



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 031 326 A1** 2008.01.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 031 326.7**

(22) Anmeldetag: **06.07.2006**

(43) Offenlegungstag: **10.01.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B29C 33/76** (2006.01)

B29C 33/48 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

(71) Anmelder:

Airbus Deutschland GmbH, 21129 Hamburg, DE

(74) Vertreter:

**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,
80801 München**

(72) Erfinder:

**Jacob, Torben, 21643 Beckdorf, DE; Piepenbrock,
Joachim, 21614 Buxtehude, DE**

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

DE 16 71 756 A

EP 00 02 711 A1

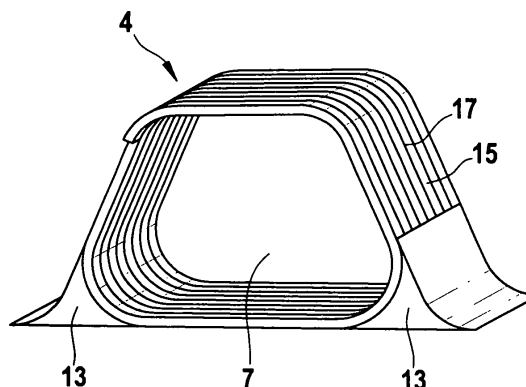
JP 08207134 A, Pat. Abstr. of Jp.;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils für die Luft- und Raumfahrt**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils (1), insbesondere für die Luft- und Raumfahrt, mit folgenden Verfahrensschritten: Ausbilden eines Formkerns (4) mit einem spiralförmigen Aufbau zum Festlegen einer äußeren Geometrie des Formkerns (4); wenigstens abschnittsweise Ablegen von wenigstens einem Faserhalbzeug (3) auf dem ausgebildeten Formkern (4) zur Formgebung von wenigstens einem Formabschnitt (14) des herzustellenden Faserverbundbauteils (1); und Beaufschlagen des wenigstens einen Formabschnitts (14) mit Wärme und/oder Druck zum Herstellen des Faserverbundbauteils (1); sowie ein entsprechender Formkern (4) und ein entsprechendes Faserverbundbauteil (1).



Beschreibung

samtgewicht des Flugzeugs nachteilig beiträgt.

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils, insbesondere für die Luft- und Raumfahrt, auf einen Formkern zur Herstellung eines derartigen Faserverbundbauteils und auf ein Faserverbundbauteil mit wenigstens einem Stringer, welches mittels eines solchen Formkerns und/oder eines solchen Verfahrens hergestellt ist.

[0002] Obwohl auf beliebige Faserverbundbauteile anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrunde liegende Problematik nachfolgend mit Bezug auf flächige, stringerversteifte Kohlefaserkunststoff (CFK)-Bauteile, beispielsweise Hautschalen eines Flugzeugs, näher erläutert.

[0003] Es ist allgemein bekannt, CFK-Hautschalen mit CFK-Stringern zu versteifen, um den hohen Belastungen im Flugzeugbereich bei möglichst geringem zusätzlichem Gewicht standzuhalten. Dabei werden im Wesentlichen zwei Arten von Stringern unterschieden: T- und Ω -Stringer.

[0004] Der Querschnitt von T-Stringern setzt sich aus der Basis und dem Steg zusammen. Die Basis bildet die Verbindungsfläche zur Hautschale. Die Verwendung von T-Stringern versteiften Hautschalen ist im Flugzeugbau weit verbreitet.

[0005] Ω -Stringer weisen in etwa ein Hutprofil auf, wobei dessen Enden mit der Hautschale verbunden sind. Ω -Stringer können entweder im ausgehärteten Zustand auf die ebenfalls ausgehärtete Schale geklebt, oder gleichzeitig mit der Schale Nass-in-Nass ausgehärtet werden. Letzteres wird angestrebt, weil dies prozesstechnisch günstiger ist. Zur Nass-in-Nass-Herstellung von mit Ω -Stringern versteiften Hautschalen sind jedoch Stütz- bzw. Formkerne notwendig, um die formlabilen Faserhalbzeuge während des Herstellungsprozesses in der gewünschten Ω -Form zu fixieren und abzustützen. Hautschalen mit Ω -Stringern weisen gegenüber T-Stringern den Vorteil einer besseren Infiltrierbarkeit während eines Infusionsverfahrens zum Einbringen einer Matrix, beispielsweise eines Epoxidharzes, in die Faserhalbzeuge auf. Infusionsverfahren können gegenüber anderen bekannten Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen, wie beispielsweise dem Prepreg-Verfahren, kostengünstig, weil dies die Verwendung von kostengünstigeren Faserhalbzeugen erlaubt.

[0006] Es besteht jedoch bei der Herstellung von Ω -Stringern das Problem, dass das gegenwärtig für den Stütz- bzw. Formkern verwendete Material kostenintensiv ist und nach dem Ausbilden der Ω -Stringern nur schwierig entfernt werden kann, so dass das in den Stringern verbleibende Material zu dem Ge-

[0007] Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstigeres und leichteres Faserverbundbauteil, insbesondere für die Luft- und Raumfahrt, bereitzustellen.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, einen Formkern mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14 und/oder durch ein Faserverbundbauteil mit den Merkmalen des Patentanspruchs 29 gelöst.

[0009] Demgemäß wird ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils, insbesondere für die Luft- und Raumfahrt, mit folgenden Verfahrensschritten bereitgestellt: Ausbilden eines Formkerns mit einem spiralförmigen Aufbau zum Festlegen einer äußeren Geometrie des Formkerns; wenigstens abschnittsweise Ablegen von wenigstens einem Faserhalbzeug auf dem ausgebildeten Formkern zur Formgebung von wenigstens einem Formabschnitt des herzustellenden Faserverbundbauteils; und Beaufschlagen des wenigstens einen Formabschnitts mit Wärme und/oder Druck zum Herstellen des Faserverbundbauteils.

[0010] Ferner wird ein Formkern zur Herstellung eines Faserverbundbauteils, insbesondere eines Stringers an einem Basisbauteil in der Luft- und Raumfahrt, mit einem spiralförmigen Aufbau bereitgestellt.

[0011] Weiterhin wird ein Faserverbundbauteil mit wenigstens einem Stringer in der Luft- und Raumfahrt, welches mittels des erfindungsgemäßen Formkerns und/oder des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt ist, bereitgestellt.

[0012] Somit weist die vorliegende Erfindung gegenüber den eingangs genannten Ansätzen den Vorteil auf, dass das Faserverbundbauteil mittels eines kostengünstigen Formkerns herstellbar ist. Anstelle von kostenintensiven herkömmlichen Materialien wird vorteilhaft ein Formkern mit einem Spiralaufbau verwendet, der in vorteilhaft einfacher Weise entformbar ist, was Gewichtsvorteile gegenüber herkömmlichen, verbleibenden Materialien mit sich bringt.

[0013] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der vorliegenden Erfindung.

[0014] In bevorzugter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass beim Ausbilden des Formkerns ein Hohlprofil, welches die äußere Geometrie des Formkerns aufweist, mit einem in die Wand des Hohlprofils eingebrachten, spiralförmig umlaufenden Schlitz verse-

hen wird, welcher die Wand des Hohlprofils oder mit Ausnahme von zumindest drei am Umfang der Wand des Hohlprofils verteilt angeordneten Stellen vollständig durchdringt. Die nicht vollständig durchdrungenen Stellen dienen als Sollbruchstellen beim Entformen des Formkerns und zur Stabilisierung des Hohlprofils. Wird das Hohlprofil vollständig geschlitzt wird es nachträglich mit einer Lagefixierung, beispielsweise mit einer Lackbeschichtung beispielsweise in einem Tauchbad, versehen. Dies kann auch bei einem nicht geschlitzten Hohlprofil erfolgen. Ein solches Hohlprofil kann leicht aus Kunststoff in einem Formwerkzeug hergestellt werden. Vorteilhaft dabei ist durch das Einbringen eines umlaufenden Schlitzes, dass zum Entformen das Hohlprofil in einfacher Weise an einem Ende erfasst und aus dem Formabschnitt herausgezogen wird, wobei kein Kernbauteil mehr im Formabschnitt verbleibt. Dabei reißt das Hohlprofil umlaufend an den Sollbruchstellen und schält sich durch die Zugkraft von der Kernhülle ab.

[0015] In alternativer Ausführung wird der Formkern aus einem Draht, vorzugsweise Stahldraht spiralförmig mit der Kontur des Formkerns gewickelt. Zur Beibehaltung der Form und zum Verhindern einer Rückfederung kann der Draht einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Daraus ergibt sich vorteilhaft, dass der Draht des Formkerns beim Entformen aufgewickelt wird und wieder verwendet oder recycled werden kann.

[0016] Dabei kann der spiralförmige Formkern mit einer äußeren Beschichtung, zum Beispiel ein spröder mit Füllstoffen versetzter Kunststoff, ein gefülltes Epoxidharz oder ein leichtspachtelähnlicher Werkstoff, zum Ausglätten einer Rippung des Metaldrahts versehen werden, wodurch sich glatte Oberflächen und eine gute Entformbarkeit ergeben. Hierzu kann auch zusätzlich eine Kernhülle, zum Beispiel ein Schlauch, verwendet werden, die den Formkern vollständig umgibt. Hierdurch ergibt sich ebenfalls eine vorteilhaft leichte Entformbarkeit ohne den hergestellten Formabschnitt beim Entformen zu beschädigen.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind im Bereich scharfkantig auszubildender Übergänge der äußeren Geometrie des auszubildenden Formkerns innerhalb der Kernhülle Verstärkungsmittel angeordnet. Diese Verstärkungsmittel, insbesondere Eckprofilteile, erhöhen die Kantenfestigkeit, können die Fertigung vereinfachen und die Bauteilqualität verbessern.

[0018] Vorzugsweise wird eine Trennschicht auf die Kernhülle aufgebracht, welche ein Anhaften des ausgehärteten Faserverbundbauteils vermindert. Dadurch wird ein Entfernen der Kernhülle nach dem Ausziehen des Formkerns erleichtert.

[0019] Unter Faserhalbzeugen sind Gewebe, Gelege und Fasermatten zu verstehen. Dieser werden mit einer Matrix, beispielsweise einem Epoxidharz, getränkt und anschließend beispielsweise mit Hilfe eines Autoklaven ausgehärtet werden.

[0020] Gemäß einer weiter bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird der Formkern auf einem Basisbauteil aus Faserverbundhalbzeugen angeordnet und/oder mit Faserhalbzeugen zum Ausbilden wenigstens eines Abschnitts des Faserverbundbauteils wenigstens teilweise umgeben. Somit können vorteilhaft Basisteile, beispielsweise Hautschalen, Druckkalotten etc, mit Ω -Stringern ausgebildet werden. Alternativ oder zusätzlich können auch separate Faserverbundbauteile hergestellt werden, die gänzlich in ihrer Form durch den Formkern definiert werden, hergestellt werden.

[0021] Das Hohlprofil kann auch vorteilhaft mit einem entlastenden Innendruck beaufschlagt werden, wodurch auch vorteilhaft dünnwandige Hohlprofile zum Einsatz kommen können. Dieser Innendruck entspricht vorteilhaft dem Prozessdruck, also dem Atmosphärendruck bei Härtung im Ofen bzw. dem Autoklavendruck.

[0022] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

[0023] [Fig. 1](#) eine schematische perspektivische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Faserverbundbauteils beim Herstellen gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren;

[0024] [Fig. 2](#) eine schematische, allgemeine Schnittdarstellung eines Formkerns des Faserverbundbauteils nach [Fig. 1](#);

[0025] [Fig. 3](#) eine schematische Perspektivdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Formkerns des Faserverbundbauteils nach [Fig. 1](#);

[0026] [Fig. 4](#) eine schematische Perspektivdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Formkerns des Faserverbundbauteils nach [Fig. 1](#); und

[0027] [Fig. 5](#) eine schematische perspektivische Ansicht des fertig gestellten Faserverbundbauteils nach [Fig. 1](#) nach Entfernen der Formkerne.

[0028] In allen Figuren der Zeichnung sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente – sofern nichts anders angegeben ist – mit jeweils den gleichen Bezugszeichen versehen worden.

[0029] **Fig. 1** zeigt eine schematische perspektivische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Faserverbundbauteils **1** beim Herstellen gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren

[0030] Dieses Beispiel weist zwei Formkerne **4** auf, wobei die Anzahl nicht darauf begrenzt ist. Die zwei Formkerne **4**, deren Herstellung weiter unten erläutert wird, sind mit einem in etwa trapezförmigen Querschnitt mit ihrer Basis **5** anliegend auf einem Basisbauteil **2** angeordnet.

[0031] Die Faserhalbzeuge **3** werden auf den Formkernen **4** abgelegt. Die Faserhalbzeuge **3** liegen dabei mit einem mittleren Abschnitt an der äußeren Oberfläche der Formkerne **4** und mit ihren Enden auf dem Basisbauteil **2** auf, beispielsweise auf einer Flugzeughaut. Dadurch werden zwei Formabschnitte **14** des Faserverbundbauteils **1** gebildet.

[0032] Es können verschiedene Fertigungsverfahren zum Verarbeiten des Faserverbundwerkstoffs angewendet werden. Vorzugsweise wird hier das so genannte Infusionsverfahren gewählt, um eine Matrix, also beispielsweise Epoxidharz, in die Faserhalbzeuge **31**, **33a**, **33b** einzubringen. Das Prepreg-Verfahren ist hier genauso anwendbar.

[0033] Ein weiterer Schritt besteht darin, das Basisbauteil **2** mit den Formkernen **4** und dem Faserhalbzeug **3** je nach Verfahren in einem Ofen oder Autoklaven, unter Einwirkung von Wärme und/oder Druck zu härten, wodurch das vollständige Faserverbundbauteil **1** hergestellt wird. Hierbei ist es wichtig, dass die Kernmaterialien der Prozesstemperatur und dem Prozessdruck zuverlässig standhalten.

[0034] Zunächst wird die Erstellung der Formkerne **4** anhand der **Fig. 2** bis **Fig. 4** beschrieben.

[0035] **Fig. 2** zeigt eine schematische, allgemeine Schnittdarstellung eines erfindungsgemäßen Formkerns **4** des Faserverbundbauteils **1** nach **Fig. 1** in einem Querschnitt.

[0036] Der Formkern **4**, auf dessen Aufbau weiter unten ausführlich eingegangen wird, weist einen Querschnitt **6** auf, welcher in einem Formwerkzeug **8** verkörpert ist und in diesem in die gewünschte Form, hier eine etwa trapezförmige Gestalt, gebracht wird, beispielsweise unter Wärme und Druck. In diesem Beispiel ist der Formkern **4** mit einer Kernhülle **9** umgeben, welche den Formkern **4** vollständig umschließt und für sein Herstellungsverfahren und seine weitere Be- und Verarbeitung hinsichtlich Temperatur und Druck geeignet ist. Die Kernhülle **9** ist aus einem Kunststoff, insbesondere einem Polyamid und/oder einen PTFE-Kunststoff gefertigt. Mit ihrer Innenseite **11** liegt sie direkt auf den Oberflächen des Formkerns **4** an, wobei in diesem Beispiel ihre Außenseite **10** mit

einer Trennschicht (nicht gezeigt) beschichtet ist, die auch aus einer zusätzlichen Hülle bestehen kann. Die Trennschicht dient zur einfachen Trennung des Formkerns **4** vom Formabschnitt **14** beim Entformen.

[0037] Zur Ausbildung von scharfkantigen Eckbereichen sind in diesem Beispiel zwei Verstärkungsmittel **13** angeordnet, welche separat hergestellt und in den Formkern **4** eingebracht werden. Sie können auch außerhalb der Kernhülle **9** angeordnet werden.

[0038] Der Formkern **4** besteht aus einem ersten oder zweiten Hohlprofil **15**, **16**, welches umlaufend spiralförmig mit einem Schlitz **17** versehen ist, wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt ist. Um eine ausreichende Stabilität des eingeschlitzten Hohlprofils **15**, **16** zu erhalten, werden mindestens drei am Umfang nicht durchtrennte Stellen vorgesehen, die als Sollbruchstellen beim Herausziehen des Hohlprofils **15**, **16** beim Entformen reißen. Diese Sollbruchstellen können beispielsweise in der Art geschaffen werden, dass mindestens 3 über den Umfang verteilte Aufdickungen der Wandung nach innen vorgesehen werden. Bei konstanter Schlitztiefe, die der übrigen Wandung entspricht, bleiben über den Aufdickungen dann fixierende Verbindungen bestehen.

[0039] Alternativ kann das Hohlprofil **15**, **16** vollständig eingeschnitten werden, wodurch jedoch eine Lafixierung notwendig ist, beispielsweise mit einer geeigneten Lackbeschichtung, die zum Beispiel in einem Tauchbad erfolgt. In beiden Fällen besteht das Hohlprofil **15**, **16** aus einem ausreichend zähen und reißfesten Kunststoff. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass ein vollständiges Entfernen beim Entformen ermöglicht wird.

[0040] Das in **Fig. 3** dargestellte Hohlprofil **15** besteht in einer ersten Ausführung aus einem dünnwandigen Kunststoffprofil. Bei der Herstellung des Formabschnitts **14** kann der Innenraum des Hohlprofils **15** durch eine Kernöffnung **7** über eine geeignete Anschlussvorrichtung (nicht gezeigt) mit einem Innendruck (Umgebungsdruck; Autoklav- oder Atmosphärendruck, je nach Härteverfahren) zur Stabilisierung beaufschlagt werden. Die Druckdifferenz zwischen Innenraum und äußerem Vakuumaufbau wird dadurch gleich null und kann daher das Hohlprofil nicht mehr verformen. Es übernimmt demnach nur noch formgebende Funktion. Durch die Dünnwandigkeit des Hohlprofils **15** kann somit der Vorteil einer Werkstoffersparnis erzielt werden. Zur Beaufschlagung mit einem Innendruck wird der Formkern **4** in Gestalt des Hohlprofils **15** in dem Formabschnitt **14** (**Fig. 1**) so angeordnet, dass seine Enden aus dem Formabschnitt **14** hervor stehen.

[0041] In einer alternativen Ausführung besteht das Hohlprofil **15** aus einem gewickelten Draht, vorzugsweise Stahldraht. Um ein Zurückfedern dieses Werk-

stoffs zu verhindern, wird die Drahtspirale bei der Herstellung und/oder danach einer geeigneten Wärmebehandlung unterzogen, beispielsweise ein Weichglühen oder eine Verarbeitung im Temperaturbereich einer Warmumformung und anschließender Härtung. Gleichzeitig können so scharfe Innenradien erzielt werden. Bei der Verwendung von einem Draht mit einer Stärke von beispielsweise 1,5 mm ergeben sich zwangsläufig Außenradien von mindestens 0,8 mm, die durch eine Konturglättung und/oder ein Eckprofil entsprechend scharf ausgelegt werden können.

[0042] In [Fig. 3](#) sind an den unteren Ecken Verstärkungsmittel **13** in Form derartiger Eckprofile, beispielsweise Leisten aus Metall oder Kunststoff, eingesetzt. So kann der Formkern **4** besonders gut ausgebildete Eckbereiche erhalten, indem die Verstärkungsmittel **13** in einem separaten Werkzeug angefertigt werden. Der Querschnitt der Eckprofile in [Fig. 3](#) ist stark vergrößert dargestellt. Sie können außerhalb der Kernhülle **9** (in [Fig. 3](#) nicht gezeigt) oder auch innerhalb von ihr angeordnet werden (wenn anders als in [Fig. 3](#) dargestellt der Gesamtquerschnitt keine konkaven Bereiche aufweist, die ansonsten von der Hülle überspannt würden).

[0043] Die Schlitze **17** bzw. Zwischenräume zwischen den Wicklungen bzw. die Rippung des gewickelten Drahts werden durch eine Beschichtung geglättet. Durch diese Beschichtung wird ein Durchschlagen der Oberflächenwelligkeit einer Drahtwicklung auf den Formabschnitt **14** verhindert. Gleichzeitig bewirkt diese Beschichtung eine Fixierung des Hohlprofils oder der Drahtspirale gegen Verdrehen und Auseinanderziehen. Die Beschichtung ist ein sprödes Material, das beim Entformen abplatzt und zerbröselt, so dass der Vorgang nicht behindert wird. Dieser Werkstoff ist beispielsweise ein spröder mit Füllstoffen versetzter Kunststoff, ein gefülltes Epoxidharz oder ein leichtspachtelähnliches Material.

[0044] Die [Fig. 4](#) zeigt eine Alternative, bei welcher das Hohlprofil **16** aus einem dickwandigen Kunststoff oder einem rechteckigen Draht hergestellt ist. Hierbei erübrigt sich eine Konturglättung. Eine Wicklung ist dabei drallfrei hergestellt, woraus sich eine geschlossene, stufen- und spaltfreie Außenseite **18** ergibt.

[0045] Der so erstellte Formkern **4** wird auf das Basisbauteil **2** wie oben beschrieben aufgebracht. Dieser Zustand ist in [Fig. 1](#) gezeigt. Der Formkern **4** wird dann mit dem Faserhalbzeug **3** zur Bildung des Formabschnitts **14** überzogen, wie oben erläutert ist.

[0046] Das nach einem nicht näher erläuterten Härtezyklus hergestellte Faserverbundbauteil **1** ist in [Fig. 5](#) in einer perspektivischen Ansicht mit als Stringern **20** ausgebildeten Formabschnitt **14** nach Entformen der Formkerne **4** dargestellt.

[0047] Beim Entformen wird in vorteilhaft einfacher Weise das äußere Ende des eingeschnittenen Hohlprofils **15**, **16** oder des gewickelten Drahts erfasst und aus dem Formabschnitt **14** heraus gezogen. Das entformte Material kann aufgewickelt und wieder verwendet/recycled werden. Die Kernhülle **9** wird anschließend ebenfalls herausgezogen, was bei einer vorhandenen Trennschicht besonders vorteilhaft einfach und leicht erfolgen kann. Das Faserverbundbauteil **1** kann nun weiter verarbeitet oder direkt verwendet werden. Im Fall von Verstärkungsmitteln **13** werden diese ebenfalls mit ausgezogen.

[0048] Reste eines Fixiermaterials und/oder einer Konturglättung werden durch das Ausziehen der Kernhülle **9** entfernt.

[0049] Somit ist ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils, ein entsprechender Formkern und ein entsprechendes Faserverbundbauteil geschaffen, welches gegenüber dem Stand der Technik mit verbleibenden Materialien eine deutliche Materialkostensenkung erreicht werden kann. Der Formkern wird vollständig entfernt, wodurch das Gewicht des Faserverbundbauteils gegenüber dem Stand der Technik verringert werden kann.

[0050] Die Erfindung ist nicht auf das in den Figuren dargestellte, spezielle Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils **1** für Luft- und Raumfahrt beschränkt.

[0051] So ist beispielsweise der vorliegende Erfindungsgedanke auch auf Faserverbundbauteile im Sportgeräte- oder Motorsportbereich, anwendbar.

[0052] Ferner ist die Geometrie des Formkerns auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.

[0053] Ferner können auch mehrere Formkerne verwendet werden, um einen Formkern auszubilden, der mit Faserhalbzeugen umlegt wird. Dabei ist es das Ziel, eine komplexere Geometrie mittels der Vielzahl an Formkernen zu schaffen. Folglich können komplexere Faserverbundbauteile hergestellt werden.

[0054] Das Aufbringen der Beschichtung zur Konturglättung kann automatisiert als ein endkonturnaher Auftrag in einer Anlage ähnlich einer so genannten Pultrusionspresse erfolgen, durch welche das Hohlprofil oder die Wicklung hindurch gezogen wird. Ein Biegeradius der Drahtwicklung kann somit aufgefüllt werden.

[0055] Es kann auch ein dickwandiges Spiralprofil, zum Beispiel aus einem Elastomerkunststoff als Hohlprofil Verwendung finden.

Bezugszeichenliste

1	Faserverbundbauteil
2	Basisplatte
3	Faserhalbzeug
4	Formkern
5	Basis des Formkerns
6	Querschnitt des Formkern
7	Kernöffnung
8	Formwerkzeug
9	Kernhülle
10	Außenseite der Kernhülle
11	Innenseite der Kernhülle
12	Stringer
13	Verstärkungsmittel
14	Formabschnitt
15	Erstes Hohlprofil
16	Zweites Hohlprofil
17	Schlitz
18	Außenseite

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils (1), insbesondere für die Luft- und Raumfahrt, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Ausbilden eines Formkerns (4) mit einem spiralförmigen Aufbau zum Festlegen einer äußeren Geometrie des Formkerns (4);
- wenigstens abschnittsweise Ablegen von wenigstens einem Faserhalbzeug (3) auf dem ausgebildeten Formkern (4) zur Formgebung von wenigstens einem Formabschnitt (14) des herzustellenden Faserverbundbauteils (1); und
- Beaufschlagen des wenigstens einen Formabschnitts (14) mit Wärme und/oder Druck zum Herstellen des Faserverbundbauteils (1).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim Ausbilden des Formkerns (4) ein Hohlprofil (15, 16) mit einer an den Formkern (4) angepassten äußeren Geometrie und mit einem in die Wand des Hohlprofils (15, 16) eingebrachten, spiralförmig umlaufenden Schlitz (17) ausgebildet wird, welcher die Wand des Hohlprofils (15, 16) vollständig oder mit Ausnahme von zumindest drei am Umfang der Wand des Hohlprofils (15, 16) verteilt angeordneten Stellen durchdringt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das geschlitzte Hohlprofil (15, 16) mit einer Lagefixierung, beispielsweise mit einer Lackbeschichtung, z. B. in einem Tauchbad, versehen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) aus einem Draht, zum Beispiel Stahldraht, spiralförmig gewickelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass beim Wickeln des Formkerns (4) eine

Wärmebehandlung des Drahtes zur Vermeidung einer Rückfederung erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) mit einer äußeren Beschichtung, zum Beispiel einem spröden mit Füllstoffen versetzten Kunststoff, einem gefüllten Epoxidharz oder einem leichspachtelähnlichen Werkstoff, zum Ausglätten einer Rippung des Drahtes versehen wird.

7. Verfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) mit einer Kernhülle (9), insbesondere einem Schlauch, ausgebildet wird, welche den Formkern (4) vollständig umgibt.

8. Verfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Ausbilden des Formkerns (4) im Bereich scharfkantig auszubildender Übergänge der äußeren Geometrie des auszubildenden Formkerns (4) Verstärkungsmittel (13) angeordnet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trennschicht auf die Kernhülle (9) des Formkerns (4) aufgebracht wird, welche ein Anhaften des Faserhalbzeugs und/oder einer Matrix an der Kernhülle (9) verhindert.

10. Verfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) beim wenigstens abschnittsweise Ablegen von wenigstens einem Faserhalbzeug (3) auf einem Basisbauteil (2) aus Faserverbundhalbzeugen angeordnet und/oder mit Faserhalbzeugen (3) zum Ausbilden des wenigstens einen Formabschnitts (14) des Faserverbundbauteils (1) wenigstens teilweise umgeben wird, wobei das Innere des Formkerns (4) mit einem festlegbaren Innendruck beaufschlagt wird, und die Enden der Kernhülle (9) des Formkerns (4) außerhalb des Formabschnitts (14) angeordnet werden.

11. Verfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Matrix in das wenigstens eine Faserhalbzeug (3) mit dem Formkern (4) eingebracht wird und anschließend unter Druck und/oder Wärme wenigstens teilweise ausgehärtet wird.

12. Verfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zur Herstellung des Faserverbundbauteils (1) als Handlaminier-, Prepreg-, Spritzpress- und/oder Vakuuminfusionsverfahren ausgebildet wird.

13. Verfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

nach dem Beaufschlagen mit Wärme und/oder Druck auf das herzustellende Faserverbundbauteil (1) ein Entfernen des Formkerns (4) durch Herausziehen eines oder beider Enden des spiralförmigen Aufbaus und wahlweise Aufwickeln derselben erfolgt.

14. Formkern (4) zur Herstellung eines Faserverbundbauteils (1), insbesondere eines Stringers (12) an einem Basisbauteil (2) in der Luft- und Raumfahrt, mit einem spiralförmigen Aufbau.

15. Formkern (4) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) ein Hohlprofil (15, 16), vorzugsweise aus einem Kunststoff, mit einem in die Wand des Hohlprofils (15, 16) eingebrachten, spiralförmig umlaufenden Schlitz (17) aufweist.

16. Formkern (4) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der spiralförmig umlaufende Schlitz (17) die Wand des Hohlprofils (15, 16) vollständig oder mit Ausnahme von zumindest drei am Umfang der Wand des Hohlprofils (15, 16) verteilt angeordneten Stellen durchdringt.

17. Formkern (4) nach wenigstens einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das geschlitzte Hohlprofil (15, 16) mit einer Lagefixierung, beispielsweise einer Lackbeschichtung versehen ist.

18. Formkern (4) nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlprofil (15) eine dünne Kunststoffwandung aufweist.

19. Formkern (4) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) aus einem Hohlprofil (16), beispielsweise ein dickwandiges Spiralprofil, aus einem Elastomer ausgebildet ist.

20. Formkern (4) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) ein spiralförmig gewickelter Draht ist.

21. Formkern (4) nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) mit einer äußeren Beschichtung, beispielsweise einem spröden mit Füllstoffen versetzten Kunststoff, einem gefüllten Epoxidharz oder einen leichspachtelähnlichen Werkstoff, versehen ist.

22. Formkern (4) nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Draht einen rechteckigen Querschnitt aufweist.

23. Formkern (4) nach wenigstens einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) mit einer ihn umschließenden Kernhülle (9), beispielsweise einem Schlauch, versehen ist.

24. Formkern (4) nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernhülle (9) eine Trennschicht, beispielsweise in Form einer weiteren Hülle, aufweist, welche eine äußere Oberfläche des Formkerns (4) bildet.

25. Formkern (4) nach wenigstens einem der Ansprüche 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernhülle (9) aus einem Kunststoff, insbesondere einem Polyamid und/oder einen PTFE-Kunststoff gefertigt ist.

26. Formkern (4) nach wenigstens einem der Ansprüche 14 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Formkern (4) im Bereich scharfkantig auszubildender Übergänge seiner äußeren Geometrie Verstärkungsmittel (13) angeordnet sind.

27. Formkern (4) nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungsmittel (13) als Eckprofilteile aus Metall und/oder Kunststoff ausgebildet sind.

28. Formkern (4) nach wenigstens einem der Ansprüche 14 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (4) Ω -förmig, trapezförmig, dreiecksförmig, ringförmig und/oder wellenförmig ausgebildet ist.

29. Faserverbundbauteil (1) mit wenigstens einem Stringer, insbesondere für die Luft- und Raumfahrt, welches mittels eines Formkerns (4) nach wenigstens einem der Ansprüche 14 bis 28 und/oder einem Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13 hergestellt ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

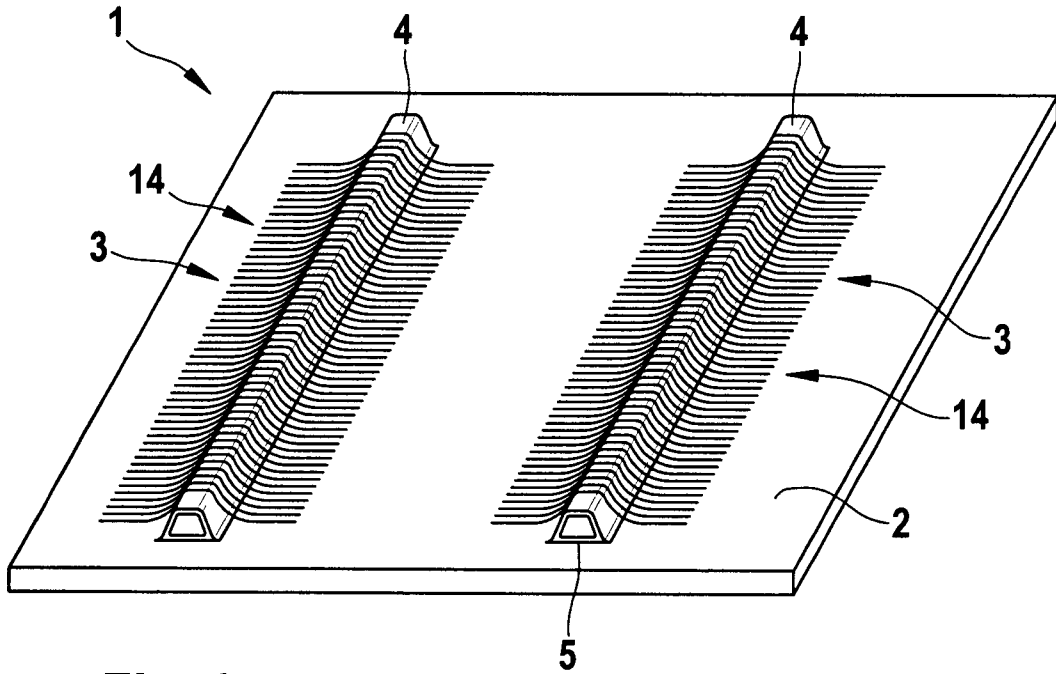


Fig. 1

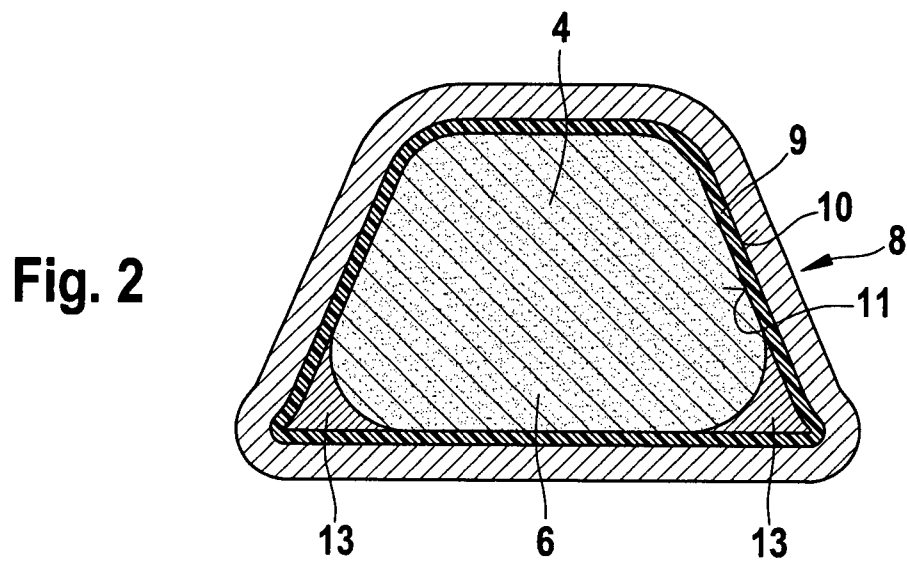


Fig. 2

Fig. 3

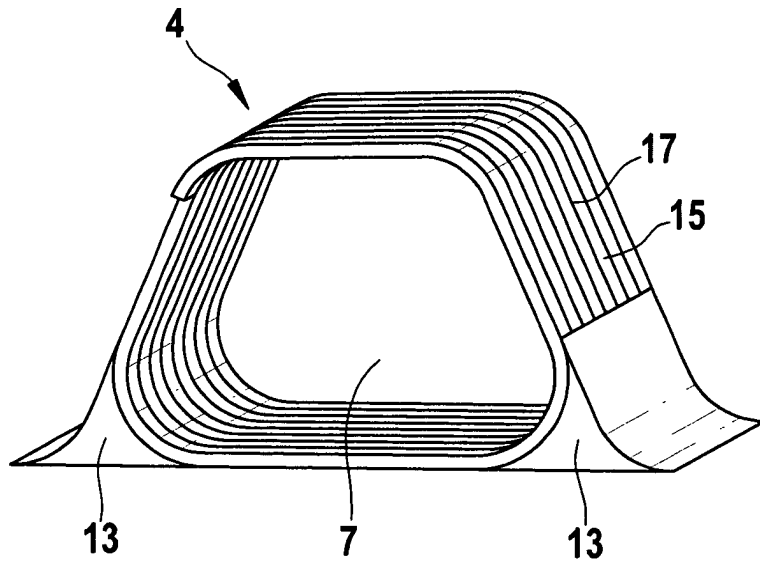
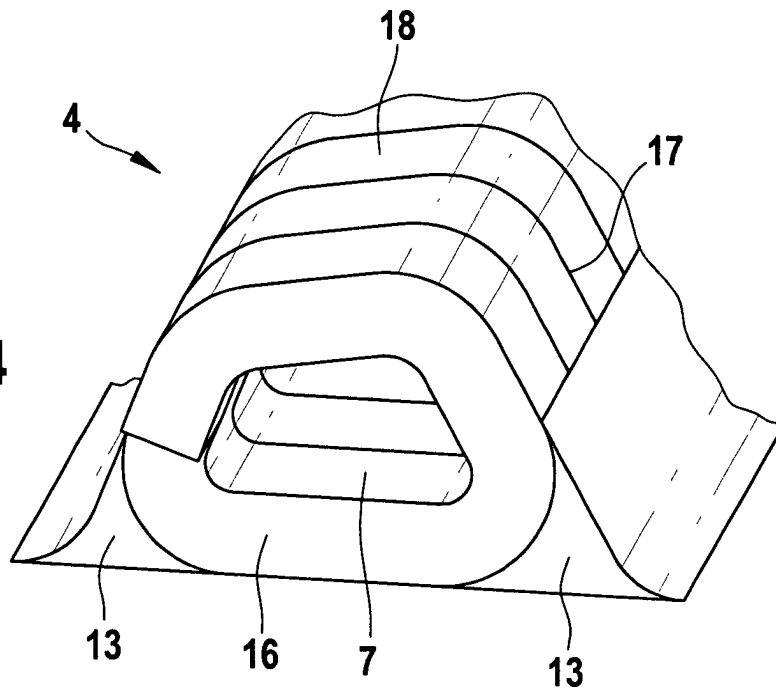


Fig. 4



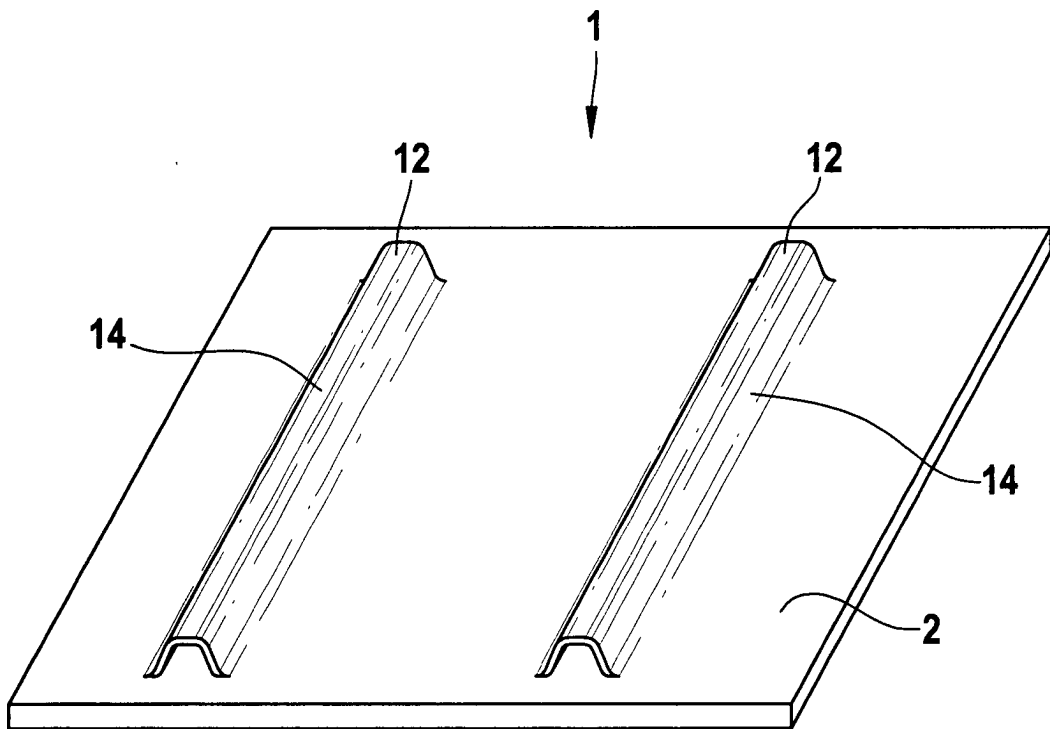


Fig. 5