

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50041/2015 (51) Int. Cl.: **B29B 11/16** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 22.01.2015 **B29C 70/86** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2017 **B29C 70/48** (2006.01)
B29C 70/50 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 1504782 A1
DE 102011085937 A1
WO 2012025165 A1
WO 9906200 A1

(73) Patentinhaber:
PROFETA DA SILVA Alois
2163 Ottental (AT)

(72) Erfinder:
PROFETA DA SILVA Alois
2163 Ottental (AT)

(54) Verfahren zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs, wobei das Faser-Matrix-Halbzeug eine Matrix und einer Vielzahl an Einlegeteilen mit je einer faserigen Oberfläche und je einem Kern umfasst. Das Verfahren umfasst A) das Bereitstellen der Einlegeteile, so dass die faserige Oberfläche eines jeden der Einlegeteile über zumindest eine Faser mit der faserigen Oberfläche zumindest eines weiteren der Einlegeteile in Berührung ist und jedes der Einlegeteile mit jedem weiteren der Einlegeteile, gegebenenfalls über eines oder mehrere der weiteren Einlegeteile, in Verbindung steht, wodurch eine Einlegeteilanordnung erhalten wird und B) das Inkontaktbringen der Einlegeteilanordnung mit der Matrix, wonach ein Anteil der Matrix an einer Vielzahl der faserigen Oberflächen verhaftet bleibt, wodurch das Faser-Matrix-Halbzeug erhalten wird. Jedes der Einlegeteile weist einen Kern auf, wobei der Kern aus Kunststoff oder Metall gefertigt ist, wobei die Matrix nicht mit dem jeweiligen Kern von mehr als 30% der Einlegeteile in Berührung kommt. Schritt A) umfasst ferner die folgenden Schritte: a1) das Bereitstellen von Halbformen, die in ihrer Form jeweils einem halben Einlegeteil entsprechen, und a2) das Anordnen eines ersten Teils der Halbformen, und a3) das Anordnen eines zweiten Teils der Halbformen, und a4) das Einbringen von Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte in den ersten und zweiten Teil der Halbformen, und a5) das Einbringen der Kerne in den

ersten Teil der Halbformen, und a6) das formschlüssige Aufsetzen des zweiten Teils der Halbformen auf den ersten Teil der Halbformen, und a7) das Befestigen von Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte des ersten Teils der Halbformen an Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte des zweiten Teils der Halbformen, so dass die eingebrachten Kerne umschlossen sind.

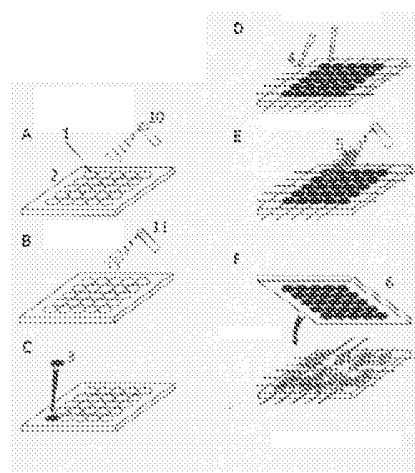


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Faserverbundwerkstoffe und bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs bzw. eines Faserverbundwerkstoffs.

[0002] Unter Faser-Matrix-Halbzeugen werden Halbzeuge aus Verstärkungsfasern, die mit einer Kunststoffmatrix getränkt sind, verstanden. Als Matrix werden dabei üblicherweise duroplastische oder thermoplastische Kunststoffe, in Form eines Harzes, eingesetzt. Verstärkungsfasern sind üblicherweise Glasfasern oder Kohlenstofffasern. Sogenannte Prepregs sind ihre bekanntesten Vertreter, dabei handelt es sich üblicherweise um ein Halbzeug aus Endlosfasern. Üblicherweise werden die Endlosfasern dabei in Form von Matten, Geweben oder Gewirken eingesetzt. Weitere bekannte Formen von Faser-Matrix-Halbzeugen mit duroplastischer Matrix sind Sheet Molding Compound (SMC) und Bulk Molding Compound (BMC). Daneben sind auch Faser-Matrix-Halbzeuge mit thermoplastischer Matrix im Stand der Technik bekannt.

[0003] Aus Faser-Matrix-Halbzeugen lassen sich u.a. durch Druck und Aushärtung Faserverbundwerkstoffe erzeugen, die oft in einer bestimmten Form (d.h. als Formteil) vorliegen müssen.

[0004] Ein besonderes Merkmal von vielen Faser-Matrix-Halbzeugen ist, dass sie in ihrer Form als Faser-Matrix-Halbzeug für den Endabnehmer bereitgestellt und z.B. für längere Zeit gelagert werden können. Dadurch wird die Endfertigung in der Regel vereinfacht bzw. die Kosten verringert.

[0005] Ein Haupteinsatzgebiet für Faserverbundwerkstoffe ist die Automobilindustrie (bzw. allgemein die Fertigungsindustrie für Landfahrzeuge bzw. Straßenfahrzeuge), weil die Automobilindustrie das Bestreben hat, das Fahrzeuggewicht zu reduzieren, um verbrauchsärmere Fahrzeuge herzustellen. Trotzdem soll der Faserverbundwerkstoff natürlich hohe Anforderungen in Bezug auf seine Festigkeit erfüllen.

[0006] Die WO 2008/046392 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer lastaufnehmenden Raumgitterstruktur.

[0007] Die WO 99/06200 A1 offenbart ein Verfahren von aus Kunst-Zell- oder Holzstoff bestehenden Formteilen mit Hohlräumen, jedoch ebenfalls kein Verfahren zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs.

[0008] Die DE 1504782 A1 bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Formkörpern, insbesondere Leichtbauplatten. In den Figuren 11 und 12 des Dokuments sind Füllkörper gezeigt, die eine Kunststoffaußenhaut 2 sowie eine Folienummantelung 3 aufweisen. Gemäß der Lehre von Anspruch 1 des Dokuments werden diese Füllkörper mit faserverstärktem Kunststoff eingewickelt.

[0009] Die DE 10 2011 085 937 A1 betrifft eine Leichtbaustruktur, insbesondere Flugzeugprimärstruktur oder untergeordnete Baugruppe, sowie Verfahren zu deren Herstellung. Gemäß der Offenbarung des Dokuments können verschiedene Einlegeteile mit Faseroberfläche trocken in eine Form gelegt werden und dann mit einer Kunststoffmatrix eingefasst werden.

[0010] Die WO 2012/025165 A1 bezieht sich auf die Formung einer Kernstruktur für ein Windturbinenrotorblatt unter Verwendung einer Vielzahl von Kernkomponenten.

[0011] Doch viele der im Stand der Technik bekannten Verfahren sind vergleichsweise aufwändig und teuer in der Durchführung. So offenbart beispielsweise keines der oben genannten Dokumente, wie die Einlegeteile eines Faser-Matrix-Halbzeugs möglichst einfach und kostengünstig in großer Zahl hergestellt bzw. bereitgestellt werden können.

[0012] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist nun, ein Verfahren zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs zur Verfügung zu stellen, das kostengünstig ist und trotzdem eine vergleichsweise hohe Festigkeit beim aus dem Faser-Matrix-Halbzeug erhaltlich Faserver-

bundwerkstoff ermöglicht. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Formteils aus einem Faserverbundwerkstoff bereitzustellen, welches ebenfalls kostengünstig bei vergleichsweise hoher Festigkeit des Faserverbundwerkstoffs ist.

[0013] Daher betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs, wobei das Faser-Matrix-Halbzeug eine Matrix und einer Vielzahl an Einlege-teilen mit je einer faserigen Oberfläche (z.B. Glasfaser) umfasst. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte A und B:

[0014] A) Das Bereitstellen der Einlege-teile, so dass die faserige Oberfläche eines jeden der Einlege-teile über zumindest eine Faser, bevorzugt zumindest 10, mehr bevorzugt zumindest 20, noch mehr bevorzugt zumindest 50, insbesondere zumindest 100, mit der faserigen Oberfläche zumindest eines weiteren der Einlege-teile in Berührung ist und jedes der Einlege-teile mit jedem weiteren der Einlege-teile in Verbindung steht, vorzugsweise wobei die faserige Oberfläche eines jeden der Einlege-teile mit der faserigen Oberfläche eines jeden weiteren der Einlege-teile, gegebenenfalls über eines oder mehrere der weiteren Einlege-teile, in Verbindung steht, wodurch eine Einlege-teilanordnung erhalten wird.

[0015] Vorzugsweise wird die Einlege-teilanordnung dadurch hergestellt, dass Faserstränge oder Faser-Bänder zwischen den Einlege-teilen während der Herstellung der Einlege-teile verlegt werden (vgl. Beispiel 1).

[0016] B) Das Inkontaktbringen der Einlege-teilanordnung mit der Matrix, insbesondere das Tränken der Einlege-teilanordnung in der Matrix, wonach ein Anteil der Matrix an einer Vielzahl, bevorzugt an allen, der faserigen Oberflächen verhaftet bleibt, wodurch das Faser-Matrix-Halbzeug erhalten wird.

[0017] Erfindungsgemäß weist jedes der Einlege-teile einen Kern auf, wobei der Kern aus Kunststoff oder Metall, gegebenenfalls mit Gaseinschlüssen, gefertigt ist, wobei die Matrix nicht mit dem jeweiligen Kern von X% der Einlege-teile in Berührung kommt, wobei X mehr als 30, bevorzugt mehr als 50, mehr bevorzugt mehr als 75, noch mehr bevorzugt mehr als 90, insbesondere mehr als 95 ist.

[0018] Schritt A) umfasst erfindungsgemäß die folgenden Schritte:

[0019] a1) das Bereitstellen von Halbformen, die in ihrer Form jeweils einem halben Einlege-teil entsprechen, und

[0020] a2) das Anordnen eines ersten Teils der Halbformen, und

[0021] a3) das Anordnen eines zweiten Teils der Halbformen, und

[0022] a4) das Einbringen von Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte in den ersten und zweiten Teil der Halbformen, und

[0023] a5) das Einbringen der Kerne in den ersten Teil der Halbformen, und

[0024] a6) das formschlüssige Aufsetzen des zweiten Teils der Halbformen auf den ersten Teil der Halbformen, und

[0025] a7) das Befestigen von Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte des ersten Teils der Halbformen an Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte des zweiten Teils der Halbformen, so dass die eingebrachten Kerne umschlossen sind.

[0026] Beispielsweise wird die Einlege-teilanordnung umgehend vor dem Einlegen in die Form durch Düsen im Verlegekopf einer Einlegevorrichtung mit Matrix besprüht. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Einlege-teilanordnung mit einer Matrix aus Epoxid-Harz und Hilfsstoffen (Härter usw.) in Kontakt gebracht (z.B. durch Tränken oder Besprühen), die dazu geeignet sind, ein Prepreg-Faser-Matrix-Halbzeug zu erhalten. Vorzugsweise wird dies bei Kühlung gelagert, um das Aushärten zu verlangsamen.

[0027] Das Verfahren der vorliegenden Erfindung ist ferner dadurch gekennzeichnet, dass

jedes der Einlegeteile einen Kern aufweist. Der Kern ist fest, flüssig oder gasförmig, oder weist Bestandteile in ausgewählten dieser Zustände auf (z.B. fest-gasförmig, wie beispielsweise ein Schaumstoff). Der Kern ist vorzugsweise aus Kunststoff oder Metall mit oder ohne Gaseinschlüsse gefertigt, bevorzugt mit Gaseinschlüssen, mehr bevorzugt aus einem Schaumstoff, insbesondere ein Hartschaum wie beispielsweise ein Polyurethanhartschaum. Durch den Grad der Porigkeit des Schaumstoffes kann reguliert werden, inwieweit die Matrix in den Kern eindringt. Üblicherweise ist kein Eindringen der Matrix in den Kern erwünscht, weil so die Dichte des Faserverbundwerkstoffes erhöht würde, was z.B. für den Leichtbau nachteilig sein könnte. Vorteilhafterweise werden Einlegeteile mit verschiedenartigen Kernen in der Einlegeteilanordnung kombiniert, um beispielsweise eine höhere Festigkeit bei geringeren Kosten zu erzielen.

[0028] Durch Vorsehen der erfindungsgemäßen Einlegeteilanordnung von Einlegeteilen kann eine hohe Festigkeit bei der Weiterverarbeitung zum Faserverbundwerkstoff erzielt werden, gleichzeitig ist das erfindungsgemäße Verfahren verhältnismäßig einfach und kostengünstig.

[0029] Die Festigkeit wird vorteilhafterweise noch weiter erhöht, indem die Einlegeteilanordnung im Wesentlichen ein strukturiertes Gitter, insbesondere ein kartesisches Gitter, darstellt, wobei jedes der Einlegeteile im Wesentlichen einer Zelle des Gitters entspricht. Diese Zellen sind bevorzugt polyedrisch, insbesondere regulär polyedrisch. Der Begriff im „Wesentlichen“ bedeutet in diesen beiden Zusammenhängen, dass 1. die Einlegeteilanordnung bis zu 50%, bevorzugt bis zu 40%, mehr bevorzugt bis zu 30%, noch mehr bevorzugt bis zu 20%, insbesondere bis zu 10% von dem Gitter abweichen darf (vorzugsweise gemessen durch die durchschnittliche Abweichung des Volumenschwerpunkts des Einlegeteils vom Volumenschwerpunkt der entsprechenden, ideellen Gitterzelle im Verhältnis zum volumenäquivalenten Kugelradius der jeweiligen Gitterzelle, in Prozent ausgedrückt) und 2. das Einlegeteil die entsprechende Gitterzelle nur zu mindestens 50%, bevorzugt zu mindestens 60%, mehr bevorzugt zu mindestens 70%, noch mehr bevorzugt zu mindestens 80%, insbesondere zu mindestens 90% ausfüllt - der verbliebene Rest des Gitterzellvolumens wird bevorzugt von der Matrix ausgefüllt.

[0030] Durch die Form der Einlegeteile ist die Geometrie der Zellen vorgegeben. Beispielsweise können die Einlegeteile (und damit die Zellen) Oktaederstümpfe sein, wie in der WO 2008/046392 A1 offenbart. Allerdings können die Einlegeteile z.B. auch kugelförmig oder ellipsoid sein, die dementsprechende Gitterzelle ist dennoch als Polyeder zu betrachten, das sich an die Kugelform oder Ellipsoidform annähert (z.B. bei kugelförmigen Einlegeteilen als Dodekaeder oder als Ikosaeder und bei ellipsoiden Einlegeteilen als Oktaederstümpfe, wie z.B. in der WO 2008/046392 A1 offenbart).

[0031] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Einlegeteile des Halbzeugs in Kettenform aneinandergereiht („Single-Strips“), wodurch sie leichter maschinell verlegt werden können.

[0032] Eine weitere bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Formteils aus einem Faserverbundwerkstoff unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs. Dieses Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

[0033] C) Einlegen des aus dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs erhaltenen Faser-Matrix-Halbzeugs in eine Form.

[0034] Dies kann durch eine Einlegevorrichtung erfolgen. Ein Vorteil gegenüber Verfahren aus dem Stand der Technik ist, dass die Festigkeit des Formteils - bei Variation der Einlegeteile (in Kern und/oder faseriger Oberfläche) des Faser-Matrix-Halbzeugs - örtlich reguliert werden kann, indem eine bestimmte Abfolge beim Einlegen eingehalten wird. Beispielsweise kann eine örtliche Regulation der Festigkeit bei der B-Säule von Fahrzeugen gewünscht sein, um die Verformung bei Verkehrsunfällen zu kontrollieren.

[0035] D) Ausüben von Druck auf das Faser-Matrix-Halbzeug in der Form, so dass das Faser-Matrix-Halbzeug im Wesentlichen formschlüssig wird. Der Kern des Einlegeteils enthält bevorzugt Stoffe, die durch eine Änderung der Umweltbedingungen zur Gasbil-

derung angeregt werden können, wie beispielsweise in der WO 99/06200 A1 offenbart. Dadurch kann auch vom Inneren des Halbzeugs bzw. der Einlegeteile Druck ausgeübt werden.

[0036] E) Aushärten des Faser-Matrix-Halbzeugs, wodurch das Formteil aus dem Faserverbundwerkstoff entsteht. Die Aushärtung kann beispielsweise durch (zuvor erfolgte) Zugabe von Härter oder durch Erhitzung erfolgen.

[0037] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst ein Anteil der Kerne der Einlegeteile ferromagnetisches Material, womit durch Induktion das Faser-Matrix-Halbzeug erhitzt und die Aushärtung ermöglicht bzw. begünstigt wird. Insbesondere kann durch örtliche Platzierung der ferromagnetischen Material umfassenden Kerne eine örtliche Vorhärtung erzielt werden.

[0038] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform variieren die Kerne, die Matrix, und/oder die faserigen Oberflächen im Faser-Matrix-Halbzeug so, dass mehrstufig gehärtet werden kann.

[0039] Vorzugsweise umfasst dieses Verfahren ferner das Absaugen oder Abfließenlassen der überschüssigen Matrix. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform bleibt das Gitter und/oder die Einlegeteilenordnung wie oben beschrieben nach dem Aushärten im Wesentlichen erhalten.

[0040] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kommt die Matrix nicht mit dem jeweiligen Kern von X% der Einlegeteile in Berührung kommt, wobei X mehr als 30, bevorzugt mehr als 50, mehr bevorzugt mehr als 75, noch mehr bevorzugt mehr als 90, insbesondere mehr als 95 ist. Dadurch wird beispielsweise die Festigkeit erhöht, weil die - möglicherweise geringere Festigkeit aufweisenden Kerne - so weniger von einer etwaigen Krafteinwirkung betroffen sind.

[0041] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht die Einlegeteilenordnung aus zumindest zwei, bevorzugt zumindest drei, mehr bevorzugt zumindest vier, insbesondere zumindest fünf, Schichten der besagten Einlegeteile. Dies erhöht die Festigkeit des zu erhaltenden Faserverbundwerkstoffs u.a. durch stärkere Vernetzung der Fasern.

[0042] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die besagte Vielzahl an Einlegeteilen zumindest 5, bevorzugt zumindest 10, mehr bevorzugt zumindest 20, noch mehr bevorzugt zumindest 30, insbesondere zumindest 40, ist. Dies erhöht die Festigkeit des zu erhaltenden Faserverbundwerkstoffs u.a. durch stärkere Vernetzung der Fasern.

[0043] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind in der Einlegeteilenordnung zumindest 100, bevorzugt zumindest 250, mehr bevorzugt zumindest 500, noch mehr bevorzugt zumindest 750, insbesondere zumindest 1000 der Einlegeteile pro Kubikmeter der Einlegeteilenordnung vorhanden. Dies erhöht die Festigkeit des zu erhaltenden Faserverbundwerkstoffs u.a. durch stärkere Vernetzung der Fasern.

[0044] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind in dem Faserverbundwerkstoff zumindest 100, bevorzugt zumindest 250, mehr bevorzugt zumindest 500, noch mehr bevorzugt zumindest 750, insbesondere zumindest 1000 der Einlegeteile pro Kubikmeter des Faserverbundwerkstoffs vorhanden. Dies erhöht die Festigkeit des zu erhaltenden Faserverbundwerkstoffs u.a. durch stärkere Vernetzung der Fasern.

[0045] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Matrix eine duroplastische Matrix, bevorzugt umfassend, mehr bevorzugt bestehend aus, einem Kunstharz (insbesondere ein Epoxid-Harz).

[0046] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Matrix eine thermoplastische Matrix, bevorzugt umfassend, mehr bevorzugt bestehend aus, Polyetheretherketon oder Polypropylen.

[0047] Vorzugsweise ist das aus dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältliche Faser-Matrix-

Halbzeug ein Prepreg.

[0048] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst das Bereitstellen der Einlegeteile in einer Einlegeteilanordnung (Schritt A) die folgenden Schritte:

- [0049]** - Halbformen, die in ihrer Form jeweils einem halben Einlegeteil entsprechen, werden bereitgestellt.
- [0050]** - Der erste Teil der Halbformen (Halbformenanordnung I) wird im Wesentlichen in Form eines Gitters entsprechend dem kartesischen Gitter, das die Einlegeteilanordnung später darstellen soll, angeordnet.
- [0051]** - Unabhängig davon wird der zweite Teil der Halbformen (Halbformenanordnung II) im Wesentlichen in Form eines Gitters entsprechend dem kartesischen Gitter, das die Einlegeteilanordnung später darstellen soll, angeordnet.
- [0052]** - Vorzugsweise werden die Halbformenanordnungen mit Wasser besprüht. (durch das Wasser wird die Haftung der Fasern an den Wänden der Halbformen unterstützt)
- [0053]** - In die Halbformenanordnung I und II wird unabhängig voneinander Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte eingebracht, wobei dieses vorzugsweise für jede Halbform einzeln bereitgestellt wird. (Wenn in Halbformenanordnung I bzw. II jeweils ein durchgängiges Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte eingebracht wird, bestehen die Einlegeteile schlussendlich aus zwei durchgängigen Oberflächen. Trotzdem handelt es sich dabei um mehrere unabhängige Einlegeteile, weil mehrere Kerne unabhängig voneinander umschlossen sind)
- [0054]** - Wenn das Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte für jede Halbform im vorigen Schritt einzeln bereitgestellt wird, wird ein Faserstrang oder Band zwischen den Halbformen der Halbformenanordnung I oder II verlegt. (um schlussendlich die Einlegeteilanordnung zu erhalten)
- [0055]** - Die Kerne werden in die Halbformen der Halbformenanordnung I, auf die Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte eingebracht.
- [0056]** - Die Halbformenanordnung II wird formschlüssig auf die Halbformenanordnung I aufgesetzt.
- [0057]** - Die Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte der Halbformenanordnung I werden an denen der Halbformenanordnung so befestigt, dass die Kerne umschlossen sind.

[0058] Besonders bevorzugt ist die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens im bzw. für den Landfahrzeugbau, insbesondere im bzw. für Straßenfahrzeugbau.

[0059] Ferner wird ein Formteil aus einem Faserverbundwerkstoff, erhältlich aus dem erfindungsgemäßen Verfahren, offenbart.

[0060] Darüber hinaus wird ein Faser-Matrix-Halbzeug, erhältlich aus dem erfindungsgemäßen Verfahren, offenbart.

[0061] Die Festigkeit (auch als Bruchspannung bezeichnet) ist eine Kenngröße, die das Widerstandsverhalten des Werkstoffes gegen -elastische oder plastische - Verformung charakterisiert. Der aus dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältliche Faserverbundwerkstoff weist eine vergleichsweise hohe Festigkeit bei vergleichsweise geringen Herstellungskosten auf, wobei die Festigkeit vorzugsweise ausgewählt ist aus Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Kompressionsfestigkeit, Biegefestigkeit, Torsionsfestigkeit und Scherfestigkeit.

[0062] Die Einlegeteilanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Kraftübertragung von Oberfläche zu Oberfläche sicherstellen. Die Einlegeteile können durch Maschinen bzw. Automaten vernetzt bzw. später als Faser-Matrix-Halbzeug in die Form eingelegt werden. Der Kern eines Einlegeteils kann Stoffe enthalten, die die beispielsweise während des Aushärtens chemisch reagieren und die beispielsweise den Aushärtevorgang beeinflussen. Daneben kann der Kern Gase oder Metalle enthalten, um Reaktionen wie beispielsweise den Aushärtevorgang

zu beeinflussen. Die Oberfläche der Einlegeteile und/oder die innere Oberfläche kann mit weiteren Stoffen bedruckt bzw. imprägniert sein, beispielsweise um Reaktionen wie beispielsweise den Aushärtvorgang zu beeinflussen. Die Kerne und/oder Einlegeteile können mit Hilfe von 3D- Druck erstellt werden. Verschiedenartige Einlegeteile können miteinander kombiniert werden, um bestimmte Effekte zu erreichen. Die Kerne können tragende Eigenschaften haben oder leitend sein, oder nach Fertigstellung keine Funktion mehr erfüllen. Die einzelnen Einlegeteile können mit einer einmaligen Identifikationsnummer ausgestattet sein, um z.B. Diebstahl oder Sabotage vorzubeugen bzw. für Fälschungssicherheit. Nach Gebrauch des Formteils können die Kerne wiederverwendet werden.

[0063] Die vorliegende Erfindung kann im Fahrzeugbau, Caravanbau, Schiffsbau, Flugzeugbau sowie auch in der gesamten Kunststofftechnik (z.B. Verpackungstechnik) eingesetzt werden. Die vorliegende Erfindung kann auch im Rohbau, Hochbau, Fertigungsbau, Ausbau, Innenausbau, zum Schall- oder Wärmeschutz, für Inneneinrichtungen, Möbel, für Türen und Türfüllungen oder Dekorationen eingesetzt werden. Auch können die Formteile eine gewisse Flexibilität aufweisen, z.B. durch Vorsehen von gummiartigen Einlegeteilen oder zähflüssig bleibenden Kernen. Insbesondere ist es möglich, mit der vorliegenden Erfindung beliebige dreidimensionale Strukturen zu bilden, wobei die durch die vorliegende Erfindung gebildeten Strukturen Eigenschaften aufweisen, wie sie im biologischen Wachstum vorkommen, wie die Zellen eines Organs. Die Einlegeteile können auch für Faser-Matrix-Halbzeuge untypischen Materialien umfassen, wie z.B. Beton, Metall, usw. Mit der vorliegenden Erfindung kann eine dreidimensionale Statik erreicht werden. Die Einlegeteile können auch gesinterte Materialien umfassen. Die Einlegeteile können auch die Form von viereckigen Pyramidenstumpfen oder dreieckigen Pyramidenstumpfen vorliegen.

[0064] Hierin soll unter Faser-Matrix-Halbzeug jedes Halbzeug aus Verstärkungsfasern, das mit einer Kunststoffmatrix getränkt ist, verstanden werden - auch ungeachtet dessen, wie lange das Faser-Matrix-Halbzeug gelagert werden kann, ohne vollständig auszuhärten. Vorzugsweise ist das Faser-Matrix-Halbzeug der Erfindung mindestens einen Tag, bevorzugt mindestens eine Woche, mehr bevorzugt mindestens zwei Wochen, noch mehr bevorzugt mindestens einen Monat, insbesondere mindestens zwei Monate lagerfähig, bevor es 50% der Endhärte, bevorzugt 75% der Endhärte, mehr bevorzugt 90% der Endhärte, noch mehr bevorzugt 95% der Endhärte, insbesondere 99% der Endhärte erreicht. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Faser-Matrix-Halbzeug ein Prepreg. Insbesondere wird eine bessere Lagerfähigkeit durch Kühlung auf unter 0°C, bevorzugt unter -10°C, mehr bevorzugt unter -15°C, insbesondere unter -20°C erreicht.

[0065] Hierin bedeutet „in Berührung sein über zumindest eine Faser“ in Bezug auf eine erste faserige Oberfläche und eine zweite faserige Oberfläche, dass die Faser („verknüpfende Faser“) zumindest eine weitere Faser der ersten Oberfläche und eine weitere Faser der zweiten Oberfläche berührt. Vorteilhafterweise ist die verknüpfende Faser so mit der ersten faserigen Oberfläche und der zweiten faserigen Oberfläche verknüpft, dass bei Krafteinwirkung (z.B. durch verformende Kräfte) eine Kraftübertragung von der ersten faserigen Oberfläche zur zweiten faserigen Oberfläche über die verknüpfende Faser ermöglicht wird.

[0066] Hierin bedeutet „in Verbindung stehen“ (in Bezug auf die Einlegeteile): Ein erstes und ein zweites Einlegeteil (jeweils mit faseriger Oberfläche) stehen miteinander in Verbindung, wenn das erste Einlegeteil mit dem zweiten Einlegeteil in Berührung ist (siehe vorigen Absatz zur Definition von „in Berührung sein“) und/oder wenn das erste Einlegeteil mit einem weiteren Einlegeteil in Berührung ist, das wiederum (gegebenenfalls über weitere Einlegeteile) mit dem zweiten Einlegeteil in Berührung ist. Vorteilhafterweise ergibt sich aus dem „in Verbindung stehen“, dass bei Krafteinwirkung (z.B. durch verformende Kräfte) eine Kraftübertragung von der faserigen Oberfläche des ersten Einlegeteils zur faserigen Oberfläche des zweiten Einlegeteils über zumindest eine Faser ermöglicht wird.

[0067] Die vorliegende Erfindung wird anhand des nachfolgenden Figuren und Beispiele, auf die sie selbstverständlich nicht eingeschränkt ist, näher erläutert.

[0068] Figur 1: Herstellung des Faser-Halbzeugs

- [0069] A) Die Halbformen (1) der Halbformenordnung I (2) werden mit Trennmittel aus einer Sprühflasche (10) besprüht.
- [0070] B) Die Halbformen der Halbformenordnung I werden mit Wasser aus einer Sprühflasche (11) besprüht.
- [0071] C) Die ausgestanzten Glasfaservliesstücke (3) werden in die Halbformen der Halbformenordnung I eingebracht.
- [0072] D) Bänder aus Glasfaservlies (4) werden auf die Glasfaservliesstücke der Halbformenordnungen I entsprechend dem Gitter aufgelegt.
- [0073] E) Die Glasfaservliesstücke werden mit Einkomponenten-Polyurethan-Montageschaum (5) bespritzt.
- [0074] F) Die wie in den Schritten A-C behandelte Halbformenordnung II (6) wird formschlüssig auf die Halbformenordnung I aufgesetzt. So entsteht die Einlege-teilanordnung der Einlege-teile aus Glasfaservlies mit Schaumstoffkern - das Faser-Halbzeug. Die aufeinander gesetzten Halbformenordnungen I und II wurden vom Faser-Halbzeug entfernt.

[0075] Figur 2: Foto des Faser-Halbzeugs aus den einzelnen Einlege-teilen

[0076] Figur 3: Formteil aus dem erfindungsgemäßen Faser-Matrix-Halbzeug

Beispiel 1 - Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs

[0077] Jedes der 25 fertig gestellten Einlege-teile sollte im Wesentlichen eine ellipsoidale Form aufweisen (in etwa der Form einer bikonvexen Linse entsprechend). Demgemäß wurden 50 Halbformen, die in ihrer Form jeweils einem halben Einlege-teil entsprachen, aus Gießharz hergestellt.

[0078] Die ersten 25 der Halbformen (Halbformenordnung I) wurden in einer Ebene, im Wesentlichen in Form eines quadratischen Gitters (5x5 Halbformen) entsprechend dem kartesischen Gitter, das die Einlege-teilanordnung später darstellen soll, mit der Öffnung nach oben angeordnet. Die zweiten 25 der Halbformen (Halbformenordnung II) wurden unabhängig davon, in einem Gitter entsprechend dem Gitter von Halbformenordnung I (5x5 Halbformen), ebenfalls mit der Öffnung nach oben angeordnet.

[0079] Die Halbformen der Halbformenordnungen I und II wurden mit Trennmittel bestrichen und daraufhin mit 5°C kaltem Wasser besprüht. In jede Halbform wurde jeweils ein durch Ausstanzung erhaltenes Glasfaservliesstück (160g/m²) eingebracht, das sich unterstützt durch die Befeuchtung an die jeweilige Halbform anlegte und selbst feucht wurde.

[0080] 10 Bänder aus Glasfaservlies mit einer Breite von je 3mm wurden entsprechend dem quadratischen 5x5-Gitter auf die Glasfaservliesstücke der Halbformenordnungen I aufgelegt. Ebenso wurde, unabhängig davon, mit Halbformenordnung II verfahren.

[0081] Die Glasfaservliesstücke in den Halbformen der Halbformenordnungen I wurden mit Einkomponenten-Polyurethan-Montageschaum (HANNO 48 Pistolenschaum, Formstabilität nach DIN 53431: +/- 5%, Druckfestigkeit bei 10% Stauchung nach DIN 53421: 5-7 N/cm²) bespritzt.

[0082] Die Halbformenordnung II wurde umgedreht, so dass die Öffnung der Halbformen nach unten wies und die Halbformenordnung II der Halbformenordnung I somit entgegengesetzt war. Durch die Feuchtigkeit in den Glasfaservliesstücken bzw. den durch Kontakt mit den Glasfaservliesstücken feucht gewordenen Bändern aus Glasfaservlies blieben sowohl Stücke als auch Bänder in den Halbformen.

[0083] Die Halbformenordnung II wurde formschlüssig auf die Halbformenordnung I aufgesetzt.

[0084] Nach 30 Minuten Aushärtung des Montageschaums bei Raumtemperatur (die lokal erhöhte Luftfeuchtigkeit durch Feuchtigkeit des Glasfaservlieses begünstigte die Aushärtung) entstand so die Einlegeanordnung der 25 Einlegeile aus Glasfaservlies mit Schaumstoffkern - das Faser-Halbzeug. Die aufeinander gesetzten Halbformenordnungen I und II wurden vom Faser-Halbzeug entfernt.

[0085] Das eben beschriebene Verfahren wird auch durch Figur 1 veranschaulicht.

[0086] Durch die zuvor eingelegten Bänder aus Glasfaservlies war jedes der 25 Einlegeile mit der (glas)faserigen Oberfläche zumindest eines weiteren der Einlegeile in Berührung (nicht randständige Einlegeile standen mit jeweils vier benachbarten Einlegeile in Berührung) und jedes der 25 Einlegeile war mit jedem weiteren der Einlegeile in Verbindung, gegebenenfalls über ein oder mehrere weitere Einlegeile.

[0087] Das Faser-Halbzeug wurde in der Matrix (Epoxid-Harz EPOTUF® 37-127 mit Härter EPOTUF® 37-601) getränkt. Die faserigen Oberflächen der Einlegeile waren nun nahezu vollständig mit Matrix bedeckt, diese drang jedoch nicht in die Kerne der Einlegeile ein. Somit wurde das Faser-Matrix-Halbzeug aus dem erfindungsgemäßen Verfahren erhalten.

Beispiel 2 - Herstellung eines Formteils aus einem Faserverbundwerkstoff

[0088] Das aus Beispiel 1 erhaltene Faser-Matrix-Halbzeug wurde umgehend weiterverarbeitet. Das Faser-Matrix-Halbzeug wurde in eine Form eingebracht. Die Form wurde geschlossen und unter Vakuum gesetzt, um das überschüssige Harz abzusaugen. Nach 24 Stunden Aushärtung bei Raumtemperatur entstand das Formteil aus dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Faser-Matrix-Halbzeugs, wobei das Faser-Matrix-Halbzeug eine Matrix und einer Vielzahl an Einlegeteilen mit je einer faserigen Oberfläche umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
 - A) das Bereitstellen der Einlegeteile, so dass die faserige Oberfläche eines jeden der Einlegeteile über zumindest eine Faser mit der faserigen Oberfläche zumindest eines weiteren der Einlegeteile in Berührung ist und jedes der Einlegeteile mit jedem weiteren der Einlegeteile, gegebenenfalls über eines oder mehrere der weiteren Einlegeteile, in Verbindung steht, wodurch eine Einlegeteilanordnung erhalten wird, und
 - B) das Inkontaktbringen der Einlegeteilanordnung mit der Matrix, wonach ein Anteil der Matrix an einer Vielzahl, bevorzugt an allen, der faserigen Oberflächen verhaftet bleibt, wodurch das Faser-Matrix-Halbzeug erhalten wird;wobei jedes der Einlegeteile einen Kern aufweist, wobei der Kern aus Kunststoff oder Metall, gegebenenfalls mit Gaseinschlüssen, gefertigt ist,
wobei die Matrix nicht mit dem jeweiligen Kern von X% der Einlegeteile in Berührung kommt, wobei X mehr als 30, bevorzugt mehr als 50, mehr bevorzugt mehr als 75, noch mehr bevorzugt mehr als 90, insbesondere mehr als 95 ist,
wobei Schritt A) die folgenden Schritte umfasst:
 - a1) das Bereitstellen von Halbformen, die in ihrer Form jeweils einem halben Einlegeteil entsprechen, und
 - a2) das Anordnen eines ersten Teils der Halbformen, und
 - a3) das Anordnen eines zweiten Teils der Halbformen, und
 - a4) das Einbringen von Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte in den ersten und zweiten Teil der Halbformen, und
 - a5) das Einbringen der Kerne in den ersten Teil der Halbformen, und
 - a6) das formschlüssige Aufsetzen des zweiten Teils der Halbformen auf den ersten Teil der Halbformen, und
 - a7) das Befestigen von Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte des ersten Teils der Halbformen an Fasergewebe, -gelege, -vlies oder -matte des zweiten Teils der Halbformen, so dass die eingebrachten Kerne umschlossen sind.
2. Verfahren zur Herstellung eines Formteils aus einem Faserverbundwerkstoff unter Verwendung des Verfahrens gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
 - C) Einlegen des aus dem Verfahren gemäß Anspruch 1 erhaltenen Faser-Matrix-Halbzeugs in eine Form,
 - D) Ausüben von Druck auf das Faser-Matrix-Halbzeug in der Form, so dass das Faser-Matrix-Halbzeug im Wesentlichen formschlüssig wird, und
 - E) Aushärten des Faser-Matrix-Halbzeugs, wodurch das Formteil aus dem Faserverbundwerkstoff entsteht;vorzugsweise ferner das Absaugen oder Abfließenlassen der überschüssigen Matrix umfassend.
3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einlegeteilanordnung im Wesentlichen ein strukturiertes Gitter, insbesondere ein kartesisches Gitter, darstellt, wobei jedes der Einlegeteile im Wesentlichen einer Zelle des Gitters entspricht.

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einlegeteilanordnung aus zumindest zwei, bevorzugt zumindest drei, mehr bevorzugt zumindest vier, insbesondere zumindest fünf, Schichten der besagten Einlegeteile besteht.
5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die besagte Vielzahl an Einlegeteilen zumindest 5, bevorzugt zumindest 10, mehr bevorzugt zumindest 20, noch mehr bevorzugt zumindest 30, insbesondere zumindest 40, ist.
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Einlegeteilanordnung zumindest 100, bevorzugt zumindest 250, mehr bevorzugt zumindest 500, noch mehr bevorzugt zumindest 750, insbesondere zumindest 1000 der Einlegeteile pro Kubikmeter der Einlegeteilanordnung vorhanden sind.
7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Faserverbundwerkstoff zumindest 100, bevorzugt zumindest 250, mehr bevorzugt zumindest 500, noch mehr bevorzugt zumindest 750, insbesondere zumindest 1000 der Einlegeteile pro Kubikmeter des Faserverbundwerkstoffs vorhanden sind.
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Matrix eine duroplastische Matrix ist, bevorzugt umfassend, mehr bevorzugt bestehend aus, einem Kunstharz, insbesondere ein Epoxidharz.
9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Faser-Matrix-Halbzeug nach Schritt B), und gegebenenfalls vor Schritt C), auf unter 0°C, bevorzugt unter -10°C, mehr bevorzugt unter -15°C, insbesondere unter -20°C gekühlt wird.
10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1-7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Matrix eine thermoplastische Matrix ist, bevorzugt umfassend, insbesondere bestehend aus, Polyetheretherketon oder Polypropylen.
11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Faser-Matrix-Halbzeug ein Prepreg ist.
12. Verwendung des Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche im Landfahrzeugbau, insbesondere im Straßenfahrzeugbau.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

1/2

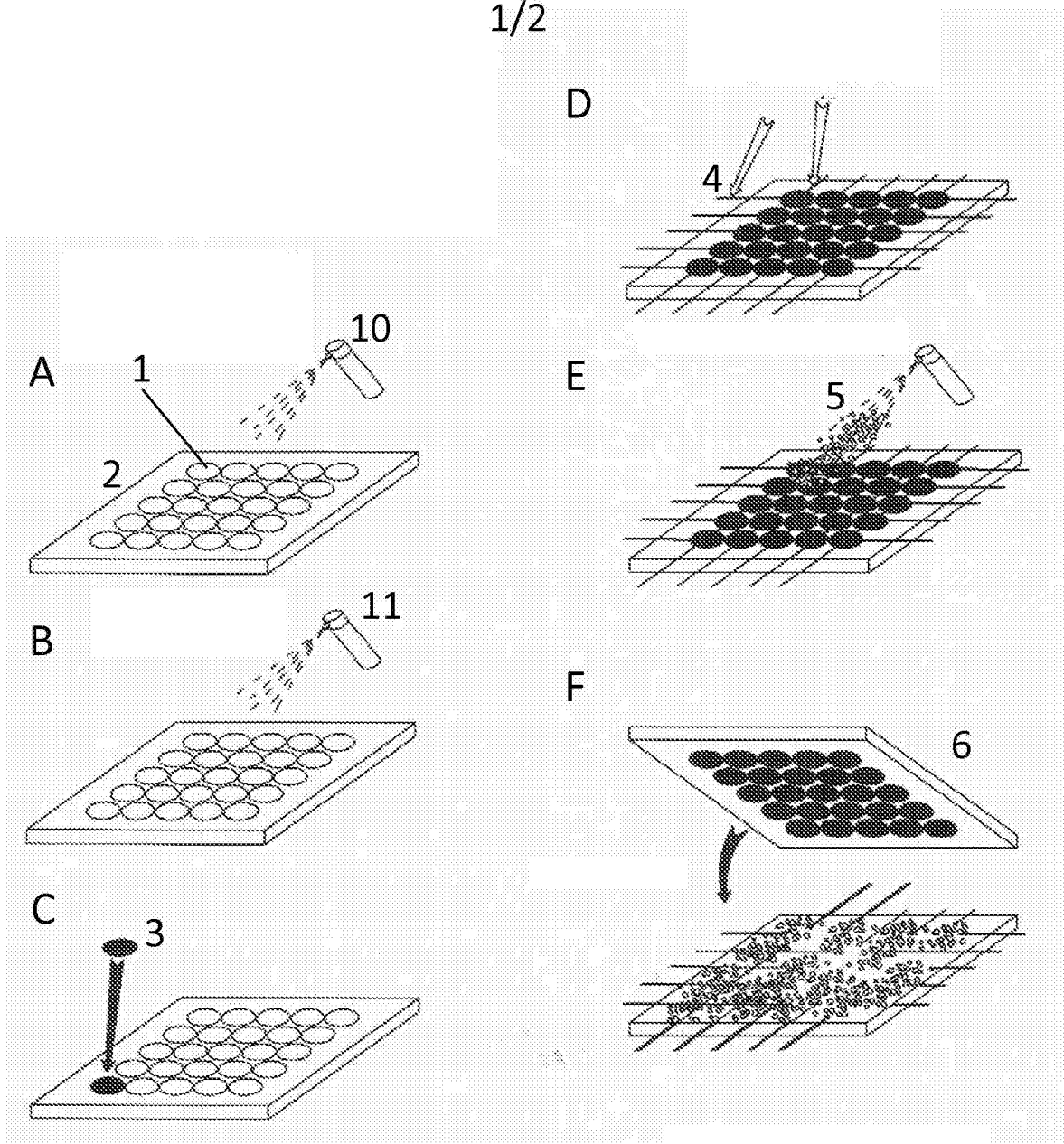


Fig. 1

2/2



Fig. 2



Fig. 3