



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 216 260.5**

(22) Anmeldetag: **26.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2017**

(51) Int Cl.: **B29C 35/08 (2006.01)**
B29C 70/00 (2006.01)

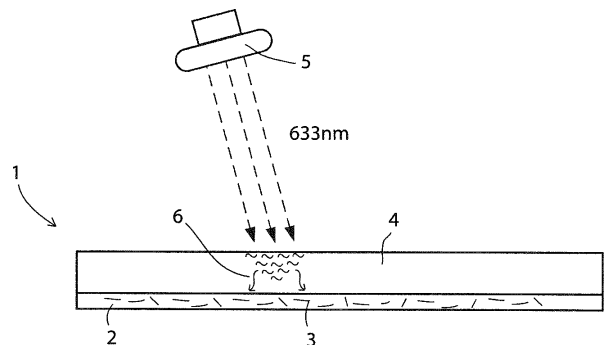
(71) Anmelder:
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809 München, DE**

(72) Erfinder:
**Hurtienne, Corvin, 52072 Aachen, DE; Marquart,
Maximilian, 81541 München, DE; Pfitzer, Hanno,
84095 Furth, DE; Föbel, Florian, 80805 München,
DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Großserientaugliche in-situ Aktivierung und Konsolidierung von Polymerwerkstoffen zur Herstellung von CF-Preforms und CFK-Bauteilen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aktivieren und/oder Aushärten eines Harzsystems oder eines Bindesystems bei der Herstellung eines Faserverbundbauteils, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
a. Bereitstellen eines polymeren Matrixmaterials in Form eines trockenen oder vorimprägnierten Fasermatrixtextils aus intermediär schmelzbaren Fasertypen und
b. Aktivieren und/oder Aushärten des vorimprägnierten oder mit einem polymeren Bindesystem beaufschlagten Fasermatrixtextils mittels elektromagnetischer Strahlung in einem Wellenlängenbereich, bei dem das Polymer des Harz- oder Bindesystems transparent ist und wenigstens ein Fasertyp ausgebildet ist, die Strahlung zu absorbieren.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Faserverbundbauteils, insbesondere für ein Kraftfahrzeug. Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zur Aktivierung eines Haftvermittlers auf Fasern sowie der Aushärtung von Matrixwerkstoffen bei der Herstellung von CFK-Faserverbundbauteilen.

[0002] In der Leichtbaukonstruktion, insbesondere im Automobil- und Flugzeugbau werden für tragende Konstruktionsteile zunehmend faserverstärkte Verbundbauteile eingesetzt. Zur Kosten- und Gewichtsoptimierung wurde im Stand der Technik vorgeschlagen, dass die Fasern kraftflussgerecht in der Bauteilstruktur integriert werden und möglichst ein Faserschnitt verhindert wird. Dies wird durch verschiedene Herstellungstechniken im Textilbereich, wie z. B. Flechten, Weben, Nähen und dergleichen ermöglicht, die zur Herstellung von so genannten Faservorformlingen (Preforms) für endlosfaserverstärkte Verbundbauteile eingesetzt und verwendet werden.

[0003] Bei Verwendung einer Nähtechnik werden die Verstärkungsfasern mit einem dafür angepassten Stickautomaten entsprechend den technischen Anforderungen aus der Bauteilberechnung auf einem Basisteil fixiert. Nachteilig an solchen Verfahren ist der Umstand, dass nach der Herstellung der Preform die entsprechende Faserstruktur immer mit Harz bzw. Kunststoff imprägniert werden muss.

[0004] Durch diesen zusätzlichen Verfahrensschritt werden die Zykluszeiten des Fertigungsprozesses und dadurch die Kosten erhöht.

[0005] Im Stand der Technik sind ferner so genannte Prepregs bekannt, womit üblicherweise ein endlosfaserverstärktes, duroplastisches Halbzeug bezeichnet wird. Ein Nachteil der Verwendung von Prepregs besteht darin, dass das entstehende Halbzeug aufgrund seiner Beschaffenheit nur für geometrisch relativ einfache Strukturen anwendbar ist und zudem einen sehr hohen Verbrauch an Fasermaterial erfordert, da immer ein Zuschneiden der Prepregs auf die gewünschte Form bzw. Kontur des zu fertigenden Faserverbundteils erfolgen muss. Dadurch entstehen Faserabfälle, die die Herstellung von Faserverbundbauteilen unter Verwendung von Prepregs verteuern.

[0006] Ein weiterer Nachteil ist, dass z. B. Schalenbauteile vollflächig aus dem teuren Verbundwerkstoff hergestellt werden müssen, obwohl nur in Teilbereichen strukturelle Eigenschaften benötigt werden. Hierzu wurde das so genannte Tailored Fiber Placement (TFP) entwickelt, welches die Verwendung schmaler vorimprägnierter Bändchen vorsieht. Die DE 10 2005 034 400 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Herstellung eines Faser-Vorformlings mit einer

nahezu beliebigen Oberflächengeometrie im TFP-Verfahren. Dabei wird ein Faserstrang mit einem Führungsmittel in einer nahezu beliebigen Bahnkurve auf einer Tragschicht abgelegt und der Faserstrang mit mindestens einem Fixierfaden mittels eines Nähkopfes auf der Tragschicht angeheftet.

[0007] Weiterhin ist die Trockenfaserablage geläufig. Der große Vorteil bei der Verarbeitung von Trockenfasern besteht im Gegensatz zu vorimprägnierten Halbzeugen (Prepreg) in der einfachen Lagerung bei Raumtemperatur, der nahezu unbegrenzten Haltbarkeit und der autoklavlosen Aushärtung. Zudem sind Trockenfasern und Harz einzeln eingekauft günstiger.

[0008] Die DE 3226290 A1 offenbart z. B. ein Verfahren und eine Vorrichtung zum gesteuerten Ablegen von Fasern auf eine Form über einen Ablegekopf zum Herstellen von Teilen aus Faserverbundwerkstoffen.

[0009] Als Ablegeverfahren zur Anwendung der vorliegenden Erfindung sind das DFP-Verfahren (Dry Fiber Placement), FPP-Verfahren (Fiber Patch Placement), das AFP-Verfahren (Automated Fiber Placement) und das ATL-Verfahren (Automated Tape Laying) zu nennen. Die AFP-Technologie wird heute beispielsweise zur automatisierten Prepreg-Ablage von schalenförmigen Komponenten (z. B. Flugzeug-Rumpfschalen) genutzt. Diese werden im Prozess durch z. B. Laser, fernes Infrarot oder Heißgas aktiviert und ausgehärtet.

[0010] Bei den derzeitigen Faserablageverfahren werden neben den trockenen auch vorimprägnierte Fasermaterialien verwendet, wobei bei den Trockenablageverfahren eine Aktivierung des aufgebrachtten Haftvermittlers oder des Bindsystems erforderlich ist. Bei Verwendung von duroplastischen Prepregs ist die Matrix aufzuschmelzen, während bei thermoplastischen Prepregs die Matrix aufgeschmolzen wird und zum Konsolidieren wieder abgekühlt wird.

[0011] Der erforderliche Wärmeeintrag um die genannten Prozesse (Aktivierung, Aushärtung und Konsolidierung) durchzuführen, erfolgt mittels unterschiedlichster Wärmequellen. Im Stand der Technik ist neben den klassischen Wärmequellen auch die Verwendung von Laserlicht bekannt. Ein ganz wesentlicher Nachteil von Laserlicht besteht in der Realisierung der erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen für Personen, die sich in dem betroffenen Bereich oder in der Nähe aufhalten. Typischerweise werden hierzu schützende Einhausungen errichtet, die aber aufwendig und teuer sind.

[0012] Eine alternative Möglichkeit zur Umgehung der Problematik mit den erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen besteht darin, klassische Infrarotstrahlung (im fernen Infrarotbereich) zu verwenden. Die-

se sind aus Sicht des Arbeitsschutzes unbedenklich. Allerdings treten dort andere Probleme auf, nämlich, dass einerseits der Energieeintrag pro Zeiteinheit zu niedrig ist und andererseits in der Ansprechzeit der Strahlungsquellen, die zu lang ist. Das bedeutet, dass sowohl die Zeitspanne vom Einschalten der Strahlungsquelle bis zum Erreichen der vollen Strahlungsleistung als auch das Abschalten und das damit verbundene Nachglühen bis die Strahlung vollständig gestoppt ist, relativ lang dauert.

[0013] Ein weiterer Nachteil bei Verwendung von klassischen IR-Strahlern im Wellenlängenbereich deutlich oberhalb von 3000 nm liegt in dem Umstand begründet, dass das IR-Licht bereits an der Oberfläche der Polymermatrix absorbiert wird und nicht bis zum CFK-Substrat eindringt. Lediglich durch Dissipation bzw. Wärmeleitung der an der Oberfläche erzeugten Wärme erfolgt der Wärmetransport in das Innere zum CFK-Substrat hin. Es dauert daher verhältnismäßig lange, bis die vollständige Aktivierung bzw. Aushärtung der gesamten Faserablage aus Fasern und Faserverbundmatrix erfolgt ist und z. B. die Konsolidierung stattgefunden hat.

[0014] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, vorbesagte Nachteile zu überwinden und ein Verfahren bereitzustellen, bei dem das Aktivieren und/oder Aushärten vergleichsweise schnell und zuverlässig bis in den CFK-Substratbereich erfolgt.

[0015] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

[0016] Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dass eine elektromagnetische Strahlung mit hoher Strahlungsdichte in einem definierten Wellenlängenbereich verwendet wird, für die das Kunststoffpolymer transparent ist. Hierdurch wird eine schnelle Erwärmung und damit Aktivierung und Aushärtung der Harzsysteme erreicht, da die verwendete Strahlung bis zum Substrat eindringt und nicht mehr vom Polymer an der Oberfläche absorbiert wird.

[0017] Erfindungsgemäß ist daher ein Verfahren zum Aktivieren und/oder Aushärten eines Harzsystems oder eines Bindesystems bei der Herstellung eines Faserverbundbauteils, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, gekennzeichnet durch folgende Schritte vorgesehen:

- a. Bereitstellen eines polymeren Matrixmaterials in Form eines trockenen oder vorimprägnierten Fasermatrixtextils aus intermediär schmelzbaren Fasertypen und
- b. Aktivieren und/oder Aushärten des vorimprägnierten oder mit einem polymeren Bindesystem beaufschlagten Fasermatrixtextils mittels elektromagnetischer Strahlung in einem Wellenlängen-

bereich, bei dem das Polymer des Harz- oder Bindesystems transparent ist und wenigstens ein Fasertyp ausgebildet ist, die Strahlung zu absorbieren.

[0018] Die elektromagnetische Strahlung ist demzufolge in einem Wellenlängenbereich ausgewählt, der auf das Polymer des Harz- oder Bindesystems abgestimmt ist, so dass das Polymer für diese Wellenlänge transparent ist. Transparent im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein Wert der Transparenz zwischen 60% bis 100%.

[0019] Mit Vorteil wird das Verfahren daher so ausgeführt, dass das Fasermatrixmaterial zunächst im Bereich der Fasern erwärmt wird.

[0020] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Aushärten differentiell erfolgt, sozusagen von „Innen“ nach „Außen“, indem die Erwärmung des Polymers über Dissipation oder Wärmeleitung der Wärme aus den Bereichen der Fasern über deren Umgebungsbereiche bis in die Bereiche mit dem Polymer erfolgt. Somit erfolgt gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahrens die Übertragung der Wärme genau umgekehrt, als bei den im Stand der Technik bekannten Verfahren, bei denen das Polymer die Wärme bzw. das Laserlicht absorbiert und die Wärme dann nach Innen transportiert wird.

[0021] Es ist in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die elektromagnetische Strahlung im oben genannten Schritt b) mittels einer NIR-Strahlung, vorzugsweise mit einer NIR-A-Strahlung erfolgt.

[0022] Weiter bevorzugt ist es daher, wenn die Wellenlänge λ der elektromagnetischen Strahlung im Bereich zwischen 800 nm und 1300 nm liegt. Als besonders vorteilhaft hat sich eine Strahlung im Bereich von 850 nm bis 950 nm, weiter bevorzugt 890 nm bis 910 nm gezeigt.

[0023] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist daher vorgesehen, dass wenigstens ein Fasertyp ausgebildet ist, die Strahlung im Bereich der verwendeten Wellenlänge zu absorbieren. Bevorzugt wird als Faser neben den bekannten technischen Eigenschaften als Stabilisator eine Kohlenstofffaser verwendet, die in dem besagten Wellenlängenbereich gute Absorptionswerte zeigt.

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt so ausgeführt, dass das Aushärten differentiell von innen nach außen erfolgt, indem die Erwärmung des Polymers mittels Dissipation der Wärme ausgehend von den Bereichen der Fasern, z. B. den Kohlenstofffasern über deren Umgebungsbereiche bis in die Bereiche mit dem Polymer erfolgt.

[0025] Erfindungsgemäß kann ferner vorgesehen sein, dass zusätzlich zu dem Schritt a) den Matrixfasern ein Matrixharz aus der Gruppe der thermisch vernetzbaren duroplastischen und/oder elastomeren Kunststoffe zugeführt wird, die insbesondere im Bereich der Wellenlänge zwischen 800 nm und 1300 nm eine hohe Transparenz von über 50% aufweisen.

[0026] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich hohe Prozessgeschwindigkeiten realisieren und kann ferner ein zielgerichteter Energieeintrag mit hohem Energieausnutzungsgrad erfolgen, bei gleichzeitig niedrigem Aufwand an Arbeitsschutzmaßnahmen.

[0027] Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt.

[0028] Es zeigen:

[0029] Fig. 1 eine schematische Ansicht der Aktivierung bzw. Aushärtung, wie aus dem Stand der Technik bekannt und

[0030] Fig. 2 eine schematische Ansicht der Aktivierung bzw. Aushärtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0031] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Figuren näher erläutert, wobei gleiche Bezugszeichen auf gleiche strukturelle und/oder funktionale Merkmale hinweisen.

[0032] Zunächst ist in der Fig. 1 eine schematische Ansicht der Aktivierung bzw. Aushärtung gezeigt, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist. Dargestellt ist eine die Fasermatrixanordnung **1** mit einer unteren Faserlage **2** mit Kohlenstofffasern **3** mit einer Schicht eines Polymerharzes **4**. Oberhalb der Polymerschicht **4** ist eine Laserlichtquelle **5**, die Licht der Wellenlänge von 633 nm ausstrahlen kann, angeordnet, die die Fasermatrixanordnung **1** beleuchtet, um diese auszuhärten. Die Polymerschicht **4** absorbiert das Licht der Wellenlänge von 633 nm und härtet von außen her aus, während die zum Aufschmelzen und Konsolidieren der Fasern notwendige Energie überwiegend durch Wärmetransport und Dissipation der Wärme (dargestellt mit dem Bezugszeichen **6**) erfolgt.

[0033] Im Gegensatz dazu zeigt die Fig. 2 eine schematische Ansicht der Aktivierung bzw. Aushärtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0034] Dargestellt ist wiederum eine der Fig. 1 vergleichbare Fasermatrixanordnung **1** mit einer unteren Faserlage **2** mit Kohlenstofffasern **3** sowie einer Schicht eines Polymerharzes **4**. Oberhalb der Polymerschicht **4** ist hier jedoch eine NIR-Lichtquelle **5** angebracht, die Licht der Wellenlänge von 900 nm ausstrahlen kann.

[0035] Die Polymerschicht **4** absorbiert das Licht der Wellenlänge von 900 nm jedoch nicht und lässt die Strahlungsenergie bis zum Fasersubstrat der unteren Faserlage **2** hindurch. Dort absorbieren die Kohlenstofffasern **3** die Strahlung und werden zur Wärmeschwingung angeregt. Nun härtet die Fasermatrixanordnung **1** differenziell von innen her aus. Gleichzeitig absorbiert das Polymer einen geringen Teil der Strahlung (je nach Grad der Transparenz) und wird erwärmt. Gleichzeitig treten Dissipationseffekte auf und wird die Wärme vergleichsweise gleichmäßig durch Wärmetransport durch die gesamte Fasermatrixanordnung **1** transportiert.

[0036] Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearbeteten Ausführungen Gebrauch macht.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102005034400 A1 [0006]
- DE 3226290 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aktivieren und/oder Aushärten eines Harzsystems oder eines Bindesystems bei der Herstellung eines Faserverbundbauteils, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

a. Bereitstellen eines polymeren Matrixmaterials in Form eines trockenen oder vorimprägnierten Fasermatrixtextils aus intermediär schmelzbaren Fasertypen und

b. Aktivieren und/oder Aushärten des vorimprägnierten oder mit einem polymeren Bindesystem beaufschlagten Fasermatrixtextils mittels elektromagnetischer Strahlung in einem Wellenlängenbereich, bei dem das Polymer des Harz- oder Bindesystems transparent ist und wenigstens ein Fasertyp ausgebildet ist, die Strahlung zu absorbieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fasermatrixmaterial zunächst im Bereich der Fasern erwärmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektromagnetische Strahlung in Schritt b) mittels NIR-Strahlung erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellenlänge λ der elektromagnetischen Strahlung im Bereich zwischen 800 nm und 1300 nm, bevorzugt im Bereich von 850 nm bis 950 nm, weiter bevorzugt 890 nm bis 910 nm liegt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine der Fasern als Kohlenstofffaser ausgebildet ist.

6. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Aushärten differentiell von innen nach außen erfolgt, indem die Erwärmung des Polymers über Dissipation von Wärme ausgehend von den Bereichen der Fasern über deren Umgebungsbereiche bis in die Bereiche mit dem Polymer erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu dem Schritt a) den Matrixfasern ein Matrixharz aus der Gruppe der thermisch vernetzbaren duroplastischen und/oder elastomeren Kunststoffe zugeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 4–7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grad der Transparenz des Polymers zwischen 50% bis 100% bezogen auf die verwendete Wellenlänge der Strahlung liegt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

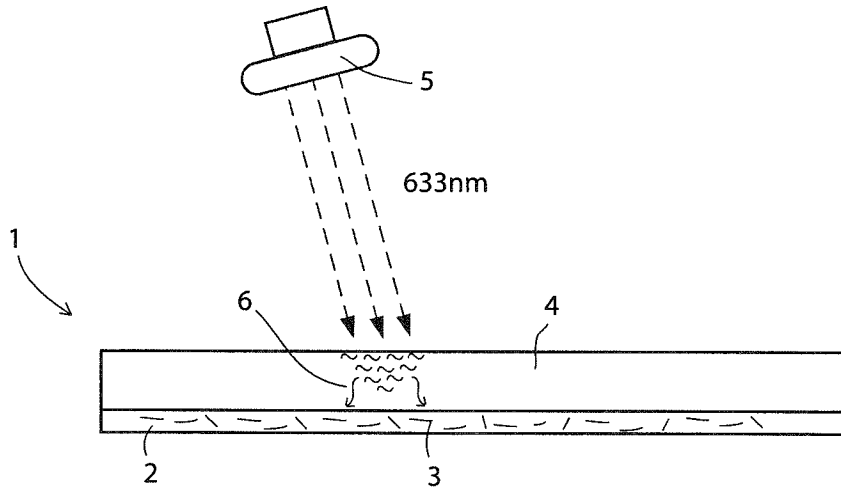


Fig. 1

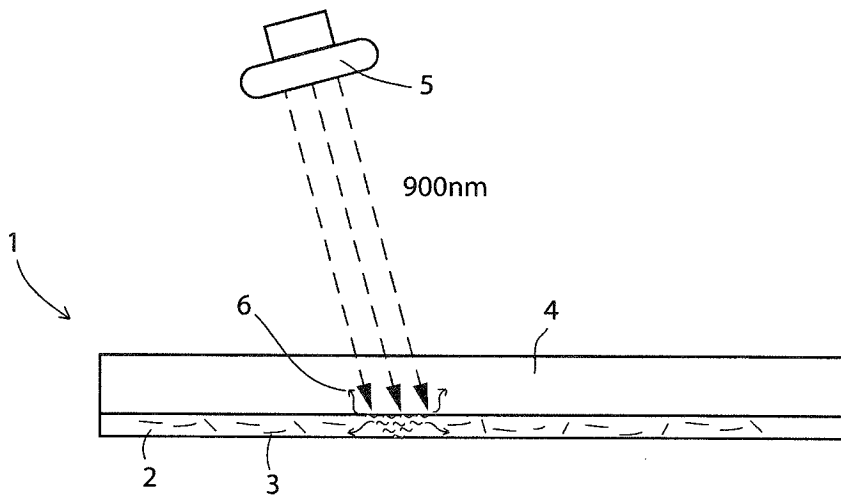


Fig. 2