung der einzelnen Werkzeuge von Manipulatoren sowie Greifvorrichtungen innerhalb der Fertigungslinie in Folge des aus dem Faserverbundwerkstoff tropfenden Matrixharzes. Eine weitere Problematik, insbesondere bei der Formgebung mit lokalen hohen

Umformgraden, ist die gezielte Faserausrichtung bzw. Faserorientierung und auch die Faserdichte innerhalb des automatisiert hergestellten Faserverbundwerkstoffbauteils.

Von der Faserdichte und der Faserorientierung sind jedoch die Festigkeitswerte sowie die Steifigkeitswerte des hergestellten Faserverbundwerkstoffbauteils stark abhängig. Hier besteht eine weitere Problematik in der automatisierten Fertigung von Faserverbundwerkstoffbauteilen, wobei aufgrund der Umformung eine Abscherung der einzelnen Fasern innerhalb eines Gewebes oder aber auch Geleges ein Faserriß entstehen kann.

Ziel ist es, die Produktionstoleranzen so gering wie möglich zu halten und auch bei lokal hohen Umformgraden eine gezielte Faserausrichtung zu ermöglichen bzw. beizubehalten. Hierzu sind aus dem Stand der Technik Spannrahmen bekannt, wobei flächige Fasermatten, beispielsweise in Form von Gelegen, Geweben oder aber auch Gesticken in einen solchen Spannrahmen eingesetzt werden und anschließend in einem Umformwerkzeug zu dem entsprechenden Faserverbundwerkstoffbauteil umgeformt werden. Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus der DE 199 30 000 A1 bekannt. Eine weitere Alternative zur Verwendung eines Spannrahmens stellt die DE 10 2007 047 734 A1 dar. Hierbei werden verschiedene Fasermatten mittels eines Spannrahmens, der die Fasermatten randseitig klemmend fixiert, in einem Formwerkzeug zu dem entsprechenden Faserverbundwerkstoffbauteil umgeformt.

Bei dem Faserwerkstoff selber kann es sich um verschiedenste Faserarten handeln. Exemplarisch seien Karbonfasern, Glasfasern, Aramidfasern, Basaltfasern, aber auch Metallfasern erwähnt. Ebenfalls werden Mischformen der zuvor genannten Faserarten verarbeitet, bei denen es sich dann um Faserbündel oder aber Rovings handelt. Ebenfalls werden verschiedene Faserlagen übereinander gelegt, wobei die Faserlagen jeweils verschiedene Ausrichtungen zueinander haben, so dass sich hierdurch wiederum gezielt verschiedene Festigkeitseigenschaften einstellen lassen. Beispielsweise sind solch verschiedene Ausrichtungen von Faserlagen und die Verwendung von einander verschiedenen Faserarten aus der DE 10 2009 052 263 A1 bekannt.

Die einzelnen Faserwerkstoffe werden von den Faserherstellern in verschiedenen Formen angeboten. Hierbei stellen Gewebe, Gelege oder aber Gestricke bzw. Filze oder Vliese, mithin flächige Formen der Faserwerkstoffe, eine teure Alternative dar gegenüber Fasern bzw. Fasersträngen, die auf eine Spule gewickelt sind. Bei der Weiterverarbeitung von Halbzeugen, also von flächig gelieferten Faserwerkstoffen, entsteht zudem ein hoher Verschnitt, da nur ein Teil der verarbeiteten Fasern effektiv in dem späteren Bauteil verbaut sind. Die restlichen Fasern stehen über dem bereits oben erwähnten Spannrahmen über oder überranden das Bauteil umfangsseitig und werden nach der Formgebung abgeschnitten. Es fällt also ein hoher Verschnitt an.

Ein Nachteil von einzelnen Fasern oder Faserbündeln bzw. Rovings, die bei einem Hersteller selbst zu Halbzeugen oder aber direkt in Faserverbundwerkstoffanwendungen verarbeitet werden, ist die schlechte Kontrollierbarkeit während des Umformens. So können diese Fasern leicht abscheren oder in sonstiger Form unkontrolliert oder aber nur unter Einhaltung von sehr weit auszulegenden Produktionstoleranzen verarbeitet werden. Ein mitunter günstigerer Einkauf der Rohmaterialien des Faserwerkstoffs wird mithin durch höhere Produktionskosten ausgeglichen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ausgehend vom Stand der Technik, eine kostengünstige Möglichkeit aufzuzeigen, einen Faserwerkstofffrohling bereitzustellen, der an das herzustellende Faserverbundwerkstoffbauteil optimal angepasst ist sowie ein Faserverbundwerkstoffbauteilherstellungsverfahren aufzuzeigen, mit dem Faserverbundwerkstoffbauteile kostengünstig mit hoher Produktionsgenauigkeit und großen Formgebungsfreiheitsgraden herstellbar sind.

Die zuvor genannte Aufgabe wird mit einem Faserwerkstofffrohling zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils gemäß den Merkmalen in Patentanspruch 1 gelöst.

Die Aufgabe wird weiterhin mit einem Herstellungsverfahren zur Herstellung des Faserverbundwerkstoffbauteils mit den Merkmalen in Patentanspruch 12 gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsvarianten sind Bestandteil der abhängigen Patentansprüche.

Der erfindungsgemäße Faserwerkstoffrohling zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils, vorzugsweise für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, wobei der Faserwerkstoffrohling aus auf einem Rahmen bereit gestellten Fasersträngen gebildet ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Faserstrang auf einen Wickelrahmen gewickelt ist, wobei der Wickelrahmen an einer außen umlaufenden Kante Fortsätze, insbesondere Zähne, aufweist.

Bei dem erfindungsgemäßen Faserwerkstoffrohling ist somit ein Wickelrahmen mit einer außen umlaufenden Kante mit mindestens einem Faserstrang, vorzugsweise auch mit zwei oder mehr Fasersträngen, bewickelt, wobei auf der außen umlaufenden Kante nach außen abstehende bzw. nach außen orientierte Fortsätze, insbesondere Zähne, ausgebildet sind, wobei diese den mindestens einen auf den Wickelrahmen außen umwickelnden Faserstrang formschlüssig orientiert lagefixiert halten.

Insbesondere lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Faserwerkstoffrohling Faserverbundwerkstoffbauteile für Fahrzeuge, beispielsweise für Schiffe, Flugzeuge oder aber auch für Kraftfahrzeuge herstellen. Beispielsweise lassen sich für Flugzeuge Scheibenrahmen für Fenster herstellen oder aber für Kraftfahrzeuge verschiedene Karosseriebauteile, beispielsweise B-Säulen, Dachaußenhäute, Motorhauben od. dgl. Bauteile.

Der Faserwerkstoffrohling bietet dabei insbesondere den Vorteil, dass ein Faserstrang auf einen Wickelrahmen wickelbar ist und damit die Möglichkeit bereitgestellt wird, den Rohling selbst an das herzustellende Faserwerkstoffverbundbauteil optimal anzupassen. Im Hinblick auf Faserorientierung, Faserdichte und auch unter Bezugnahme auf den beim Umformprozess und beim weiteren Fertigstellungsprozess anfallenden Verschnitt ist der Faserwerkstoffrohling somit optimal hergestellt. Durch die weitere Möglichkeit der Verwendung von auf Spulen bereit gestellten Fasersträngen findet ein besonders günstiger Einkauf des Fasermaterials gegenüber flächigen Fasermaterialien in Form von Gelegen oder aber Geweben od. dgl. statt, weshalb mit einem Herstellungsverfahren unter Verwendung des erfindungsgemäßen Faserwerkstoffrohlings die Produktionskosten gesenkt werden können.

Der erfindungsgemäße Faserwerkstofffrohling ist insbesondere derart ausgebildet, dass der Wickelrahmen einen außen umlaufenden Rahmen mit einem den Rahmen außen umlaufenden Rand, wobei an dem Rand nach außen orientierte Fortsätze, insbesondere Zähne angeordnet sind, aufweist. Ein Innenbereich des Wickelrahmens ist ausgespart und wird von einem auf dem Wickelrahmen umwickelten Faserstrang im Innenbereich flächig überdeckt. In diesem flächigen Bereich ist dann der eigentliche Faserwerkstofffrohling ausgebildet, wobei durch Einfahren eines Umformstempels und unter Hinzufügung von Matrixharz oder aber thermoplastischem Härtmaterial das Faserverbundwerkstoffbauteil hergestellt wird.

Im Rahmen der Erfindung ist der Innenbereich insbesondere hohl ausgebildet, ganz besonders bevorzugt wenn der Wickelrahmen selbst aus einem metallischen, insbesondere leichtmetallischem, oder aber aus einem Kunststoffwerkstoff gebildet ist. Sofern der Wickelrahmen selber aus einem thermoplastischen Werkstoff oder aber aus einem Matrixharzwerkstoff ausgebildet ist, kann derselbe selbst auch im Innenbereich zumindest abschnittsweise massiv, insbesondere vollflächig, ausgebildet sein, so dass bei dem weiteren Umformprozess dann der Innenbereich aufschmilzt und für eine homogene Verteilung des Verbundmaterials innerhalb des Faserverbundwerkstoffes sorgt.

Der auf den Wickelrahmen gewickelten Faserstrang besitzt dann jeweils sich von einer Kante zur anderen Kante erstreckende Faserstrangabschnitte, die bevorzugt unidirektional orientiert, parallel zueinander und/oder omnidirektional orientiert auf dem Wickelrahmen aufgewickelt sind. Je nach geforderter Faserorientierung des herzustellenden Faserwerkstoffverbundbauteils ist es somit möglich, durch gezielte Wicklung und Faserorientierung den Faserwerkstofffrohling an das herzstellende Faserverbundwerkstoffbauteil anzupassen.

Weiterhin bevorzugt weist der Wickelrahmen eine Vorderseite und eine Rückseite auf, wobei auf der Vorderseite oder auf der Rückseite des Wickelrahmens ein flächiger Bereich aus dem Faserstrang ausgebildet ist oder dass auf der Vorderseite und auf der Rückseite jeweils ein flächiger Bereich aus dem Faserstrang gebildet ist, wobei der Faserwerkstofffrohling insbesondere durch den flächigen Bereich selbst ausgebildet ist.

Bei dem weiteren Umformverfahren zur Herstellung des Faserverbundwerkstoffbauteils wird der flächige Bereich umformtechnisch bearbeitet, wobei dann der äußere Randbereich des Wickelrahmens und auch die hier angeordneten Faserstränge als Verschnitt und somit als Produktionsrest anfallen.

Im Rahmen der Erfindung ist es hierbei weiterhin möglich, dass die Faserstränge aus einem aushärtenden Material auf den Wickelrahmen gewickelt sind und dann der Wickelrahmen selbst nach Teilaushärtung entfernt wird, so dass nur der flächige Bereich der den Innenbereich des Wickelrahmens überdeckt, als Faserwerkstofffrohling übrig bleibt. Dieser Faserwerkstofffrohling ist dann insbesondere biegesteif und kann durch einen Manipulator, beispielsweise mit Vakuumgreifer, in ein Umformwerkzeug eingelegt werden. Erfindungsgemäß bietet sich der Vorteil, dass mitunter jede einzelne Faserorientierung eines Faserstrangabschnitts gezielt orientiert ausgerichtet werden kann und die Faserwerkstoffdichte zumindest flächenmäßig abschnittsweise innerhalb des Faserwerkstofffrohlings gezielt einstellbar ist. Beispielsweise wird dies durch ein Imprägnieren des Faserstranges beim Wickelprozess erreicht. Auch kann der Faserwerkstoff mit Wachs ausgesteift werden, wobei das Wachs dann in einem Umformprozess aufschmilzt.

Im Rahmen der Erfindung weist der Wickelrahmen weiterhin bevorzugt eine runde, ganz besonders bevorzugt eine kreisrunde, Außenkontur auf. Hierbei ist es möglich, den Faserwerkstofffrohling besonders einfach in einer Bewicklungsvorrichtung herzustellen, wobei der Wickelrahmen in eine Drehbewegung versetzbare ist und somit der Faserstrang über den jeweiligen Innenbereich des Wickelrahmens spannbar ist und um die äußere Kante wickelbar ist, wobei der Faserstrang zwischen zwei Zähnen in einem Zahnzwischenraum formschlüssig gehalten wird.

Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, dass der Wickelrahmen eine eckige, insbesondere eine mehreckige, ganz besonders bevorzugt eine rechteckige, Kontur aufweist oder aber auch eine Mischform der zuvor genannten Konturarten. Beispielsweise ist im Rahmen der Erfindung möglich, dass der Wickelrahmen als rundes Vieleck ausgebildet ist. Abhängig ist die Wahl des Wickelrahmens von der herzustellenden außen umlaufenden Kontur des Faserverbundwerkstoffbauteils.

Weiterhin bevorzugt ist zwischen den Faserstrangabschnitten des Faserwerkstofffrohlings, die sich über den Innenbereich des Wickelrahmens erstrecken, eine Folie eingewickelt, vorzugsweise eine thermoplastische Folie, oder aber eine Trennfolie. Hierbei ist es möglich, dass in dem späteren Umformverfahren und/oder einem Wärmebehandlungsverfahren der thermoplastische Werkstoff der Folie aufschmilzt und somit für eine homogene Verteilung des Verbundmaterials innerhalb des Faserwerkstofffrohlings sorgt. Ebenfalls ist es möglich, durch gezieltes Einwickeln einer Trennfolie ein Verbinden der einzelnen Schichten zu verhindern. Auch ist es möglich, im Rahmen der Erfindung mehrere Folien, beispielsweise aus thermoplastischem Werkstoff, in den erfindungsgemäßen Faserwerkstofffrohling einzwickeln.

Bei dem erfindungsgemäßen Faserwerkstofffrohling ergibt sich weiterhin insbesondere der Vorteil, dass zwischen den zwei flächigen Bereichen des Faserwerkstofffrohlings, also zwischen Vorder- und Rückseite des Wickelrahmens und somit in dem im Innenbereich zwischen Vorder- und Rückseite des Wickelrahmens eingeschlossenen Bereich, zumindest abschnittsweise ein Kern eingewickelt ist, vorzugsweise ein Kern aus thermoplastischem Material, wobei das thermoplastische Material durch thermisches Einwirken aufschmilzt. Im Rahmen der Erfindung ist es somit möglich, den Faserwerkstofffrohling derart bereit zu stellen, dass bei einem nachfolgenden Umformverfahren und/oder einem Wärmebehandlungsverfahren durch Temperatureinwirkung das thermoplastische Material aufschmilzt und somit eine homogene Verteilung des Verbundmaterials von innen heraus erfolgt. Ebenfalls ist es möglich, Matrixharzmaterial als Kern innerhalb des erfindungsgemäßen Faserwerkstofffrohlings einzwickeln.

Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin möglich, dass der Kern als Formkern ausgebildet ist und der Formkern aus einem Füllmaterial gebildet ist und/oder dass der Formkern hohl ist. Hierbei kann es sich beispielsweise um einen Kern in Form eines Ballons oder einer Blase handeln. Im Rahmen der Erfindung ist es beispielsweise auch möglich, einen Kern aus beispielsweise einem Styropormaterial oder aus einem andersartigen Kunststoffmaterial einzwickeln. Auch ist es möglich, im Rahmen der

Erfindung den Kern aus einem Wachsmaterial oder aber einen aus Sand bereit gestellten Kern einzwickeln.

Der Kern kann dann in dem herzustellenden Faserverbundwerkstoffbauteil verbleiben und hier auch stützende oder aber die Festigkeit des Faserverbundwerkstoffbauteils erhöhende Eigenschaften aufweisen.

Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, den Kern nach Abschluss des Umformverfahrens aus dem Faserverbundwerkstoffbauteil zu holen, beispielsweise durch Aufschmilzen des Wachses oder aber durch Herauslassen des Sandes. Es kann sich also um einen verlorenen Kern handeln. Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin aber auch möglich, einen Kern einzubinden, der nach Abschluss des Umformverfahrens aus dem Faserverbundwerkstoffbauteil herauslösbar ist und erneut verwendet werden kann. Beispielsweise kann für den Kern auch ein Gummimaterial od. dgl. verwendet werden.

Bevorzugt ist der Wickelrahmen selbst auch als Kern ausgebildet, wobei der Wickelrahmen dann im Innenbereich nicht vollständig hohl ausgebildet ist, sondern zumindest abschnittsweise massiv ausgebildet ist und dann in einem Umformprozess vorzugsweise vollständig aufschmilzt, insbesondere ist der Wickelrahmen hierzu aus einem Thermoplast gebildet. Im Rahmen der Erfindung ist es möglich, den Wickelrahmen selbst vollflächig aus dem Thermoplastmaterial auszubilden, wobei dann das Thermoplastmaterial oder aber auch ein festes Matrixharzmaterial durch ein thermisches Einwirken vor, während oder nach dem Umformprozess vollständig aufschmilzt und für eine homogene Verteilung innerhalb des Faserverbundwerkstoffbauteils, insbesondere von innen heraus, sorgt. Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, den Wickelrahmen vollständig aus einem Wachswerkstoff oder aus einem anderen schmelzenden Werkstoff auszubilden, der ebenfalls beispielsweise aufschmilzt oder andersartig aus dem hergestellten Faserverbundwerkstoffbauteil oder aber während der Umformung des Faserwerkstofffrohlings zu dem Faserwerkstoffverbundbauteil aus den Faserwerkstofffrohling herausgeholt wird.

Im Rahmen der Erfindung ist besonders bevorzugt der Wickelrahmen selbst aus einem elastischen Material gebildet, insbesondere aus einem Kunststoffmaterial, so dass er beim Bewicklungsvorgang, also bei der eigentlichen Herstellung des Faserwerkstofffrohlings, vorgespannt wird und die um den Wickelrahmen gewickelten Faserstrangabschnitte durch eine nach außen drückende Radialkraft spannt, so dass diese sich straff über den Innenbereich erstrecken. Ebenfalls ist es bei einem elastisch ausgebildeten Wickelrahmen möglich, dass dieser beim weiteren Umformverfahren sich derart weiter verformt, dass die auf ihn gewickelten und gespannten Faserstränge gezielt in den Umformwerkzeug bzw. dessen Formhohlraum nachgeführt werden können, um auch lokal hohe Umformgrade in dem herzustellenden Faserverbundwerkstoffbauteil zu realisieren. Hierbei wird dann der Wickelrahmen entweder derart zerstört, dass er nur einmal nutzbar ist, oder aber nach Austrennen des Faserverbundwerkstoffbauteils aus dem Wickelrahmen dieser sich derart elastisch zurück verformt, sodass er mehrfach nutzbar ist. Der Wickelrahmen dient in diesem Fall gleichzeitig als Spannrahmen, was ein aufwendiges Umspannen des gewickelten flächigen Faserwerkstofffrohlings entfallen lässt.

Ebenfalls dient der Wickelrahmen dann auch für den einzelnen Transfer, beispielsweise von der Bewicklungsvorrichtung zu einem Lagerbereich und von dem Lagerbereich in eine Umformvorrichtung, als Transportrahmen. Hierdurch lassen sich die Produktionskosten wiederum erheblich senken, da keine aufwendigen Transport- oder Spannvorrichtungen sowie Rüstzeiten zur Durchführung der einzelnen Operationen benötigt werden.

Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin möglich, einen Faserwerkstofffrohling bereit zu stellen, wobei der Faserwerkstofffrohling mit zwei miteinander gekoppelten Wickelrahmen gebildet ist. Insbesondere liegen die zwei miteinander gekoppelten Wickelrahmen flächig übereinander. Im Rahmen der Erfindung ist es auch vorstellbar, drei, vier oder mehr Wickelrahmen übereinander zu koppeln und somit einen mehrlagigen Faserwerkstofffrohling bereit zu stellen. Beispielsweise können einzelne Wickelrahmen dann unidirektional orientierte Faserstränge aufweisen und andere Wickelrahmen, die dann entweder alle parallel orientiert oder aber in einem jeweiligen

Winkel zueinander orientiert angeordnet sind. Ebenfalls ist es vorstellbar, Wickelrahmen mit unidirektional parallel orientierten Fasersträngen mit einem weiteren Wickelrahmen mit omnidirektional orientierten Fasersträngen bereit zu stellen. Hierbei können die Wickelrahmen selbst Kopplungsvorrichtungen, beispielsweise Fortsätze, Vertiefungen, oder aber ein Nut- und Federsystem aufweisen, um relativ zueinander lagefixiert zu werden. Im Rahmen der Erfindung ist auch eine Spannvorrichtung inbegriffen, die es variabel erlaubt, zwei, drei oder sogar zehn Wickelrahmen miteinander formschlüssig zu verspannen. Diese Spannvorrichtung kann beispielsweise nach dem Prinzip einer Schraubzwinge oder aber eines Klemmhalters arbeiten.

Im Rahmen der Erfindung sind weiterhin besonders bevorzugt die parallel zueinander oder aber direkt übereinander liegenden flächigen Bereiche zumindest abschnittsweise miteinander gekoppelt, insbesondere sind diese miteinander vernäht und/oder miteinander verklebt. Hierdurch wird sichergestellt, dass die einzelne Lagen zueinander relativ lagefixiert sind. Bei Durchführung eines Formgebungsprozesses erfolgt somit kein relatives Verschieben der einzelnen Lagen zueinander, insbesondere der einzelnen Fasern zueinander. Durch diese Maßnahme ist es möglich, ein Faserverbundwerkstoffbauteil herzustellen, das eine besonders hohe Produktionsgenauigkeit im Hinblick auf die jeweilige Faserorientierung aufweist.

Im Rahmen der Erfindung ist der Faserwerkstofffrohling weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass voneinander verschiedene Faserwerkstoffe auf einen Wickelrahmen gewickelt sind, vorzugsweise stammen die voneinander verschiedenen Faserwerkstoffe aus der Gruppe der Karbonfasern, der Glasfasern, der Aramidfasern, der Basaltfasern und/oder der Metallfasern, wobei ganz besonders bevorzugt die mindestens zwei voneinander verschiedenen Faserwerkstoffe in einem ungleichen Mengenverhältnis zueinander auf den Wickelrahmen gewickelt sind. Beispielsweise ist es somit möglich, einen Faserwerkstofffrohling aus Karbonfasern oder aber aus Glasfasern bereit zu stellen, der einen geringen Anteil von verstärkenden Metallfasern aufweist.

Bevorzugt werden Thermoplastfasern oder aber auch Duroplastfasern oder aber Matrixharzfasern auf den Wickelrahmen gewickelt. Im Rahmen der Erfindung können

die zuvor genannten Fasertypen auch kombiniert auf den Wickelrahmen gewickelt werden.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils unter Verwendung eines Faserwerkstofffrohlings mit mindestens einem der zuvor genannten Merkmale, wobei das Verfahren erfindungsgemäß durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

- Bereitstellen eines Faserwerkstofffrohlings auf einem Wickelrahmen,
- Einlegen des Faserwerkstofffrohlings mit dem Wickelrahmen in ein Umformwerkzeug, wobei der Faserwerkstofffrohling vor oder während des Umformprozesse mit einem Matrixharz versehen wird und/oder mit einem aufschmelzendem Thermoplast versehen wird,
- Umformen des Faserwerkstofffrohlings zu einem Faserwerkstoffverbundbauteil und
- Entnahme des Faserverbundwerkstoffbauteils.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Faserwerkstofffrohling auf dem Wickelrahmen bereitgestellt, wobei der Wickelrahmen zugleich als Transportrahmen und Spannrahmen dient. Der Faserwerkstofffrohling wird dann mit dem Wickelrahmen in ein Umformwerkzeug eingelegt, wobei ein in dem Innenbereich des Wickelrahmens angeordneter flächiger Bereich des Faserwerkstoffes innerhalb des Umformwerkzeugs umgeformt wird. Das Umformwerkzeug besteht beispielsweise im Rahmen der Erfindung aus einem Oberwerkzeug und einem Unterwerkzeug, dass dann analog zu einem Blechumformwerkzeug zusammenfährt und einen Formhohlraum aufweist. Innerhalb des Formhohlraums wird dann das Faserverbundwerkstoffbauteil hergestellt.

Damit der Faserwerkstoff nach dem Umformvorgang Festigkeit erlangt, wird der auf dem Wickelrahmen bereit gestellte Faserwerkstofffrohling vor oder aber während des Umformprozesses mit Matrixharz versehen. Beispielsweise wird das Matrixharz mittels einer Sprühvorrichtung auf den Faserwerkstofffrohling aufgetragen. Ebenfalls ist es

möglich, dass das Matrixharz bereits innerhalb des Faserwerkstofffrohlings vorhanden ist und dann durch chemische Additive, beispielsweise die Zugabe eines Aktivators oder aber eines Härters oder aber durch thermische Einwirkung, beispielsweise durch Temperatureinwirkung, aktiviert wird, so dass der Faserwerkstofffrohling mit dem Matrixharz umformbar ist und anschließend beginnt auszuhärten, so dass das hergestellte Faserverbundwerkstoffbauteil eine entsprechende Steifigkeit erhält.

Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, dass das Matrixharz oder aber ein Thermoplast bereits vorher innerhalb des Faserwerkstofffrohlings eingebracht ist, beispielsweise durch eine eingewickelte thermoplastische Folie. Während des Umformverfahrens ist es somit möglich, durch Temperatureinwirkung das Thermoplast zum Schmelzen zu bringen und sich homogen innerhalb der Fasern zu verteilen.

Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, dass der Faserwerkstoff innerhalb des Formwerkzeugs geformt wird und dann während des Formvorgangs oder nach dem Formvorgang Matrixharz in den Formhohlraum eingeführt wird.

Im Anschluss an den Formvorgang wird dann der zu dem Faserverbundwerkstoffbauteil geformte Faserverbundwerkstoff aus dem Formwerkzeug entnommen.

Im Rahmen der Erfindung wird auf dem Umformwerkzeug insbesondere ein Faserwerkstofffrohling umgeformt, der auf zwei, insbesondere drei oder mehr aufeinander gestapelten Rahmen ausgebildet ist. Die so aufeinander gestapelten mindestens zwei Rahmen werden in das Umformwerkzeug eingelegt und gleichzeitig umgeformt, so dass sich ein mehrlagiges, mindestens zweilagiges, insbesondere bei regulär umwickelten Rahmen vierlagiges, Faserverbundwerkstoffbauteil ausgebildet wird.

Weiterhin wird besonders bevorzugt der Wickelrahmen vor und/oder während dem Umformverfahren entfernt. Im Rahmen der Erfindung ist es natürlich auch möglich, dass der Wickelrahmen, der während des Umformverfahrens insbesondere als Spannrahmen dient, nach dem Umformverfahren von dem umgeformten Faserverbundwerkstoffbauteil entfernt wird. Insbesondere erfolgt das Entfernen durch Ausschneiden bzw. Abschneiden oder aber Abtrennen durch ein Stanzverfahren.

Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, dass bei dem Herstellungsverfahren für das Faserverbundwerkstoffbauteil der Wickelrahmen vor dem Umformverfahren entfernt wird. Im Rahmen der Erfindung ist hierunter zu verstehen, dass der Wickelrahmen bereits während oder nach dem Herstellungsverfahren für den Faserwerkstofffrohling entfernt wird, wobei hier dann der auf dem Wickelrahmen gewickelte, flächige Faserwerkstoffbereich als Faserwerkstofffrohling übrig bleibt. Dieser kann als Gewebe bzw. Gelege insbesondere bei omnidirektonaler Wicklung dann flächig, beispielsweise durch Vakuumgreifer oder aber Nagelgreifer, in das Umformwerkzeug transportiert werden.

Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, dass der Faserwerkstoff durch ein zusätzliches Härtemittel eine derartige Steifigkeit besitzt, dass die insbesondere omnidirektional gewickelten Faserstrangabschnitte sich nicht gegenseitig entwirren, sondern relativ zueinander lagefixiert angeordnet sind. Auch hier erfolgt dann ein Transfer mittels eines Manipulators oder aber auch mittels eines Vakuumgreifers oder Nagelgreifers oder einer sonstigen Greifvorrichtung in das Umformwerkzeug.

Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, dass der Wickelrahmen während des Umformverfahrens entfernt wird. Im Rahmen der Erfindung ist es vorstellbar, dass in dem Umformwerkzeug selber derartige Stanz- oder Schneidvorrichtungen angeordnet sind, die bei Schließen des Umformwerkzeugs den Wickelrahmen von den ebenen bzw. flächigen Faserverbundwerkstoff und/oder den bereits umgeformten Faserverbundwerkstoffbauteil abtrennen. Im Rahmen der Erfindung ist es insbesondere vorteilhaft, dass die randseitig angeordneten Fasern, insbesondere die den Rahmen bzw. den Rand umgreifenden, auf den Wickelrahmen gewickelten Fasern nicht durch das Umformverfahren selber mit Matrixharz oder einem sonstigen Härtemittel benetzt sind und somit ohne Härtemittelverschmutzungen einem Recyclingprozess, beispielsweise der Herstellung eines Vlieses aus Recyclingfasern, direkt zugeführt werden können.

Im Rahmen der Erfindung ist bei Einsatz insbesondere eines elastisch verformbaren Wickelrahmens der Wickelrahmen derart als Spannrahmen nutzbar, dass die nach innen ziehenden Faserstränge während des Umformverfahrens den Wickelrahmen kontrahieren und gleichzeitig durch die radial nach außen wirkenden Kräfte des

Wickelrahmens eine Zugkraft auf die Faserstränge aufgebracht wird, die ein insbesondere faltenfreies Anschmiegen dieser in dem Formhohlraum ermöglichen.

Im Rahmen der Erfindung ist es möglich, den Wickelrahmen derart auf das Umformwerkzeug abzustimmen, dass bei geschlossenem Umformwerkzeug der Wickelrahmen nahezu stoßend an der Außenseite der Formhälften anliegt. Hierdurch wird das Herstellungsverfahren derart optimiert, dass ein faltenfreies Einziehen der Fasern während des Umformvorgangs in den Formhohlraum ermöglicht wird und gleichzeitig durch nicht nach außen überstehende Fasern, allenfalls die Fasern, die um den Wickelrahmen gewickelt sind, ein sehr geringer Verschnitt bzw. Produktionsrest entsteht, was die Produktionskosten wiederum enorm senkt.

Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin vorstellbar, dass der Wickelrahmen eine umlaufende Nut auf dem äußeren Rahmen aufweist, wobei während des Umformverfahrens ein Niederhalter oder aber ein Teil des Umformwerkzeugs selber in die Nut einfährt und den in Richtung zu dem außen liegenden Wickelrahmen stehenden Teil des Faserwerkstoffrohlings abschneidet bzw. abtrennt. Ein separater Schneidvorgang ist somit nicht erforderlich, wobei nach vollständigem Aushärten des Faserverbundwerkstoffbauteils die Schnittkante entsprechend noch durch spanabhebende oder aber Schneidmaßnahmen formgenau an den Zielverwendungszweck angepasst wird.

Im Rahmen der Erfindung wird weiterhin der Wickelrahmen während des Umformens und/oder nach dem Umformen abgeschnitten, vorzugsweise wenn das Umformwerkzeug noch geschlossen ist, oder der Wickelrahmen wird nach Entnahme des geformten Faserverbundwerkstoffbauteils abgeschnitten. Im Rahmen der Erfindung ist hier je nach Anwendungsfall des herzustellenden Bauteils und des verwendeten Wickelrahmens eine entsprechend vorteilige Ausbildung auszuwählen. So wird beispielsweise bei lokal hohen Umformgraden und starker Kontraktion des Wickelrahmens ein Abschneiden während und/oder nach dem Umformen bevorzugt, so dass nicht die stark radial nach außen wirkenden Kräfte des Wickelrahmens nach dem Öffnen des Formwerkzeugs das geformte Faserverbundwerkstoffbauteil wieder entformen. Bei einem verwendeten Wickelrahmen, beispielsweise aus Stahl oder

metallischen Werkstoffen, insbesondere leichtmetallischen Werkstoffen, der während des Umformverfahrens kaum oder nur in zu vernachlässigender Weise elastisch kontrahiert wird, ist ein weiteres Händeln des hergestellten Faserverbundwerkstoffbauteils mit Hilfe des Rahmens unter Umständen vorteilhaft, weshalb der Rahmen erst nach dem Umformvorgang und nach Entnahme des geformten Faserverbundwerkstoffbauteils aus dem Umformwerkzeug von diesem abgeschnitten wird.

Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, dass der Wickelrahmen eine seitlich umlaufende Nut aufweist, wobei eine Schneidvorrichtung, beispielsweise ein Messer oder aber eine Säge, mithin ein Trennmittel in die Nut eingreift und um den erfindungsgemäßen Wickelrahmen geführt wird und somit die auf den Wickelrahmen gewickelten Faserstränge derart durchschneidet, dass sie von dem Wickelrahmen entnehmbar sind.

Insbesondere ergibt sich bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren mit einem Wickelrahmen der Vorteil, dass der auf den Wickelrahmen geführte Teile des Faserwerkstoffes zwar als Verschnitt und somit als Produktionsrest anfällt, dieser jedoch insbesondere nicht matrixharz- oder aber thermoplastbehaftet ist, mithin nicht härtemittelbehaftet ist und in einfacher Art und Weise recycelt werden kann.

Im Rahmen der Erfindung wird weiterhin der Faserwerkstofffrohling vor, während und/oder nach der Umformung in dem Umformwerkzeug wärmebehandelt. Insbesondere findet die Wärmebehandlung in dem Umformwerkzeug selber statt. Im Rahmen der Erfindung wird bevorzugt der Faserwerkstofffrohling vor Einlegen in das Umformwerkzeug mit einem Matrixharz beaufschlagt oder aber die Fasern sind bereits vorimprägniert und/oder in einem weiteren Anwendungsfall ist es möglich, dass durch den Einsatz von Thermoplasten, beispielsweise als thermoplastischer Kern oder aber als eingewickelte Folie oder aber als beschichtete Faserstränge, eine thermische Aktivierung der vorbeschriebenen Härteverbundmaterialien erforderlich ist.

Der Wickelvorgang selber und die Handhabung des auf den Wickelrahmen gewickelten Faserwerkstofffrohlings ist im Rahmen der Erfindung besonders sauber, d. h. ohne

herabtropfende Härtematerialien, möglich. Die Härtematerialien sind im kalten Zustand, also bei in etwa Raumtemperatur, selbst in einem festen Zustand oder aber in einem sehr zähflüssigen oder aber geleeartigen Zustand, so dass ein Heruntertropfen und somit ein Verschmutzen der Produktionsanlage weitestgehend vermieden wird. Durch die thermische Einwirkung erfolgt zunächst ein Verflüssigen der vorbeschriebenen Härtematerialien und direkt anschließend ein Aushärtevorgang, der dem herzustellenden Faserverbundwerkstoffbauteil die nötige Festigkeit verleiht.

Insbesondere beim Einsatz von Thermoplasten schmelzen diese auf und festigen sich wiederum durch die Abkühlung. Matrixharzwerkstoffe werden aktiviert und vermischen sich insbesondere mit einem in dem Matrixharz enthaltenen Härter, so dass anschließend ein chemischer Aushärteprozess stattfindet. Dieser kann auch temperaturgebunden sein. Durch die insbesondere Wärmebehandlung innerhalb des Umformwerkzeugs selber wird somit vermieden, dass eines der vorbeschriebenen Härtematerialien auf die Produktionsanlage herabtropft oder aber diese verschmutzt.

Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin möglich, den Faserwerkstofffrohling während oder nach der Umformung, vorzugsweise in dem Umformwerkzeug, nicht nur wärmezubehandeln, sondern optional oder aber alternativ auch zu kühlen. Im Falle ergänzender Wärmebehandlung und Kühlbehandlung finden diese zeitlich aufeinanderfolgend oder aber zeitlich voneinander getrennt statt. Sofern nur eine Wärmebehandlung oder aber nur eine Kühlung stattfindet, können durch Anordnung von Wärmequellen, beispielsweise von Infrarotstrahlern, oder aber von Kühlungsmöglichkeiten, beispielsweise durch eine Gebläsekühlung, die entsprechenden Vorgänge vorgenommen werden.

Weiterhin kann eine Verschmutzung des Umformwerkzeugs selbst durch Einlegen von Trennfolien oder aber durch ein Beschichten des Umformwerkzeugs selbst mit Trennmitteln vermieden werden, so dass sich insgesamt ein sehr sauberer Produktionsprozess ergibt, der gleichzeitig eine hohe Produktionsstabilität bei geringen Produktionstoleranzen sicherstellt und aufwendige Reinigungs- und Instandhaltungskosten der Produktionsanlage vermeidet.

Weitere Vorteile, Merkmale, Eigenschaften und Aspekte der vorliegenden Erfindung sind Bestandteil der folgenden Beschreibung. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den schematischen Figuren dargestellt. Diese dienen dem einfachen Verständnis der Erfindung. Es zeigen:

- Figur 1 einen erfindungsgemäßen Wickelrahmen;
- Figur 2 eine erfindungsgemäße Wickelvorrichtung mit Wickelrahmen;
- Figur 3a bis f einen erfindungsgemäßen Wickelrahmen während der Bewicklung;
- Figur 4 eine Detailansicht des Randes des Wickelrahmens;
- Figur 5a bis c verschiedene Zahnformen auf dem Rand des Wickelrahmens;
- Figur 6a bis d einen erfindungsgemäßen Wickelrahmen mit verschiedenen Wickelrichtungen;
- Figur 7a bis b einen Wickelrahmen vor und nach der Umformung;
- Figur 8a bis c einen erfindungsgemäßen Wickelrahmen während des Umformvorgangs;
- Figur 9 einen erfindungsgemäßen Wickelrahmen in einer Querschnittsansicht mit eingewickeltem Kern;
- Figur 10a bis c einen erfindungsgemäßen rechteckigen Wickelrahmen mit verschiedenen Bewicklungen;
- Figur 11a bis c vier aufeinander gestapelte Wickelrahmen.

In den Figuren werden für gleiche oder ähnliche Bauteile die gleichen Bezugszeichen verwendet, auch wenn eine wiederholte Beschreibung aus Vereinfachungsgründen entfällt.

Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Wickelrahmen 1 in einer Draufsicht. Der Wickelrahmen 1 weist dabei einen außen umlaufenden Rahmen 2 auf, wobei der

Rahmen 2 wiederum einen den Rahmen 2 außen berandenden Rand 3 aufweist. Auf dem Rand 3 sind in Abständen zueinander Zähne 4 angeordnet. Exemplarisch ist ein Faserstrang 5 auf den Wickelrahmen 1 gewickelt, wobei der Faserstrang 5 jeweils am Rand 3 den äußeren Rahmen 2 des Wickelrahmens 1 umfasst und in einem Zahnzwischenraum 6 zur Anlage kommt und dort formschlüssig gehalten wird. Der Wickelrahmen 1 weist ferner eine Vorderseite 7 und eine nicht sichtbare Rückseite auf, wobei die Rückseite auf der der Vorderseite 7 gegenüberliegenden Seite des Wickelrahmens 1 ausgebildet ist.

Der Wickelrahmen 1 weist einen Innenbereich 8 auf, der von dem außen umlaufenden Rahmen 2 eingeschlossen ist. Zwischen dem außen umlaufenden Rahmen 2 ist ein Innendurchmesser 9 ausgebildet, wobei der Wickelrahmen 1 ebenfalls einen Außendurchmesser 10 aufweist, und der Außendurchmesser 10 je nach Anwendungsfall inklusive oder aber exklusive der Zähne 4 zu sehen ist.

Figur 2 zeigt eine erfindungsgemäße Wickelvorrichtung 11, wobei die Wickelvorrichtung 11 zur Aufnahme des erfindungsgemäßen Wickelrahmens 1 ausgebildet ist. Hierzu besitzt die Wickelvorrichtung 11 Stützrollen bzw. Führungsrollen 12, die den Wickelrahmen 1 umfangsseitig umfassen. Die Führungsrollen 12 können dabei jeweils in translatorischer Richtung 13 verschoben werden, so dass die Wickelvorrichtung 11 zur Aufnahme von Wickelrahmen 1 mit verschiedenen Außendurchmessern 10 geeignet ist.

Der Wickelrahmen 1 erfährt eine Drehbewegung 14 um seinen Mittelpunkt 15, so dass ein auf einer Spule 16 bereit gestellter Faserstrang 5 von der Spule 16 abgewickelt wird und auf den Wickelrahmen 1 aufgewickelt wird. Ein Mitführen des Faserstrangs 5 erfolgt aufgrund des formschlüssigen Eingriffs des Faserstrangs 5 in die Zahnzwischenräume 6 der auf dem äußeren Rand 3 des Wickelrahmens 1 angeordneten Zähne 4.

Im Rahmen der Erfindung wird hier dargestellt der Wickelrahmen 1 von einer Antriebsrolle 17 angetrieben, so dass er die Drehbewegung 14 ausführt. Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, den Wickelrahmen 1 an seinem Mittelpunkt 15 aufzuhängen und dann auch über den Mittelpunkt 15 anzutreiben, so dass beispielsweise

andere Außenkonturen des Wickelrahmens 1 mit dem erfindungsgemäßen Wicklungsverfahren bewickelbar sind. Beispielsweise sind dies eckige, insbesondere rechteckige, Außenkonturen.

Der Wickelrahmen ist dann beispielsweise analog einem Speichenrad aufgebaut. In der Mitte ist eine Nabe angeordnet und der außen umlaufende Felgenkranz, hier der Wickelrahmen, ist über Speichen mit der Nabe verbunden. Die Speichen können selbst aus Fasersträngen ausgebildet sein, so dass die Nabe und der Wickelrahmen aus dem fertig gewickelten Faserwerkstofffrohling problemlos heraustrennbar sind. Ebenfalls können die Speichen aus einem anderen Material ausgebildet sein, das in dem Faserwerkstofffrohling verbleiben kann.

Figur 3a bis f zeigen einen erfindungsgemäßen Wicklungsvorgang auf den erfindungsgemäßen Wickelrahmen 1. Zunächst wird ein freies Ende 18 des Faserstrangs 5 an dem Wickelrahmen 1 befestigt. Anschließend wird der Wickelrahmen 1 in eine Drehbewegung 14 versetzt und wickelt somit den Faserstrang 5 von der Spule 16 ab und auf den Wickelrahmen 1 auf. Hierzu wird die Spule 16 von einer Vorderseite 7 des Wickelrahmens 1 in Richtung 21 zu einer Rückseite 19 des Wickelrahmens 1 bewegt, wobei die Rückseite 19 auf der der Vorderseite 7 gegenüberliegenden Seite angeordnet ist. Dabei kommt der Faserstrang 5 in einem Zahnzwischenraum 6 auf dem äußeren Rand 3 des Wickelrahmens 1 zum formschlüssigen Eingriff.

Im Anschluss daran erfährt der Wickelrahmen 1 gemäß Figur 3b eine weitere Drehbewegung 14, wobei die Drehbewegung 14 sukzessive aufeinander folgend ausgeführt werden kann oder aber kontinuierlich. Hierdurch wickelt sich der Faserstrang 5 weiter von der Spule 16 ab und auf den Wickelrahmen 1 auf. Damit ein in Form eines Rovings, also eines unverdrehten, nebeneinander liegenden Faserstranges 5, keine ungewollte Verdrehung in sich und somit eine Schwächung des später herzustellenden Faserverbundwerkstoffbauteils erfährt, wird die Spule 16 in Rotationsrichtung 20 um ihre Hochachse H gedreht, so dass ein gleichmäßig flächiges Bespannen des Wickelrahmens 1 mit dem Faserstrang 5 erfolgen kann.

In Figur 3c und d dargestellt wird die Spule 16 wieder von der Rückseite 19 des Wickelrahmens 1 auf die Vorderseite 7 in Richtung 21 bewegt, so dass wieder an einem weiteren Zahnzwischenraum 6 der Faserstrang 5 zur formschlüssigen Anlage kommt und somit der Wickelrahmen 1 weiter bewickelt wird. Dieser Schritt ist überführend dargestellt in Figur 3d.

Gemäß Figur 3e wird dann die Spule 16 wiederum um eine Rotationsrichtung 20 um ihre Hochachse H gedreht, wobei die Rotationsrichtung 20 gemäß Figur 3e der Rotationsrichtung 20 gemäß Figur 3b und c entgegengesetzt ist. Hierdurch wird, wie bereits eingangs erwähnt, ein Verdrehen des Faserstrangs 5 verhindert. Die Spule 16 wird dann in Figur 3f dargestellt wieder von einer Vorderseite 7 des Wickelrahmens 1 zu einer Rückseite 19 des Wickelrahmens 1 in Richtung 21 bewegt, so dass wiederum ein erneuter formschlüssiger Eingriff in einem Zahnzwischenraum 6 durch den Faserstrang 5 erfolgt.

Figur 4 zeigt eine Detailansicht des Rahmens 2, wobei der Rahmen 2 auf seinem äußereren Rand 3 umlaufend Zähne 4 angeordnet hat. Zwischen den Zähnen 4 ist jeweils der Zahnzwischenraum 6 ausgebildet, wobei zwei Zähne 4 zueinander einen Abstand 22 zueinander aufweisen. Wie hier dargestellt, sind es die Zahnspitzen 23, die einen entsprechenden Abstand 22 zueinander aufweisen, im Rahmen der Erfindung können die Zähne 4 jedoch auch rechteckig konfiguriert sein, so dass dann der Abstand 22 von einer Zahnflanke 24 zur nächsten Zahnflanke 24 zu sehen ist. Bei den hier dargestellten spitzen Zähnen 4 ist in den Zahnzwischenräumen 6 ein Talbereich 25 ausgebildet. In dem Talbereich 25 legt sich der Faserstrang 5 derart an, dass er seine ursprüngliche Breite 26 im Wesentlichen beibehält, jedoch nicht verdreht oder verdrillt wird. Hierdurch wird ein flächiges Anliegen des Faserstranges 5 auf der hier dargestellten Vorderseite 7, aber auch auf der Rückseite 19 des Wickelrahmens 1 über den Talbereich 25 hinweg gewährleistet.

Figur 5a bis c zeigen verschiedene Ausführungsvarianten der Zähne 4 auf dem Rahmen 2. Figur 5a zeigt spitz zulaufende Zähne 4 mit Zahnspitzen 23, wobei zwischen den Zähnen 4 ein Talbereich 25 ausgebildet ist. Die Zahnspitzen 23 weisen jeweils einen Abstand 22 zueinander auf. Figur 5b zeigt Zähne 4, die eine säbelartige oder aber

haifischflossenartige Krümmung aufweisen, wobei sich zwischen den Zähnen 4 ebenfalls ein Talbereich 25 ausbildet. Die Spitzen der Zähne 4 weisen wiederum einen Abstand 22 zueinander auf. Die Ausführungsvariante gemäß Figur 5c zeigt zwei spitz zulaufende Zähne 4, wobei die Zähne 4 jeweils eine Zahnspitze 23 aufweisen. Zwischen den zwei Zähnen 4 erstreckt sich ein Abstand 27 auf dem Rand 3, so dass in der Breite des Abstandes 27 eine auf dem Rand im Wesentlichen gerade Auflagefläche für den nicht näher dargestellten Faserstrang erfolgt.

Figur 6a bis d zeigen verschiedene Bewicklungsmuster eines erfindungsgemäßen Wickelrahmens 1 mit einem Faserstrang 5. Gemäß Figur 6a ist der Wickelrahmen 1 mit dem Faserstrang 5 in unidirektonaler Richtung 28 aufgewickelt. Dies bedeutet, dass alle Faserstränge 5 in eine Richtung orientiert sind, also parallel zueinander verlaufen. Die Bewicklung kann derart erfolgen, dass sich zwischen den Fasersträngen 5, wie hier dargestellt, ein Zwischenraum 29 ergibt, die Faserstränge 5 können jedoch auch so dicht auf den Wickelrahmen 1 gewickelt sein, dass sie ohne Zwischenraum 29 nebeneinander oder aber teilweise überlappend angeordnet sind. Im Innenbereich 8 des Wickelrahmens 1 entsteht somit ein im Wesentlich flächig ausgebildeter Faserwerkstofffrohling 30.

Gemäß der Figur 6b ist eine Bewicklung in zwei unidirektionale Richtungen 28 möglich, wobei dann die zwei unidirektionale Richtungen 28 in einem Winkel α zueinander angeordnet sind. Hier dargestellt ist ein Winkel α von im Wesentlichen 90° , es ist jedoch auch jede beliebige Winkellage der zwei unidirektionale Richtungen 28 zueinander möglich. Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, 3, 4 oder mehr unidirektionale Richtungen 28 auszubilden. Auch hier ergeben sich Zwischenräume 29, die je nach Art der Bewicklung, Dichte des Faserstrangs 5 und Materials als Freiräume ausgebildet sein können oder aber auch durch ein direktes benachbartes Anliegen der Faserstränge 5 zueinander gefüllt sein können.

Figur 6c zeigt eine weitere Ausführungsvariante als Bewicklungsmöglichkeit des Wickelrahmens 1, wobei hier die Fasern unidirektional übereinander gelegt sind. D. h. die Fasern von Vorderseite 7 und Rückseite des Wickelrahmens 1 sind jeweils in einem Winkel zueinander angeordnet, so dass sich ein entsprechend mehrdirektionales Geflecht für den im Innenbereich des Wickelrahmens 1 ergebenden

Faserwerkstofffrohlings einstellt. Die Dichte des Fasermaterials ist, in Figur 6c gut erkennbar, steuerbar, so dass ein Innenteil 31 gänzlich freibleibend ist und sich von dem Innenteil 31 zu dem äußeren Rand 3 erstreckend verschiedene Faserdichten einstellen.

Gemäß der Ausführung in Figur 6d ist der Wickelrahmen 1 derart exzentrisch mit dem Faserwerkstoff umwickelt worden, dass zwar ein Innenteil 31 gleich bleibend zu Figur 6c freibleibt, jedoch die Faserdichte sich zu einer Seite hin verlagert und auch dort konzentriert. Mit einem solch hergestellten Faserwerkstofffrohling ist es beispielsweise möglich, ein nicht näher dargestelltes, U-förmiges Faserwerkstoffverbundbauteil herzustellen, das dann in dem Bereich der höchsten Dichte seine höchste Festigkeit hat und beispielsweise zwei Ausleger mit geringeren Festigkeitsanforderungen aufweist. Der so in Figur 6d dargestellte Faserwerkstofffrohling ist optimal an das herzustellende Faserwerkstoffverbundbauteil angepasst, so dass wenig Verschnitt beim Herstellungsprozess auftaucht.

Figur 7a zeigt ein auf einem Wickelrahmen 1 hergestellten Faserwerkstofffrohling 30, der gemäß Figur 7b zu einem Faserwerkstoffverbundbauteil 32 umgeformt wurde. Der Winkelrahmen 1 des Faserwerkstofffrohlings 30 gemäß Figur 7a weist einen Außendurchmesser 10 auf, der größer ist, als der Außendurchmesser 33 des Wickelrahmens 1 des Faserwerkstoffverbundbauteils 32 nach dem Umformen. Dies erfolgt aufgrund einer Kontraktion 34 von allen Seiten zur gezielten Nachführung der in dem Faserverbundwerkstoffbauteil 32 ausgebildeten Faserorientierung. Durch die Wahl eines elastisch verformbaren Wickelrahmens 1, der entweder als verlorener Wickelrahmen 1 oder aber nach dem Ausschneiden des Faserverbundwerkstoffbauteils 32 aus dem Wickelrahmen 1 wieder verwendet werden kann, wird dies auch erreicht. Der Wickelrahmen 1 dient somit während des Umformvorgangs als Spannrahmen.

Ebenfalls dargestellt ist dieses in Figur 8a bis c, die den Umformprozess eines Faserwerkstofffrohlings 30, welcher auf einen erfundungsgemäßen Wickelrahmen 1 gewickelt ist, darstellen. Hierzu wird der Faserwerkstofffrohling 30 gemäß Figur 8 in ein Umformwerkzeug 35 eingelegt und positioniert. Anschließend wird das Umformwerkzeug 35 geschlossen, so dass sich der einen Außendurchmesser 10 aufweisende Wickelrahmen 1 kontrahiert 34 und dabei ein gezieltes Nachführen der

Fasern des Faserwerkstofffrohlings 30 in den Formhohlraum 36 ermöglicht. So wird auch im Bereich mit lokalen hohen Umformgraden 37 eine gezielte Faserausrichtung innerhalb des Umformwerkzeugs 35 durch den erfindungsgemäßen Wickelrahmen 1 ermöglicht.

Nach Abschluss des Umformverfahrens, dargestellt in Figur 8c, weist der Wickelrahmen 1 einen gegenüber dem ursprünglichen Außendurchmesser 10 verringerten Außendurchmesser 33 auf. Der kontrahierte bzw. verringerte Außendurchmesser 33 ist jedoch derart dimensioniert, dass ein sich dadurch einstellender Innendurchmesser 9 des Wickelrahmens 1 größer ist als ein Außendurchmesser 38 des Umformwerkzeugs 35. Hier ist jedoch erfindungsgemäß innerhalb des Produktionsprozesses abzustimmen, dass der sich während der Umformung einstellende Innendurchmesser 9 des Rahmens nur geringfügig größer ist als der Außendurchmesser 38 des Umformwerkzeugs 35, so dass möglichst geringe Verschnitte bzw. wenig Produktionsreste anfallen.

In Figur 9 ist ein erfindungsgemäßer Faserwerkstofffrohling 30 dargestellt, wobei der Faserwerkstofffrohling 30 auf einen erfindungsgemäßen Wickelrahmen 1 gewickelt ist. Der Wickelrahmen 1 weist dazu eine Vorderseite 7 und eine Rückseite 19 auf, wobei jeweils um den Rand 3 des Rahmens 2 die Faserstränge 5 gewickelt worden sind. Hierdurch ergibt sich auf der Vorderseite 7 eine erste Lage L1 und auf der Rückseite 19 eine zweite Lage L2, mithin ein zweilagiger Faserwerkstofffrohling 30. Zwischen den Lagen L1 und L2 ist ein Kern 39 eingewickelt worden, wobei der Kern 39 beispielsweise aus einem Füllkörper oder aber auch aus einem Harzmaterial oder aus einem Kunststoffmaterial gebildet sein kann. Der Kern 39 kann dann während des Umformprozesses als Füllkörper zur Formgebung dienen oder aber auch durch ein Aufschmilzen des Harzes für eine homogene Matrixharzverteilung innerhalb des Faserverbundwerkstoffbauteils genutzt werden.

Figur 10a bis c zeigen einen Wickelrahmen 1 mit einer rechteckigen Kontur, wobei innerhalb des Wickelrahmens 1 der Faserwerkstofffrohling 30 mit ebenfalls rechteckiger Kontur ausgebildet ist. Auch der Wickelrahmen 1 mit rechteckiger Kontur weist einen umlaufenden Rahmen 2 mit einem äußeren Rand 3 auf, wobei auf dem Rand 3 Zähne 4

angeordnet sind. Ebenfalls ist der rechteckig konfigurierte Wickelrahmen 1 durch zwei unidirektionale Faserrichtungen 28 umwickelt, wobei die zwei unidirektionale Faserrichtungen 28 einen Winkel α zueinander aufweisen, hier dargestellt einen in etwa rechteckigen Winkel α . In Figur 10c ist der rechteckig konfigurierte Wickelrahmen 1 in nur einer unidirektionale Richtung 28 mit einem Faserstrang 5 bewickelt worden.

Figur 11a bis c zeigen hier dargestellt jeweils 4 Wickelrahmen 1, die übereinander positioniert werden und somit dargestellt in Figur 11c einen aus 4 übereinander gestapelten Wickelrahmen 1 in deren Innenbereich 8 ausgebildeten Faserwerkstofffrohling 30 bereitstellen. Jeder der 4 Wickelrahmen 1 weist hierzu in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 11b eine unidirektionale Ausrichtung 28 der auf ihn gewickelten Faserstränge 5 auf. Hierdurch ergibt sich ein Faserwerkstofffrohling 30 gemäß Figur 11c, der 8 Lagen mit 4 unidirektionale Faserausrichtungen 28 aufweist, wobei jeweils 2 benachbarte Lagen auf einen Wickelrahmen 1 die gleiche Faserausrichtung aufweisen. Durch Kombination mit verschiedensten Faserausrichtungen, beispielsweise mit multidirektional oder aber omnididirektional ausgerichteten Fasern, oder aber auch gemäß Figur 6d mit exzentrisch angeordneten Faserdichten lässt sich so jeweils beliebig ein Faserwerkstofffrohling 30 für das herzustellende Faserverbundwerkstoffbauteil optimal bereitstellen.

Bezugszeichen:

- 1 - Wickelrahmen
- 2 - Rahmen
- 3 - Rand
- 4 - Zähne
- 5 - Faserstrang
- 6 - Zahnzwischenraum
- 7 - Vorderseite zu 1
- 8 - Innenbereich zu 1
- 9 - Innendurchmesser zu 2
- 10 - Außendurchmesser zu 2
- 11 - Wickelvorrichtung
- 12 - Führungsrollen
- 13 - translatorische Richtung
- 14 - Drehbewegung
- 15 - Mittelpunkt zu 1
- 16 - Spule
- 17 - Antriebsrolle
- 18 - freies Ende zu 5
- 19 - Rückseite
- 20 - Rotationsrichtung zu 16
- 21 - Bewegung der Spule von 7 zu 19 bzw. von 19 zu 7
- 22 - Abstand von 4 zu 4
- 23 - Zahnspitzen
- 24 - Zahnlanken
- 25 - Talbereich
- 26 - Breite zu 5
- 27 - Abstand von 5 auf 3
- 28 - unidirektionale Ausrichtung
- 29 - Zwischenraum
- 30 - Faserwerkstofffrohling

- 31 - Innenteil
- 32 - Faserwerkstoffverbundbauteil
- 33 - Außendurchmesser zu 2 nach Umformen
- 34 - Kontraktion
- 35 - Umformwerkzeug
- 36 - Formhohlraum
- 37 - lokal hoher Umformgrad
- 38 - Außendurchmesser zu 35
- 39 - Kern

α - Winkel

L1 - erste Lage

L2 - zweite Lage

H - Hochachse

Patentansprüche

1. Faserwerkstofffrohling zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils (32), vorzugsweise für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, wobei der Faserwerkstofffrohling (30) als auf einem Rahmen bereitgestellte Faserstrang (5) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Faserstrang (5) auf einen Wickelrahmen (1) gewickelt ist, wobei der Wickelrahmen (1) an einer außen umlaufenden Kante Fortsätze, insbesondere Zähne (4) aufweist.
2. Faserwerkstofffrohling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Faserstrang (5) unidirektional orientiert und/oder omnidirektional orientiert auf dem Wickelrahmen (1) aufgewickelt ist, wobei derselbe vorzugsweise in einem Innenbereich (8) hohl ausgebildet ist.
3. Faserwerkstofffrohling nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickelrahmen (1) eine Vorderseite (7) und eine Rückseite (19) aufweist, wobei auf der Vorderseite (7) oder auf der Rückseite (19) des Wickelrahmens (1) ein flächiger Bereich aus dem Faserstrang (5) ausgebildet ist oder dass auf der Vorderseite (7) und auf der Rückseite (19) jeweils ein flächiger Bereich aus dem Faserstrang (5) ausgebildet ist, wobei der Faserwerkstofffrohling (30) insbesondere durch den flächigen Bereich ausgebildet ist.
4. Faserwerkstofffrohling nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Faserstrangabschnitten des Faserwerkstofffrohlings (30), die sich über den Innenbereich (8) des Wickelrahmens (1) erstrecken, eine Folie eingewickelt ist, vorzugsweise eine thermoplastische Folie.
5. Faserwerkstofffrohling nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den zwei flächigen Bereichen im Innenbereich (8) zumindest abschnittsweise ein Kern (39) eingewickelt ist, vorzugsweise ein Kern (39) aus thermoplastischem Material, das durch thermisches Einwirken aufschmilzt.

6. Faserwerkstofffrohling nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (39) als Formkern ausgebildet ist, beispielsweise aus einem Füllmaterial und/oder dass der Formkern hohl ist.
7. Faserwerkstofffrohling nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (39) als verlorener Kern ausgebildet ist, vorzugsweise aus Sand und/oder Wachs.
8. Faserwerkstofffrohling nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickelrahmen (1) als Kern (39) ausgebildet ist, wobei der Wickelrahmen (1) im Innenbereich (8) zumindest abschnittsweise massiv ausgebildet ist und der Wickelrahmen (1) in einem Umformprozess aufschmilzt, wobei der Wickelrahmen vorzugsweise aus einem Thermoplast gebildet.
9. Faserwerkstofffrohling nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Wickelrahmen (1) miteinander gekoppelt sind, vorzugsweise liegen die zwei Wickelrahmen (1) flächig übereinander.
10. Faserwerkstofffrohling nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die flächigen Bereiche der zwei Wickelrahmen (1) zumindest abschnittsweise miteinander gekoppelt sind, insbesondere miteinander vernäht und/oder miteinander verklebt sind.
11. Faserwerkstofffrohling nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass voneinander verschiedene Faserwerkstoffe auf den Wickelrahmen (1) gewickelt sind, vorzugsweise aus der Gruppe der Carbonfasern, Glasfasern, Aramidfasern, Basaltfasern und/oder Metallfasern, wobei die insbesondere zwei voneinander verschiedenen Faserwerkstoffe in einem ungleichen Mengenverhältnis zueinander auf den Wickelrahmen (1) gewickelt sind.

12. Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffbauteils, unter Verwendung eines Faserwerkstofffrohlings (30) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- Bereitstellen eines Faserwerkstofffrohlings (30) auf einem Wickelrahmen (1),
- Einlegen des Faserwerkstofffrohlings (30) mit dem Wickelrahmen (1) in ein Umformwerkzeug (35), wobei der Faserwerkstofffrohling (30) vor oder während des Umformprozesses mit einem Matrixharz versehen wird und/oder mit einem aufschmelzendem Thermoplast versehen wird
- Umformen des Faserwerkstofffrohlings (30) zu einem Faserwerkstoffverbundbauteil (32) und
- Entnahme des Faserverbundwerkstoffbauteils (32).

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zwei, insbesondere drei oder mehr, aufeinander gestapelte Wickelrahmen in das Umformwerkzeug (35) eingelegt werden und die Faserwerkstofffrohlinge gleichzeitig umgeformt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickelrahmen (1) vor und/oder während dem Umformverfahren entfernt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickelrahmen (1) durch die nach innen ziehenden Faserstränge (5) während des Umformverfahrens kontrahiert wird, und vorzugsweise als Spannrahmen dient.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickelrahmen (1) eine umlaufende Nut aufweist, wobei während des Umformverfahrens ein Niederhalter oder ein Teil des Umformwerkzeuges (35) in die Nut einfährt und das in Richtung zu dem außenliegenden Wickelrahmen (1) stehende Teil des Faserwerkstofffrohlings (30) abschneidet.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickelrahmen (1) während des Umformens und/oder nach dem Umformen abgeschnitten wird, vorzugsweise wenn das Umformwerkzeug (35) noch geschlossen ist, oder dass der Wickelrahmen (1) nach Entnahme des geformten Faserverbundwerkstoffbauteils (32) abgeschnitten wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der über den Wickelrahmen (1) geführte Teil des Faserwerkstoffes Verschnitt ist, der vorzugsweise nicht matrixharzbehaftet ist und recyclet wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Faserwerkstofffrohling (30) vor, während und/oder nach der Umformung, vorzugsweise in dem Umformwerkzeug (35), wärmebehandelt und/oder gehärtet werden.

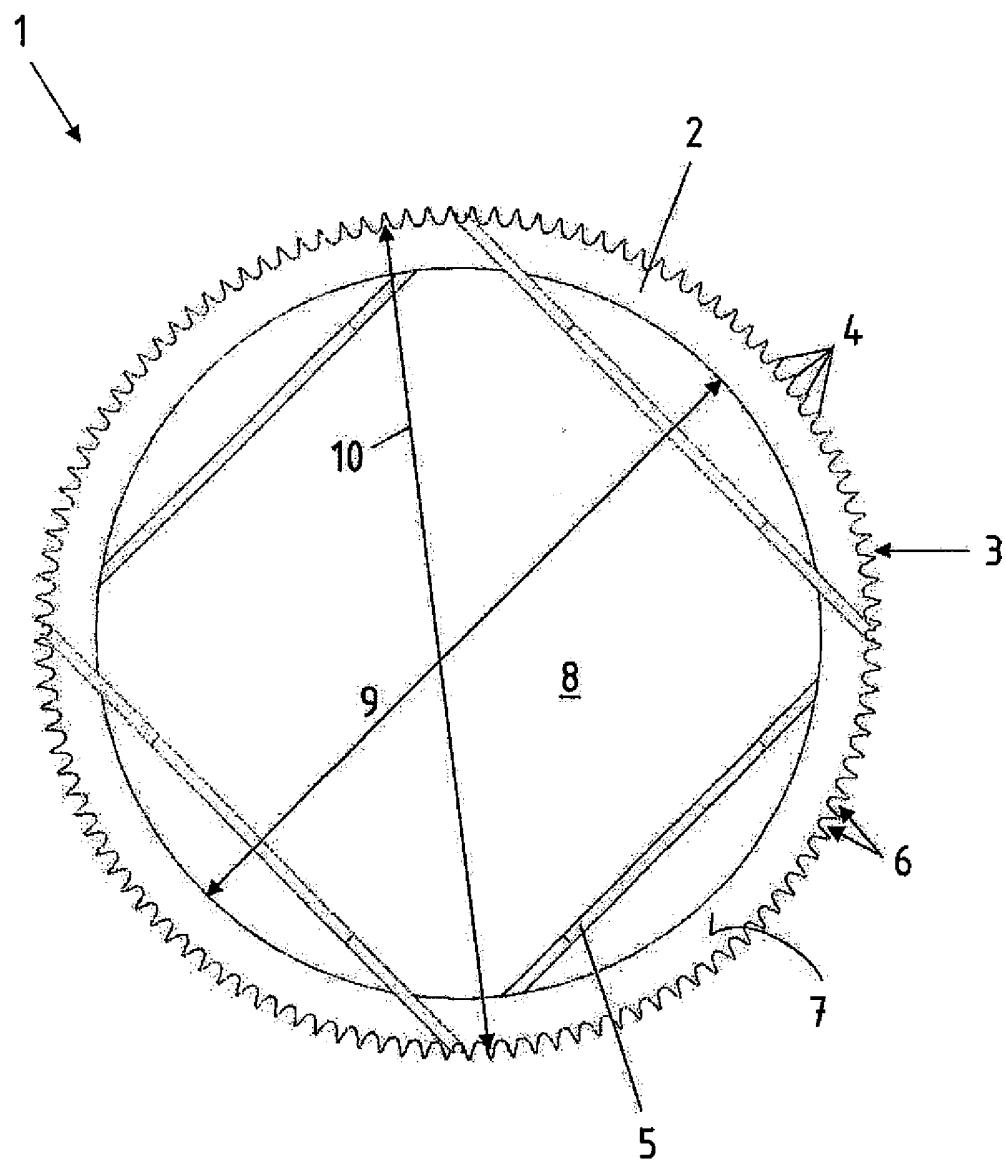


Fig. 1

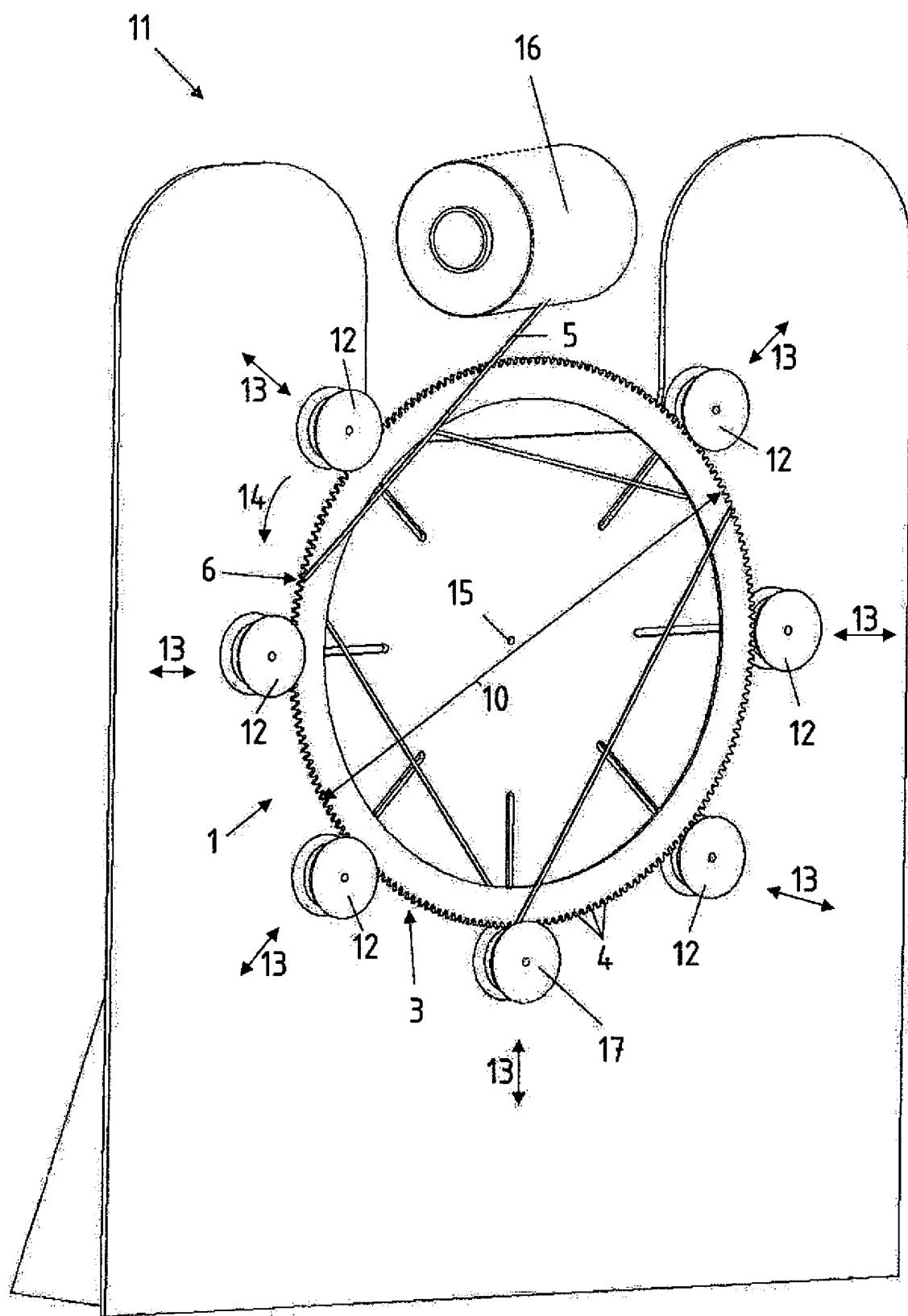


Fig. 2

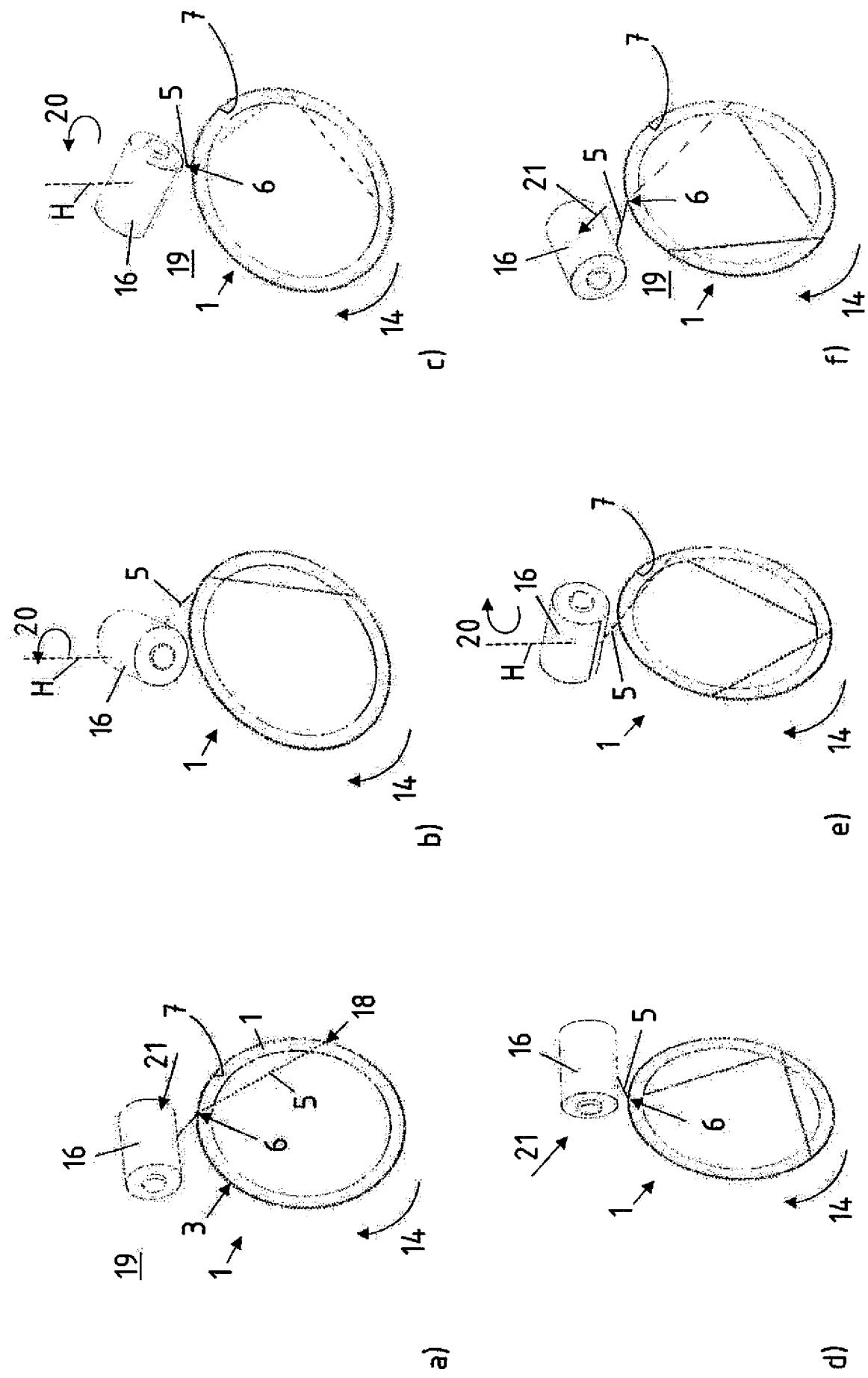


Fig. 3

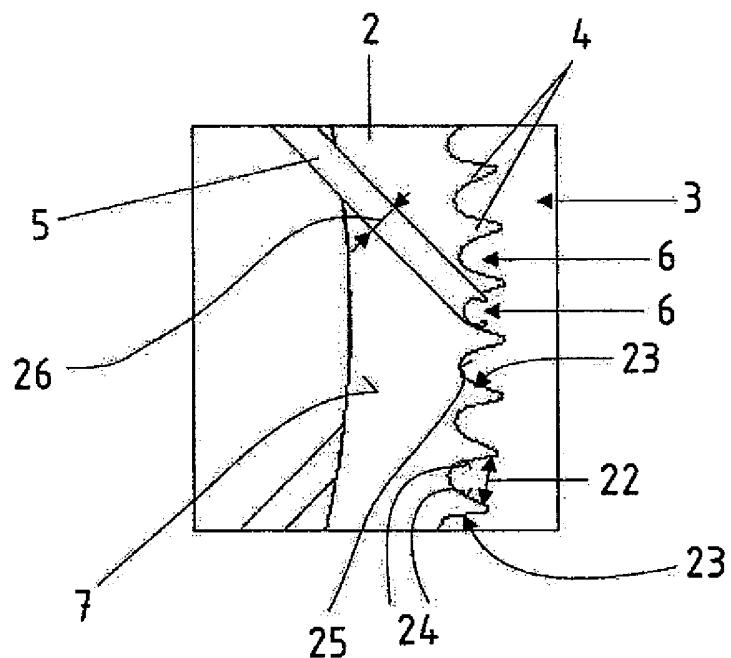


Fig. 4

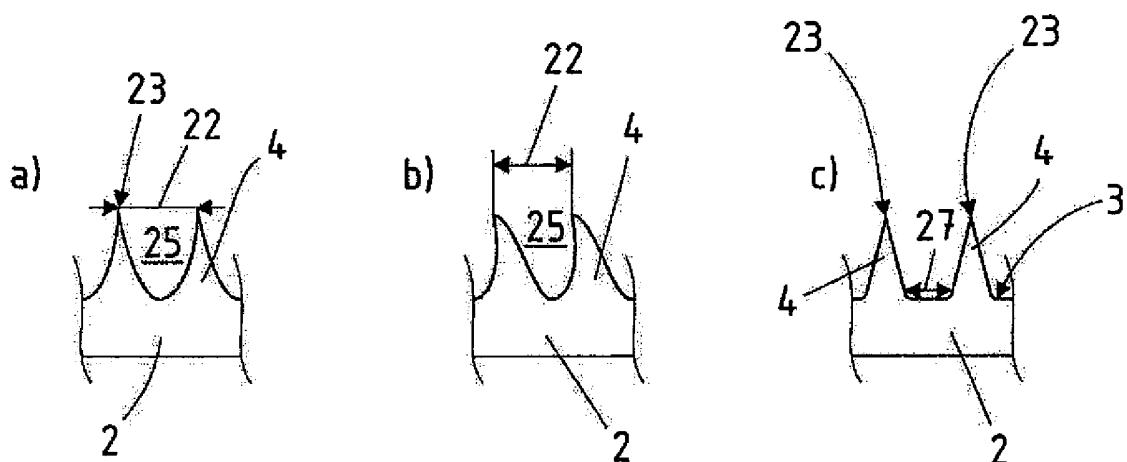


Fig. 5

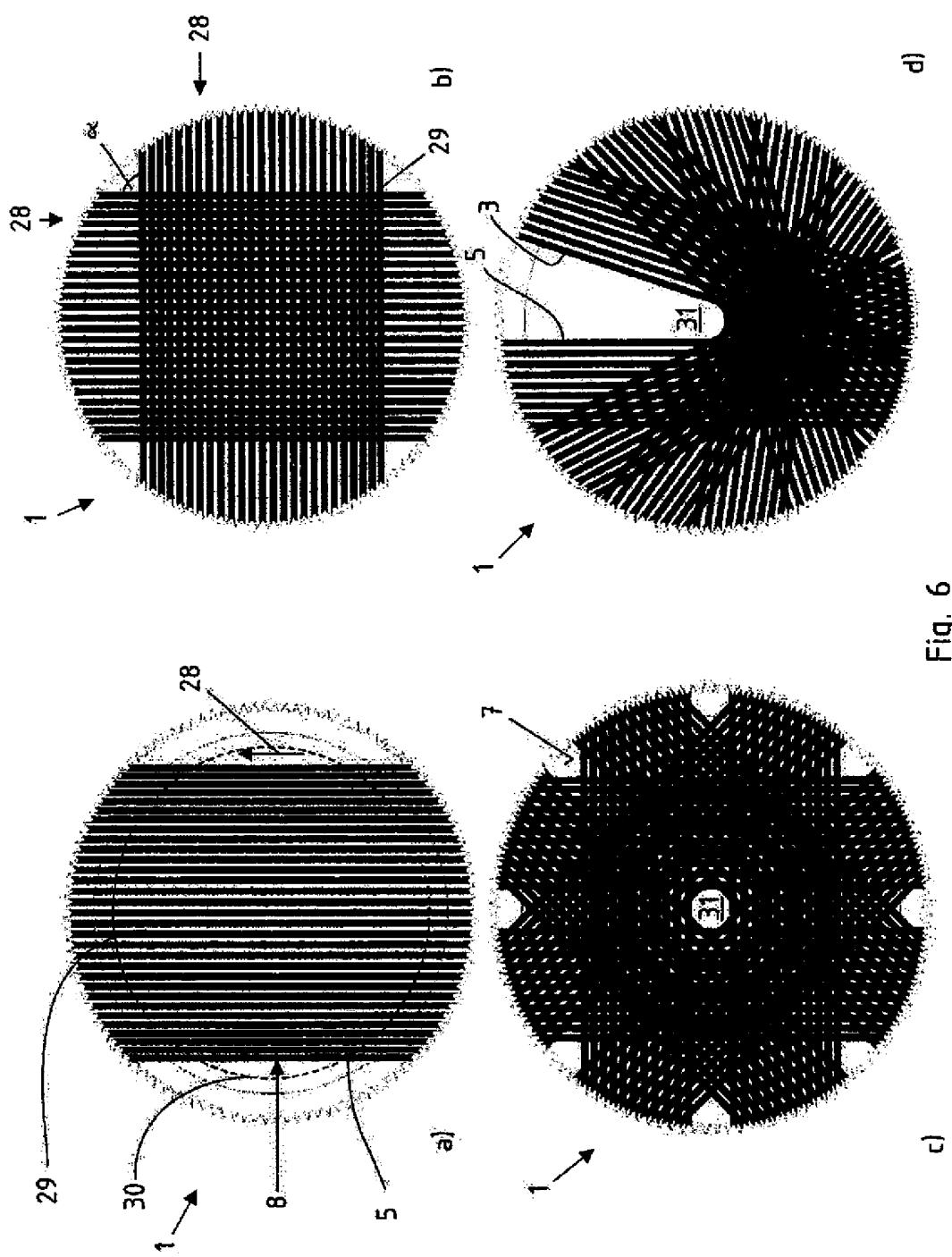


Fig. 6

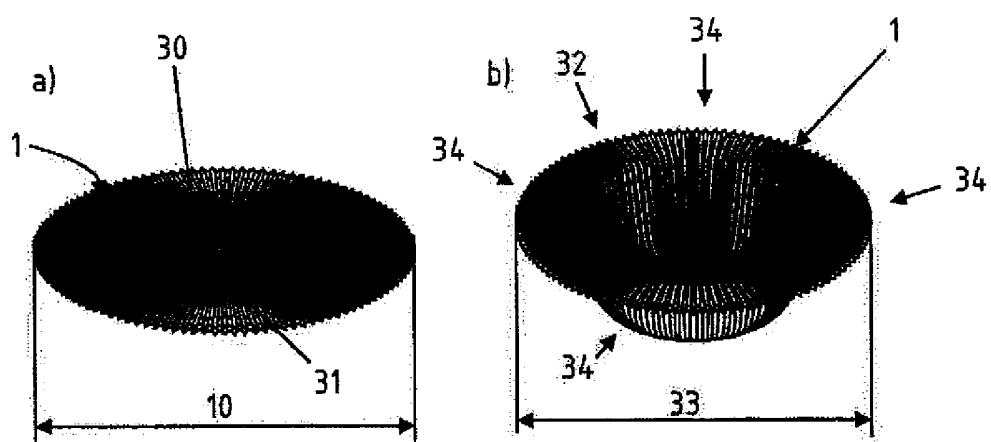


Fig. 7

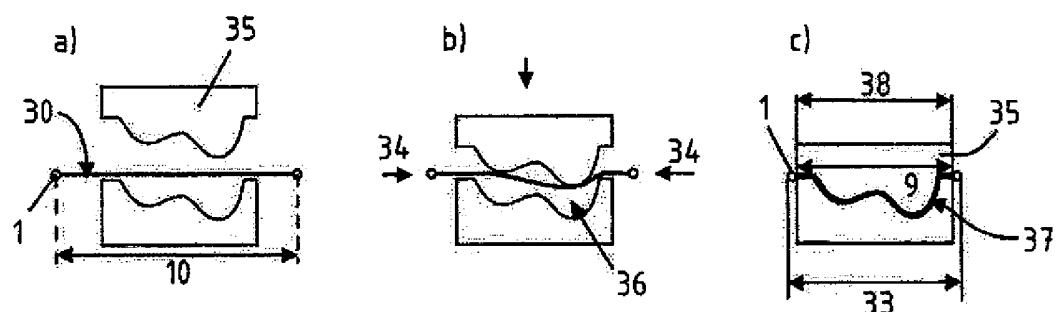


Fig. 8

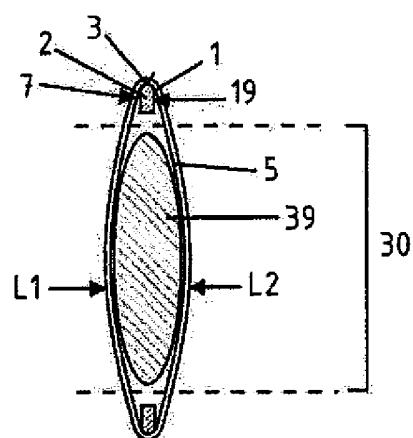


Fig. 9

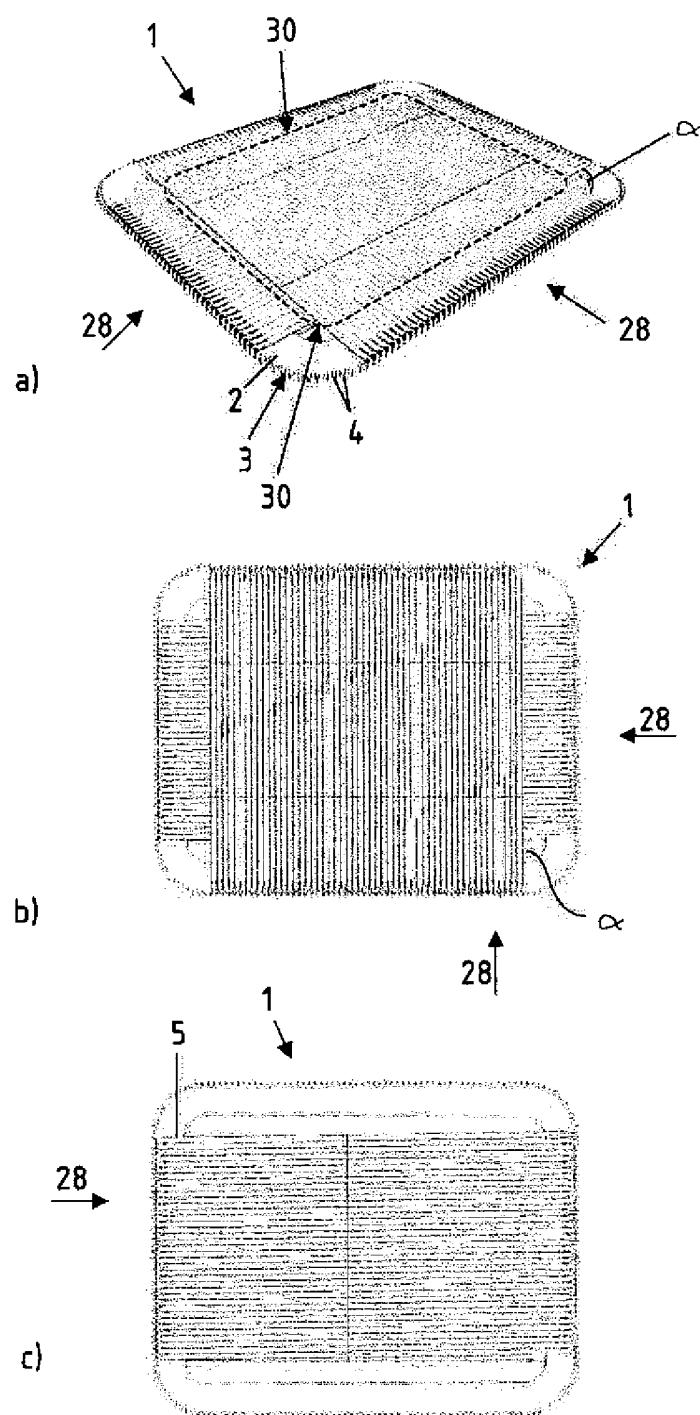


Fig. 10

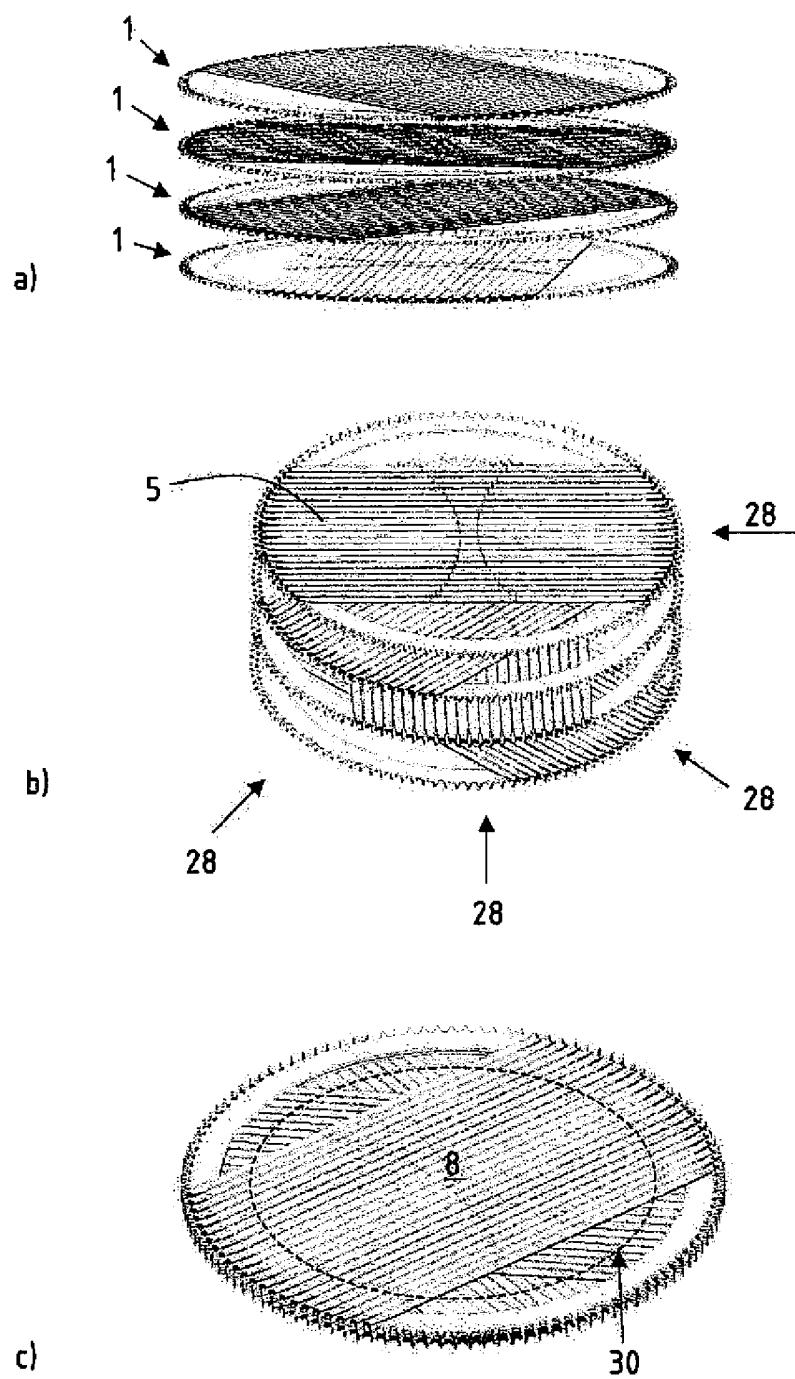


Fig. 11