



(10) **DE 10 2008 014 657 B4** 2015.08.20

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 014 657.9**  
(22) Anmeldetag: **17.03.2008**  
(43) Offenlegungstag: **24.09.2009**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **20.08.2015**

(51) Int Cl.: **B29C 70/46** (2006.01)  
**B29C 70/44** (2006.01)  
**B29C 70/50** (2006.01)  
**B29C 70/54** (2006.01)  
**B29B 15/10** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Airbus Defence and Space GmbH, 85521  
Ottobrunn, DE**

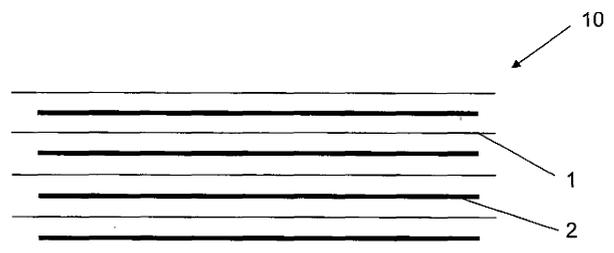
(72) Erfinder:  
**Berchtold, Gerd, Dr., 82362 Weilheim, DE; Utecht,  
Stefan, 86916 Kaufering, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 50 851	A1
DE	602 08 358	T2
DE	692 06 224	T2
EP	1 181 149	B1
EP	1 588 838	A1
WO	00/ 27 632	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen, das Verfahren umfassend: ein aufeinander Ablegen abwechselnd mit Harz vorimprägnierter faserhaltiger Schichten (2) und trockener faserhaltiger Schichten (1) zur Integration des Faserverbundbauteils (10), wobei die vorimprägnierten faserhaltigen Schichten (2) einen Harzüberschuss aufweisen; eine Infiltrationsbehandlung des Faserverbundbauteils (10) unter Wärmezufuhr nach der Ablage der Schichten, wobei eine Infiltration durch einen zeitlich und räumlich variablen Wärmeeintrag durch definierte zeitliche Aktivierung von räumlich verteilten Heizmitteln (21) erfolgt, um eine Steuerung der Harzfließfronten zu realisieren; und Abführen von im Faserverbundbauteil befindlicher Luft und sonstiger flüchtiger Bestandteile durch die gezielte räumliche Infiltration.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen.

**[0002]** Auf dem Gebiet der Herstellung von faserverstärkten Kunststoffbauteilen ist der Einsatz von mit Harz vorimprägnierten Faserhalbzeugen, sogenannten Prepregs seit langem bekannt. Die einzelnen Prepregs werden zur Bildung des herzustellenden Bauteils aufeinander abgelegt. Anschließend erfolgt eine Infiltrationsbehandlung und Aushärtung des Bauteils unter Anwendung von Druck und/oder Temperatur.

**[0003]** Bekannt ist auch das sogenannte Hot-Forming-Verfahren, bei dem die eben abgelegten, mit Harz imprägnierten Bauteile in einem weiteren Prozessschritt unter Einsatz von Wärme zu komplexen Formen umgeformt werden.

**[0004]** Ein weiteres bekanntes Verfahren ist das sogenannte RFI-Verfahren (Resin Film Infusion), wie z. B. in der DE 100 50 851 A1 oder der DE 602 08 358 T2 beschrieben. Dabei erfolgt der Aufbau des herzustellenden Faserverbundbauteils durch Ablegen fester Harzfilme ohne Faseranteil auf trockenem Faserhalbzeug. Die Infiltration erfolgt durch anschließende Wärmezufuhr, wobei das Harz des Harzfilms aufschmilzt und das darunterliegende Faserhalbzeug infiltriert. Bei der genannten DE 602 08 358 T2 enthalten die Harzfilme Entlüftungskanäle, um die im Bauteil befindliche Luft während der Infiltration zu entfernen.

**[0005]** Nachteil beim Einsatz von Prepregs wie auch bei dem RFI-Verfahren ist die Tatsache, dass die Drapierbarkeit der Materialien, welche insbesondere bei der Erzeugung gekrümmter Bauteilformen von großer Wichtigkeit ist, nur eingeschränkt möglich ist. Bei einem Prepreg-Verfahren wird das Drapieren aufgrund der hohen Haftung der einzelnen Faserlagen erschwert, beim RFI-Verfahren besteht zwischen den einzelnen Schichten vor der Infiltration überhaupt keine Bindung, so dass das Positionieren und Fixieren der einzelnen Schichten zueinander erschwert ist. Außerdem ist beim RFI-Verfahren die Höhe des Schichtaufbaus verglichen mit der Dicke des ausgehärteten Bauteils relativ groß, was beim Aushärten zu langen Setzwegen innerhalb des Materials führt.

**[0006]** In der EP 1 588 838 A1 ist ein Verfahren beschrieben, bei dem mehrere Prepregschichten unterschiedlicher Orientierung übereinander gelegt werden. Zwischen mindestens einem Paar benachbarter Prepreglagen ist für Entlüftungszwecke eine trockene Faserschicht vorhanden.

**[0007]** Aus der WO 00/27632 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen bekannt, wobei abwechselnd mit Harz vorimprägnierte faser-

haltige Schichten und trockene faserhaltige Schichten aufeinander abgelegt werden, wobei die vorimprägnierten faserhaltigen Schichten einen Harzüberschuss aufweisen.

**[0008]** Die DE 692 06 224 T2 beschreibt ein Verfahren zur Infiltration von faserhaltigen Schichten auf einem Formwerkzeug, wobei die Ränder des Formwerkzeugs auf einer höheren Temperatur gehalten werden als die zentralen Bereiche des Formwerkzeugs.

**[0009]** Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen zu schaffen, mit dem neben einer guten Drapierbarkeit der Materialien eine weiter verbesserte Entlüftung zu erreichen, um Lufteinschlüsse zu vermeiden.

**[0010]** Diese Aufgabe wird mit Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

**[0011]** Erfindungsgemäß werden zur Integration des Faserverbundbauteils abwechselnd mit Harz vorimprägnierte faserhaltige Schichten, d. h. Prepregs, und trockene faserhaltige Schichten aufeinander abgelegt, wobei die vorimprägnierten faserhaltigen Schichten einen Harzüberschuss aufweisen. Der Harzanteil ist ausreichend, um mit dem Harz der vorimprägnierten Schichten die benachbarten trockenen Schichten zu infiltrieren.

**[0012]** Damit wird als ein wesentlicher Vorteil eine sehr gute Drapierbarkeit des Materials erzielt, da die vorimprägnierten Schichten keine Haftung untereinander haben und die trockenen Schichten relativ zu den vorimprägnierten Schichten gut beweglich sind.

**[0013]** Die vorimprägnierten Schichten wirken als Binder und erleichtern das Positionieren und Heften der trockenen Schichten. Der Einsatz von zusätzlichen Bindermaterialien, z. B. einem Bindervlies, kann entfallen.

**[0014]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es darüber hinaus sehr einfach möglich, für die Herstellung komplexer Strukturen (z. B. Holmstrukturen) das Fasermaterial zunächst eben abzulegen und es in einem weiteren Verfahrensschritt unter Anwendung von Wärme umzuformen. Eine solche Vorgehensweise ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren mit geringerem Aufwand möglich als mit dem bekannten Hot-Forming-Verfahren.

**[0015]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist ein hinsichtlich Gewicht und Festigkeit optimiertes Bauteil möglich.

**[0016]** Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, dass über die

trockenen Schichten die Abführung der Restluft und sonstiger flüchtiger Bestandteile aus dem Schichtaufbau sehr gut möglich ist.

**[0017]** Das in dem Aufbau vorhandene Harz der Prepregs reicht zur vollständigen Infiltration des Bauteils in der Regel aus, so dass eine zusätzliche Infiltration mit der damit verbundenen Bereitstellung von zusätzlichem Harz, Aufheizung und zusätzlichen Infiltrationszeiten entfallen kann. Jedoch ist eine solche zusätzliche Infiltration nicht ausgeschlossen.

**[0018]** Aushärtung und/oder Infiltration des Bauteils kann z. B. in einem Autoklaven, einem Umluftofen mit oder ohne Druckbeaufschlagung, einer Presse oder in einem beheizten Werkzeug erfolgen.

**[0019]** Die Aushärtung und/oder die Infiltration kann in einer vorteilhaften Ausführung unter Einsatz einer semipermeablen Membran, welche das Faserverbundbauteil gegen die Umgebung abschließt, erfolgen. Die Membran ist harzundurchlässig aber luftdurchlässig, um insbesondere die Restentlüftung des Bauteils zu ermöglichen. Der Einsatz einer solchen Membran ist z. B. in der EP 1 181 149 B1 beschrieben.

**[0020]** Die Druckbeaufschlagung während der Infiltrationsbehandlung oder Aushärtung des Faserverbundbauteils kann mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch erzeugt werden.

**[0021]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann als fortlaufender Prozess (z. B. Intervallheißpressen) ausgebildet sein, der sich insbesondere für kleinere Bauteile eignet (z. B. Profile) oder aber als statischer Prozess (z. B. Autoklav, Ofen).

**[0022]** Die faserhaltigen Schichten können aus einer oder mehreren Lagen eines Gewebes oder eines Geleges oder einer oder mehreren unidirektionalen Faserlagen bestehen. Als Fasermaterialien eignen sich insbesondere Glasfasern, Kohlenstofffasern, Aramidfasern oder eine Kombination aus mehreren dieser Fasern. Diese Angaben gelten sowohl für die trocken als auch für die vorimprägnierten Schichten. Die verwendeten Harze können auf duroplastischer oder thermoplastischer Basis beruhen.

**[0023]** Erfindungsgemäß wird der Verlauf der Fließfronten des Harzes während der Infiltration oder Aushärtung gezielt gesteuert. Dies wird ermöglicht, in dem das Design des Aushärtewerkzeugs im Hinblick auf die thermischen Anforderungen ausgelegt wird (z. B. variable Wanddicken). Eine andere Möglichkeit ist die gezielte Ansteuerung integrierter Heizkreise im Werkzeug.

**[0024]** Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** bis **Fig. 4** erläutert.

**[0025]** **Fig. 1** der Schichtaufbau des Faserverbundbauteils nach dem erfindungsgemäßen Verfahren;

**[0026]** **Fig. 2** der Schichtaufbau des Faserverbundbauteils nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, mit der Darstellung der Beweglichkeit der einzelnen Schichten gegeneinander;

**[0027]** **Fig. 3** der Schichtaufbau des Faserverbundbauteils nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, mit der Darstellung des Überstands der trockenen Schichten am Rand des Schichtaufbaus;

**[0028]** **Fig. 4** der Schichtaufbau des Faserverbundbauteils nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, mit der Darstellung der Fließfrontensteuerung des Harzes bei der Infiltration oder Aushärtung.

**[0029]** **Fig. 1** zeigt den hybriden Schichtaufbau eines Faserverbundbauteils **10**, wie er entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugt wird. Er umfasst abwechselnd trockene **1** und vorimprägnierte **2** Faserlagen, die nacheinander aufeinander abgelegt werden. Dabei weisen die vorimprägnierten Faserlagen **2** einen Harzüberschuss auf.

**[0030]** Da die vorimprägnierten Schichten **2** durch jeweils eine trockene **1** Schicht getrennt sind und somit untereinander keine Haftung aufweisen, während gleichzeitig die trockenen Schichten **1** gegenüber den vorimprägnierten Schichten **2** ausreichend beweglich sind, lässt sich der Faseraufbau sehr gut drapieren. Eine ausreichende Fixierung der Schichten untereinander ist dabei aufgrund der vorhandenen vorimprägnierten Schichten **2** gegeben.

**[0031]** Aufgrund der guten Drapierbarkeit ist eine Umformung des Bauteils durch Änderung der Bauteilgeometrie somit sehr einfach möglich. In **Fig. 2** ist die erwähnte gute Beweglichkeit der Schichten **1, 2** schematisch durch Pfeile dargestellt.

**[0032]** Ein weiterer Vorteil des Hybridbaus aus trockenen **1** und vorimprägnierten **2** Schichten besteht darin, dass über die trockenen Schichten **1** die Abführung der Restluft und der sonstigen flüchtigen Bestandteile aus dem Bauteil durch Absaugen sehr effektiv möglich ist. Wie **Fig. 3** zeigt, lässt man dazu vorteilhaft an den Rändern des Bauteils **10** die trockenen Schichten **1** über die vorimprägnierten Schichten **2** hinausragen (Überstand **3**). Dies dient vor allem dazu, an den Enden der trockenen Schichten **1** eine Bellegung mit Harz zu vermeiden, so dass die Absaugwege nicht blockiert werden können.

**[0033]** Fig. 4 zeigt eine Ausführung, bei der die Fließfront des Harzes bei der Infiltration/Aushärtung gezielt gesteuert werden kann. Dazu sind in das Werkzeug **20** räumlich verteilte Heizelemente **21** eingebracht. Diese Heizelemente erstrecken sich in dieser Ausführung in linearer Anordnung parallel zu den faserhaltigen Schichten des Bauteils. Die einzelnen Heizelemente **21** sind hier fünf Heizzonen A bis E zugeordnet. Die den einzelnen Heizzonen zugeordneten Heizelemente können unabhängig von den Heizelementen der anderen Heizzonen angesteuert werden. In der Ausführung nach Fig. 4 soll die Fließfront des Harzes vom linken zum rechten Bauteilrand wandern. Fig. 4 zeigt eine Momentaufnahme, bei der die Fließfront in etwa auf halben Weg zwischen den beiden Bauteilrändern angekommen ist. In der mittleren Heizzone C ist derzeit die Temperatur am höchsten, während in den Heizzonen A und B, bei denen die Infiltration schon erfolgt ist, die Temperatur bereits wieder gefallen ist (die Temperaturen werden durch unterschiedliche Graustufen symbolisiert). Die Heizzone E am rechten Rand ist von der Fließfront noch nicht erfasst, ihre Temperatur ist dort noch auf niedrigerem Niveau verglichen mit Zone C. Die Heizzone D wird als nächstes von der Fließfront erfasst werden, in dem die Heizelemente dieser Zone aktiviert werden.

**[0034]** Durch diese gezielte räumliche Steuerung der Infiltration sollen insbesondere die im Bauteil befindliche Luft und sonstige flüchtige Bestandteile möglichst vollständig abgeführt werden.

**[0035]** Anders als bei der in Fig. 4 gezeigten Ausführung mit einer Fließfront, die sich von einer Seite des Bauteils zur anderen Seite bewegt, kann die Fließfrontsteuerung auch derart erfolgen, dass z. B. in der Mitte des Bauteils begonnen wird und mehrere Fließfronten in entgegengesetzten Richtungen zu den Bauteilrändern wandern.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen, das Verfahren umfassend:  
ein aufeinander Ablegen abwechselnd mit Harz vorimprägnierter faserhaltiger Schichten (**2**) und trockener faserhaltiger Schichten (**1**) zur Integration des Faserverbundbauteils (**10**), wobei die vorimprägnierten faserhaltigen Schichten (**2**) einen Harzüberschuss aufweisen;  
eine Infiltrationsbehandlung des Faserverbundbauteils (**10**) unter Wärmezufuhr nach der Ablage der Schichten, wobei eine Infiltration durch einen zeitlich und räumlich variablen Wärmeeintrag durch definierte zeitliche Aktivierung von räumlich verteilten Heizmitteln (**21**) erfolgt, um eine Steuerung der Harzfließfronten zu realisieren; und

Abführen von im Faserverbundbauteil befindlicher Luft und sonstiger flüchtiger Bestandteile durch die gezielte räumliche Infiltration.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die faserhaltigen Schichten (**1**, **2**) aus einer oder mehreren Lagen eines Gewebes oder eines Geleges oder aus einem oder mehreren unidirektionalen Faserlagen bestehen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die faserhaltigen Schichten (**1**, **2**) Glasfasern, Kohlenstofffasern oder Aramidfasern oder eine Kombination daraus enthalten.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Restentlüftung des Faserverbundbauteils (**10**) unter Einsatz einer semipermeablen Membran erfolgt, die luftdurchlässig jedoch harzundurchlässig ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Ablage der Schichten derart erfolgt, dass an deren Rändern die trockenen Schichten gegenüber den vorimprägnierten Schichten einen Überstand (**3**) aufweisen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der zeitlich und räumlich variable Wärmeeintrag durch Einsatz eines Aushärtewerkzeugs mit entsprechend ausgelegtem Design erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei während der Infiltrationsbehandlung oder Aushärtung des Faserverbundbauteils eine mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch erzeugte Druckbeaufschlagung erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei es sich um einen statischen oder fortlaufenden Prozess handelt.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die faserhaltigen Schichten zunächst eben abgelegt werden und in einem weiteren Schritt unter Wärmezufuhr geformt werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

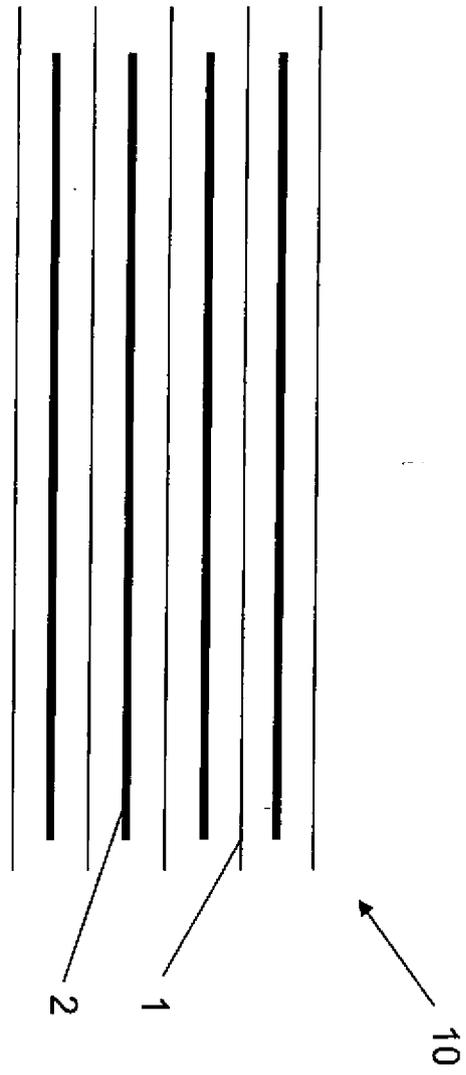


Fig. 2

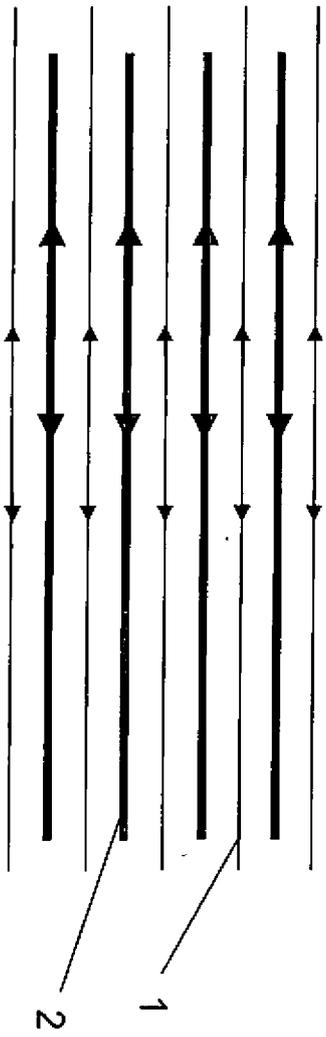


Fig. 3

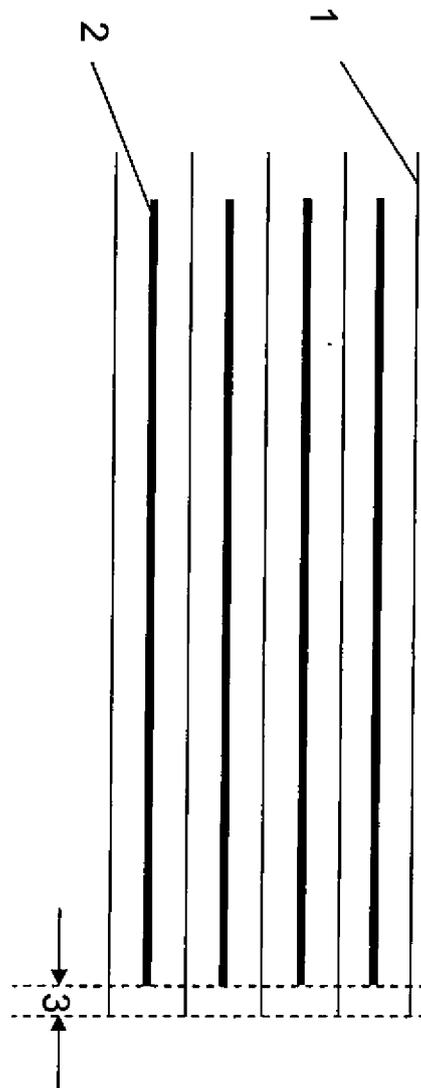


Fig. 4

