



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 07 580 T2** 2007.08.16

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 428 650 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 07 580.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 257 722.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.12.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.06.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.08.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.08.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B29C 70/54** (2006.01)
B29C 35/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
0229094 **13.12.2002** **GB**

(73) Patentinhaber:
Hexcel Composites Ltd., Cambridge, GB

(74) Vertreter:
Bartels & Partner, Patentanwälte, 70174 Stuttgart

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR**

(72) Erfinder:
Hadley, Philip C., Cambridgeshire, CB6 3WL, GB

(54) Bezeichnung: **Verbesserungen in oder bezüglich der Herstellung von Faserverbundwerkstoffen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verbesserungen an faserverstärkten Verbundwerkstoffen oder in Zusammenhang mit der Zubereitung faserverstärkter Verbundwerkstoffe.

[0002] Faserverstärkte Verbundstoffe werden weitgehend verwendet, um Strukturen und Bauteile für den Gebrauch in einer Reihe verschiedener Industrien zu bilden, zum Beispiel Luftfahrt, Transport, Elektronik, Bauwesen und Freizeitindustrie.

[0003] Ein üblicher Ansatz für das Zubereiten solcher Strukturen oder Bauteile, insbesondere großer Bauteile oder Strukturen, wie zum Beispiel Bootsrümpfe, Windturbinenschaufeln oder bestimmte Luftfahrzeugbestandteile, bedingen das Anordnen einer Faserverstärkungseinheit innerhalb einer Form gefolgt vom Imprägnieren oder Infundieren des Aufbaus mit einem Gemisch eines oder mehrerer Flüssigharze mit einem oder mehreren Aushärtmitteln. Sobald das Imprägnieren oder das Infundieren des Flüssigharz-/Aushärtmittelgemischs in den Aufbau komplett ist, wird das Flüssigharz ausgehärtet, um die endgültige geformte Struktur oder den endgültigen geformten Bauteil zu ergeben, typischerweise durch Erhitzen des Aufbaus.

[0004] Es gibt eine Anzahl verschiedener Techniken, durch welche ein Harz-/Aushärtmittelgemisch in den faserigen Verstärkungsaufbau infundiert oder imprägniert werden kann. Herkömmliche Techniken bedingen entweder das Bürsten oder Messen des Harz-/Aushärtmittelgemischs auf die faserige Verstärkung. Obwohl solche Techniken in der Praxis einfach und relativ kostengünstig umzusetzen sind, kann das daraus hervorgehende Produkt in der Qualität unterschiedlich sein, und die mechanischen Eigenschaften der endgültigen Struktur oder des Bauteils können oft minderwertig sein.

[0005] Kürzlich wurden Flüssigharzinfusionstechnologien, die gemäß dem Stand der Technik unter verschiedenen Akronymen, wie zum Beispiel RTM, VaRTM, SCRIMP, RIFT usw. bekannt sind, entwickelt. Alle diese Techniken beruhen auf dem grundlegenden Konzept des Einspritzens oder Infundierens von Harz in eine faserige Verstärkungseinheit, entweder in einer geschlossenen Form im Fall eines RTM-Prozesses oder in einem Vakuumsackformen im Fall eines VaRTM- oder SCRIMP Prozesses. Die Prozesse bieten aufgrund der verbesserten Hygiene und Sicherheit mit welchen diese hauptsächlich geschlossenen Prozesse ausgeführt werden können, den günstigen mechanischen Eigenschaften der endgültigen Verbundwerkstoffstruktur oder des endgültigen Verbundwerkstoffbauteils und günstiger Herstellungskosten zahlreiche Vorteile im Vergleich zu den herkömmlichen Techniken.

[0006] Beim Zubereiten faserverstärkter Bauteile durch einen Flüssigharzinfusionsprozess wurde beobachtet, dass eine Tendenz des Flüssigharzes, das in die faserige Verstärkungseinheit infundiert wird, besteht, sich in bestimmten Bereichen der Einheit während des Infundierens und des Aushärtens abzureichern. Diese Erscheinung ist insbesondere häufig, wenn ein Vakuum-Harzinfusionsprozess verwendet wird, um große Bauteile vorzubereiten, wie zum Beispiel Windturbinenschaufeln oder Bootsrümpfe und/oder wenn das Flüssigharz, das in die faserige Verstärkungseinheit infundiert wird, eine besonders niedrige Viskosität hat (weil niedrige Viskositäten zum Beispiel besondere Vorteile hinsichtlich der Infusionsgeschwindigkeit bieten). Das Auftreten von Harzabreicherung kann insbesondere nachteilig sein, weil die endgültige Struktur oder der endgültige Bauteil, die nach dem Aushärten des Flüssigharzes geformt werden, nicht die ursprünglich beabsichtigte Verteilung des Harzes in seiner ganzen Struktur enthält. Die mechanischen Eigenschaften und die Leistung der Struktur oder des Bauteils, die so geformt werden, können folglich kompromittiert werden, insbesondere in Bereichen, in welchen die Harzabreicherung aufgetreten ist. Das Auftreten von Harzabreicherung kann oft durch die Gegenwart weißer Stellen auf der Oberfläche glasverstärkter Bauteile visualisiert werden. Diese können während des Infundierens auftreten oder erst nach dem Aushärten sichtbar werden.

[0007] In dem Fall eines VaRTM-Prozesses zum Beispiel, umfassen die Bereiche der Einheit, deren besondere Anfälligkeit für das Auftreten von Harzabreicherung beobachtet wurde, die Bereiche in der Nähe der Saugverrohrung, welche die Vakuumpumpe mit der Form verbindet, wo die Harzabreicherung dazu tendiert, als Ergebnis der Saugkraft aufzutreten, die von der Vakuumpumpe erzeugt wird, und Bereiche, die mit senkrecht geneigten Abschnitten der Form in Berührung sind, an welchen sich die Harzabreicherung auch als Ergebnis von Schwerkraftwirkungen ergeben kann. Die Harzabreicherung in diesen Bereichen tritt insbesondere mit Wahrscheinlichkeit auf, sobald alle Räume zwischen Fasern und Faserverstärkung völlig mit dem infundierten Flüssigharz gesättigt sind. Ferner ist der Stützdruck, der an der Einheit von dem Vakuumsack angelegt wird, typischerweise kleiner als 1 bar (100 kPa), was als solches unzureichend ist, um zu vermeiden, dass das Flüssigharz aus senkrecht geneigten Abschnitten der Zusammensetzung unter der Schwerkraft ausfließt.

[0008] Ist das Harz ein Epoxidharz, wird das Problem ferner betont, wenn die Einheit erhitzt wird, um zu bewirken, dass das Harz aushärtet, weil die Viskosität von Epoxidharzen während des Aushärtzyklus signifikant sinkt. Obwohl das ähnlich ist wie bei anderen Harzsystemen, ist es bei flüssigen Epoxidharzen weniger wahrscheinlich, dass sie diesem Sin-

ken der Viskosität durch einen schnellen Gelier-Aushärtmechanismus entgegenwirken können. Die vorübergehend unkontrollierte Verringerung der Viskosität, insbesondere beim Koppeln mit der Tatsache, dass es oft erforderlich ist, die Vakuumabsaugung an der Einheit aufrechtzuerhalten, sobald die Harzinfusion vollständig ist und auch während des Aushärtzyklus, steigert die Tendenz zur Harzabreicherung insbesondere in empfindlichen Bereichen noch mehr.

[0009] Ein Ansatz zum Lösen dieses Problems besteht darin, ein sehr schnelles Aushärtssystem zu verwenden; die Gelierzeit für formulierte Epoxidharzinfusionssysteme kann auf nur einige Minuten und in manchen Fällen sogar weniger verringert werden. Das kann sich jedoch schwerwiegend auf die Viskosität der Zusammensetzung während des Infusionsprozesses auswirken und auf die Sicherheit des Vorgangs, denn derartig hohe Reaktivität ist oft vom Erzeugen hoher exothermer Hitze begleitet.

[0010] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Zusammensetzung zum Zubereiten einer faserverstärkten Verbundwerkstoffstruktur oder eines faserverstärkten Verbundwerkstoffbauteils durch einen Harzinfusionsprozess bereitzustellen, bei dem die Abreicherung des Harzes in Bereichen, die zur Harzabreicherung neigen, signifikant verringert oder komplett eliminiert wird.

[0011] Pfund („Resin Infusion in the US Marine Industry“, Reinforced Plastics (1994), Band 38, Nr. 12, Seiten 32–34) hat ein Harztransfer-Form- und allmähliches Schichtungsverfahren mit Vakuumunterstützung (VaRTM-PLP), Infusionsverfahren gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 bzw. 10, unter Lichthärten eines mit Harz infundierten Schichtstoffs beschrieben. Der gehärtete Abschnitt des Schichtstoffs kann an jeder Stelle gestoppt oder gestartet werden, indem der Schichtstoff beim Infundieren sequenziell maskiert wird.

[0012] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung und wie in Anspruch 1 definiert, wird eine faserige Verstärkungseinheit bereitgestellt, die mit einem Gemisch aus einem Flüssigharz und einem Aushärtmittel für das Harz imprägniert ist, wobei die faserige Verstärkungseinheit ferner Fixiermittel aufweist, die an einer oder mehreren Stellen und/oder innerhalb der faserigen Verstärkung angeordnet sind, wobei das Fixieren bedeutet, dass die Konfiguration so ist, dass das lokale Fixieren des Flüssigharzes in der Nähe der Fixiermittel verliehen wird.

[0013] Vorzugsweise ist das Fixiermittel ein physikalisch-chemisches Mittel, durch welches die Viskosität des Flüssigharzes gesteigert werden kann. Das physikalisch-chemische Fixiermittel kann das Hinzu-

fügen eines Zusatzstoffes mit einem intrinsischen viskositätsverbessernden Merkmal aufweisen, wie zum Beispiel ein Verdickungsmittel oder thixotrope Stoffe oder alternativ das Hinzufügen eines Beschleunigungsmittels, das mit dem Flüssigharz-/Aushärtmitelgemisch reagiert, um ein Gel zu bilden. Die Steigerung der Viskosität, die in dem Flüssigharz verliehen wird, kann entweder genutzt werden, um eine Region des Flüssigharzes innerhalb der Einheit zu fixieren, oder um eine Barriere zu schaffen, um das Fließen des Flüssigharzes aus einer spezifizierten Zone der Einheit zu verhindern oder zumindest zu behindern.

[0014] Ein bevorzugtes physikalisch-chemisches Fixiermittel wurde in Anspruch 12 definiert.

[0015] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Zubereiten einer faserverstärkten Verbundwerkstoffstruktur oder eines faserverstärkten Verbundwerkstoffbauteils wie in Anspruch 18 definiert bereitgestellt.

[0016] Das Problem der Harzabreicherung, dessen Auftreten im Anschluss an das Zubereiten einer faserverstärkten Verbundwerkstoffstruktur oder eines faserverstärkten Verbundwerkstoffbauteils mit Harzinfusionsprozess beobachtet wird, kann durch die vorliegende Erfindung gelöst werden, indem das Fixiermittel selektiv in den Bereichen der Einheit positioniert wird, die zu Harzabreicherung neigen (das heißt in senkrecht geneigten Abschnitten der Form oder bei einem VaRTM-Verfahren zum Beispiel in den Bereichen, die die Vakuumverrohrung umgeben), wobei das Bilden einer endgültigen ausgehärteten Struktur oder eines Bauteils ermöglicht wird, die/der eine im Wesentlichen gleichförmige Verteilung von Harz in ihrer/seiner ganzen Struktur hat. Es ist klar, dass das lokale Fixieren des Flüssigharzes in der Nähe der Fixiermittel der Tendenz des Harzes, aus diesen Bereichen zu fließen, vorbeugt oder sie im Wesentlichen behindert, sei es unter Schwerkrafteinwirkung oder durch jede andere Treibkraft.

[0017] Zusätzlich zum Bereitstellen einer Lösung des Problems der Harzabreicherung kann es auch Fälle geben, in welchen das kontrollierbare lokale Fixieren des Harzes verwendet werden kann, um andere erstrebenswerte Auswirkungen zu erzielen, wie zum Beispiel das Schließen oder Blockieren einer Saugrohrverbindung zwischen der Vakuumpumpe und der Formeinheit sowohl in einem VaRTM- als auch in einem SCRIMP-Prozess. Dieser Effekt könnte erstrebenswert sein, um das kontrollierte Infundieren des Harzes in die Einheit zu erleichtern, und könnte durch das Anordnen eines Fixiermittels in der Nähe der Öffnung eines Vakuumsaugrohrs erzielt werden, so dass, wenn das Harz das Fixiermittel erreicht und das lokale Fixieren des infundierten Harzes verliehen wird, das Saugrohr effektiv geschlossen oder blockiert wird. Dieser Effekt könnte genutzt

werden, um sequenziell eine Anzahl verschiedener Saugrohre zu schließen, während das Flüssigharz allmählich in verschiedenen Bereichen der Einheit infundiert, so dass es ermöglicht wird, dass das Vakuum saugen allmählich in den restlichen Bereichen der Einheit konzentriert wird, in welchen das komplette Infundieren noch nicht erzielt wurde.

[0018] Bekannte Verfahren, durch welche das lokale Fixieren eines Flüssigharzes innerhalb der Einheit durch die Richtung der Hitze auf lokale Bereiche einer Trägerzusammensetzung verwirklicht werden könnte, wodurch das Aushärten des Harzes an dieser Stelle gefördert wird sind in Butler et al., Proc. Int. Conf. Compos. Mater, 10th (1995), Band 3, 269-276 und Shull et al., Proceedings of SPIE, The International Society for Optical Engineering (2000), 3993, 19-22, beschrieben. Bei solchen Prozessen besteht jedoch die Möglichkeit, dass der Wärmetransfer das Aushärten des Harzes über die erstrebenswerten Bereiche hinaus fördert. Wenn zum Beispiel das Harzsystem als hoch reaktionsfähig formuliert wird, das heißt, wenn ein schnelles Aushärten bei niedrigen Temperaturen erstrebenswert ist, besteht die Möglichkeit zum Fördern der Aushärtreaktion über exotherme Verstärkung. Wenn keine Maßnahmen getroffen werden, um dies einzuschränken, besteht die Möglichkeit, dass das Aushärten des Harzes über größere Bereiche der Zusammensetzung gefördert wird, insbesondere in dicken Abschnitten der Einheit. Hingegen beruhen bestimmte hier beschriebene Zusammensetzungen und Prozesse der Erfindung nicht auf starker Reaktionschemie, um das lokale Fixieren von Harz zu verwirklichen, so dass das Problem der unerwünschten exothermen Verstärkung eliminiert wird.

[0019] Bei der vorliegenden Erfindung bezeichnet der Ausdruck „Fixiermittel“ ein Mittel zum Verleihen der lokalen Fixierung des Flüssigharzes, das in die faserige Verstärkungseinheit infundiert wird, durch ein physikalisch-chemisches Mittel, durch welches die Viskosität des Flüssigharzes gesteigert werden kann.

[0020] Es wird insbesondere vorgezogen, dass das Fixiermittel ein chemisches Mittel ist, durch welches die Viskosität des Flüssigharzes durch die Reaktion eines so genannten „Beschleunigungsmittels“ mit dem infundierten Flüssigharz-/Härtmittelgemisch gesteigert wird. Diese Reaktion steigert die Viskosität, indem das lokale Gelieren des Flüssigharzes veranlasst und dadurch vermieden wird, dass das Flüssigharz frei in dem Bereich fließt, in dem das chemische Mittel angewandt wird, und daher verwendet werden kann, um dem Auftreten von Harzanreicherung vorzubeugen.

[0021] Die Reaktion des Flüssigharz-/Härtmittelgemischs mit dem Beschleunigungsmittel ergibt nicht

unbedingt das volle Aushärten des Harzes in der Nähe des Fixiermittels. Es ist nur erforderlich, dass die Viskosität des Flüssigharzes auf ein Maß gesteigert wird, das ausreicht, um sein Fließen zu verhindern und daher sein Abreichern aus der Nähe des chemischen Mittels. Das volle Aushärten des fixierten Bereichs kann durch fortgesetzte Reaktion zwischen dem Harz und dem Härtmittel auftreten, oft bei erhöhter Temperatur. Alternativ kann das Beschleunigungsmittel, das in diesem Bereich angewandt wird, ebenfalls an dieser fortgesetzten Reaktion beteiligt sein.

[0022] Das Beschleunigungsmittel kann entweder direkt auf der Oberfläche der faserigen Verstärkungseinheit angewandt und/oder in diese imprägniert werden, oder, wenn diese Einheit aus einer Anzahl von Blättern oder Lagen eines faserverstärkten Werkstoffs besteht, kann das Beschleunigungsmittel an einige oder alle dieser einzelnen Blätter oder Lagen angewandt und/oder in sie imprägniert werden. Die letztere Anwendungsform ist besonders erstrebenswert, wenn ein umfassendes Fixieren des Flüssigharzes durch die ganze Einheit an einer gegebenen Lage gewünscht wird.

[0023] Während das Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch in die faserige Verstärkungseinheit eindringt, kann das Beschleunigungsmittel in dem umgebenden Bereich dispergiert werden. Wenn das der Fall ist, wird vermutet, dass der Gebrauch des Beschleunigungsmittels in Bereichen der Einheit am geeignetsten wäre, in welchen die Harzfließrate durch die Einheit während des Infusionsprozesses niedrig ist. In der Praxis befinden sich die meisten Bereiche der Einheit, die zur Harzabreicherung tendieren und in welchen das Fixieren des Flüssigharzes daher erstrebenswert ist, um die Peripherie der Einheit, wo die Einheit typisch dünner und die Harzfließrate typisch niedriger ist. In diesen Bereichen werden daher das Dispergieren und das Verdünnen des Beschleunigungsmittels in den umgebenden Bereich durch das Fließen des Infusionsharz-/Härtmittelgemischs eingeschränkt.

[0024] Vorzugsweise tritt die lokale Reaktion zwischen dem Beschleunigungsmittel und dem Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch zu einem Zeitpunkt nahe des Endes der Harzinfusion auf, wenn die Fließrate niedrig ist.

[0025] In dem Fall des SCRIMP-Prozesses, bei dem das schnelle Fließen des Flüssigharz-/Aushärtmittelgemischs über die Oberfläche der unteren Fläche der Einheit begünstigt wird, bevor entgegen der Formoberfläche durchdrungen wird, könnte das Beschleunigungsmittel vorzugsweise an einer Anzahl von Lagen über die Stärke der faserigen Verstärkungseinheit und nicht nur auf der Oberfläche der Einheit angewandt werden.

[0026] In dem Fall der VaRTM-Prozesse kann das Beschleunigungsmittel auf die faserige Verstärkung vor dem Ablassen der Einheit und Infundieren der faserigen Verstärkung mit dem Flüssigharz/Aushärtmittelgemisch aufgetragen werden.

[0027] Obwohl ein pures Auftragen des Beschleunigungsmittels auf die faserige Verstärkungseinheit im Allgemeinen vorgezogen wird, können einige zusätzliche Komponenten in das Beschleunigungsmittel aufgenommen werden, um das Fixieren des Beschleunigungsmittels innerhalb und/oder auf der Fläche der faserigen Verstärkung zu unterstützen. Ein Beispiel einer solchen zusätzlichen Komponente, die verwendet werden kann, ist ein thixotroper Stoff, wie zum Beispiel pyrogene Kieselsäure, erhältlich bei Cabot Corporation unter dem Warenzeichen Cabosil® oder von Degussa Ltd. unter dem Warenzeichen Aerosil®.

[0028] Wenn das Anbringen puren Beschleunigungsmittels an irgendeiner Stelle eine lokale Beschleunigungsmittelkonzentration, die zu hoch ist, ergeben kann, kann das Beschleunigungsmittel in einem Lösemittel gelöst werden, das später abgespült wird. Wichtig ist, dass jedes Trägerlösemittel komplett eliminiert wird, und das kann unter Einsatz von Hitze und/oder Vakuumprozessen erfolgen. Der Fachmann versteht, dass eine solche Technik während eines Vakuumharzinfusionsprozesses durch das Ableiten aus der Einheit vor der Harzinfusion erfolgen kann, wenn das Beschleunigungsmittel als eine Lösung zugeführt wird. Ferner kann das Zuführen einer Lösung des Beschleunigungsmittels das Auftragen des Beschleunigungsmittels auf die faserige Verstärkung durch eine entsprechende Sprüh- oder Maltechnik durch den Formtechniker erleichtern. Es kann dann auch für das Trägerlösemittel passend sein, wie oben beschrieben eliminiert zu werden, indem man auf den Einsatz des Vakuums zurückgreift, das normalerweise mit dem Hineinziehen des Flüssigharzes in die Einheit assoziiert wird. Allerdings müssen alle Einschränkungen, die durch die Tätigkeit des Beschleunigungsmittels auferlegt werden, berücksichtigt werden.

[0029] Es wird jedoch bevorzugt, dass das Beschleunigungsmittel auf die faserige Verstärkungseinheit in der Form eines so genannten „Beschleunigungsmittelträgers“ aufgebracht wird. Mit „Beschleunigungsmittelträger“ ist ein Stück oder ein Streifen eines geeigneten Trägersubstrats gemeint, das/der mit dem Beschleunigungsmittel imprägniert wird.

[0030] Der „Beschleunigungsmittelträger“ kann getrennt als Stücke oder Streifen des Trägersubstrats bereitgestellt werden, die mit dem Beschleunigungsmittel vorimprägniert wurden. Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird daher ein „Beschleunigungsmittelträger“ bereitgestellt, der auf

und/oder in einer faserigen Verstärkungseinheit, die ein Trägersubstrat aufweist, das mit einem Beschleunigungsmittel wie hier definiert imprägniert ist, angeordnet werden kann.

[0031] Der Gebrauch eines „Beschleunigungsmittelträgers“ ist besonders vorteilhaft, weil er das Erfordernis für den Formtechniker umgeht, das Beschleunigungsmittel direkt zu handhaben. Wie für das Auftragen des Beschleunigungsmittels direkt auf die faserige Verstärkungseinheit wie oben besprochen, wird vorgezogen, dass das Trägersubstrat mit dem Beschleunigungsmittel allein imprägniert wird, es kann aber in manchen Fällen erforderlich sein, zusätzliche Komponenten (zum Beispiel Cabosil®) hinzuzufügen, um das Fixieren des Reagens entweder innerhalb oder auf der Fläche des Trägersubstrats zu unterstützen.

[0032] Es kann jedes geeignete Trägersubstrat zum Vorbereiten eines „Beschleunigungsmittelträgers“ verwendet werden. Geeignete Beispiele umfassen Textilien, insbesondere leichte Stoffe und grobe Gewebe aus natürlichen oder synthetischen Fasern, wie zum Beispiel Nylon, Polyester, Baumwollglasfaser oder Kohlenstofffaser in gesteppten, gestrickten, gewobenen oder Mattenformen. Das Trägersubstrat des „Beschleunigungsmittelträgers“ könnte daher entweder das gleiche Material sein wie die faserige Verstärkungseinheit oder unterschiedlich. In den meisten Fällen wird ein „Beschleunigungsmittelträger“ auf dünne Abschnitte der faserigen Verstärkung aufgebracht. In solchen Fällen kann eine ausreichende Menge des Beschleunigungsmittels auf ein leichtes Stoffmaterial imprägniert werden, wie zum Beispiel die gesteppten Stoffe oder Träger, die oft in der Klebtechnik verwendet werden. Diese sehr leichten imprägnierten Artikel eignen sich besonders gut für das Einschließen in einem getränkten Windturbinenschaufel-Verstärkungsmittel oder einem Bootsrumpf, weil ihre Wirkung auf die Leistung des endgültigen Bauteils wahrscheinlich vernachlässigbar ist. Der „Beschleunigungsmittelträger“ kann auf die Fläche der faserigen Verstärkung oder alternativ, wenn die faserige Verstärkung aus einer Anzahl von Lagen oder Blättern von Verstärkungsmaterial besteht, zwischen einigen oder allen dieser Lagen oder Blätter angewandt werden. Die letztere Anwendungsform ist besonders erstrebenswert, wenn ein umfassendes Fixieren des Harzes durch die ganze Stärke der faserigen Verstärkungseinheit erforderlich ist. In manchen Fällen kann es vorzuziehen sein, die „Beschleunigungsmittelträger“, die zwischen jeweiligen Blättern oder Lagen der faserigen Verstärkung angebracht werden, zu staffeln, so dass ein allmähliches und kontrolliertes Steigern der Viskosität des Harzes verliehen wird, während das Harz durch die Einheit infundiert. Das ist insbesondere erstrebenswert in dicken Abschnitten der Einheit, in welchen der Harzfluss wahrscheinlich hoch ist.

[0033] Das Beschleunigungsmittel könnte auf das Trägersubstrat des „Beschleunigungsmittelträgers“ in einem Lösemittel wie oben in Zusammenhang mit dem Aufbringen des Beschleunigungsmittels direkt auf die faserige Verstärkungseinheit besprochen, aufgebracht werden. In solchen Fällen könnten das Lösemittel imprägnieren und das darauf folgende Lösemittelentfernen Teil des Herstellungsprozesses des „Beschleunigungsmittelträgers“ sein.

[0034] Das Trägersubstrat kann an der faserigen Verstärkungseinheit unter Gebrauch eines kleinen Stichs oder Knotens aus Glasfaser gesichert werden, auf eine Art ähnlich der, bei der die verschiedenen Schichten der faserigen Verstärkungseinheit typisch aneinander gesichert werden. Experimentieren bestimmt das optimale Positionieren dieser Stücke für jede Anwendung, sowohl in der Ebene x-y (in der Ebene der Verstärkung) als auch in der Ebene z (durch die Einheit). Die genaue Positionierung ist wahrscheinlich für jede Verstärkung einzigartig.

[0035] Vorzugsweise ist der „Beschleunigungsmittelträger“ leicht erkennbar farbig, um ihn von dem Rest der faserigen Verstärkung zu unterscheiden, außer wenn das ästhetische Aussehen wichtig ist, und er daher die gleiche Farbe (oder keine Farbe) wie der Rest der Faserverstärkung haben kann. In dem vorherigen Fall wird ein Rotton als besonders geeignet für das adäquate Vermitteln der verstärkten Reaktivität dieses speziellen Teils der Einheit betrachtet.

[0036] Während das Harz in die faserige Verstärkungseinheit eindringt und auf das Beschleunigungsmittel trifft, wird der Aushärtprozess beschleunigt, und die Viskosität des Flüssigharzes steigt viel schneller als in anderen Bereichen, in welchen kein Beschleunigungsmittel gegenwärtig ist. Je nach der genauen Beschaffenheit des ausgewählten Beschleunigungsmittels kann Hitze rasch weiter entwickelt werden, und entsprechendes Aufmaß sollte für diese Möglichkeit nach Bedarf vorgesehen werden. Da jedoch die Hauptanwendung dieser Beschleunigungsmittel in erster Linie in dünnen senkrechten Abschnitten der faserigen Verstärkungseinheit liegt, in welchen die Harzabreicherung am stärksten aufzutreten tendiert, sollte die Reaktionsenthalpie schnell verteilt werden und nur wenige Probleme aufwerfen. Signifikante Wärmeleitung kann jedoch auch das Aushärten des nicht beschleunigten Bereichs des benachbarten Harzes fördern, wie oben beschrieben, was erstrebenswert sein kann oder auch nicht.

[0037] Das ausgewählte Beschleunigungsmittel, sei es für das direkte Auftragen auf die faserige Verstärkungseinheit oder zum Vorimprägnieren auf oder in einen „Beschleunigungsmittelträger“, hängt von dem spezifischen Harz-/Aushärtmittelgemisch, das in der Zusammensetzung vorhanden ist, ab. Für jedes ge-

gebene Harz-/Aushärtmittelgemisch könnte jedes geeignete Beschleunigungsmittel verwendet werden, um das lokale Gelieren des Flüssigharzes auszulösen. Die Hauptkriterien, welchen solche Beschleunigungsmittel vorzugsweise entsprechen sollten, lauten:

- (i) unter Vakuum nicht flüchtig,
- (ii) schnelles und einfaches Mischen mit dem Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch,
- (iii) Kompatibilität mit dem Aushärten des Infusionsharz-/Aushärtmittelsystems,
- (iv) leichtes Lokalisieren auf der faserigen Verstärkung und
- (v) Fördern des schnellen und effizienten Aushärtens des Infusionsharzsystems.

[0038] In einigen Fällen ist es vorzuziehen, dass das Harz ein Epoxidharz ist, das mit einem Aminaushärtmittel gemischt wird, und in diesen Fällen kann das Beschleunigungsmittel ein Reagens sein, das entweder mit dem Aminaushärtmittel und/oder dem Epoxidharz reagiert, um das Aushärten zu beschleunigen oder fortschreiten zu lassen. Typische Beschleunigungsmittel, die verwendet werden könnten, um das lokale Gelieren eines Epoxidharz-/Aminaushärtmittelgemischs zu veranlassen, sind anorganische Salze verschiedener Metalle. Geeignete Beispiele für solche Salze schließen die in US 4 668 736, US 5 198 146, US 5 958 593, US 4 101 459 und US 5 442 035 beschriebenen ein, wobei der gesamte Inhalt dieser hiermit durch Bezugnahme eingegliedert wird. Dies sind bekannte Beschleuniger für das Aminaushärten von Epoxidharzen.

[0039] Merkaptanverbindungen, wie zum Beispiel die der Reihe Capcure[®] könnten ebenfalls als Beschleuniger verwendet werden. Merkaptanverbindungen reagieren mit Epoxidharzen sehr leicht und härten sie schnell aus, insbesondere in Gegenwart tertiärer Aminaushärtmittel.

[0040] Das Beschleunigungsmittel kann auch ein Mittel sein, das eine Michael-Additionsreaktion mit dem Aminaushärtmittel ergibt, um ein Addukt zu bilden, das dann mit dem Epoxidharz reagiert, um eine stark vernetzte Harzmatrize zu bilden. Ein solches Beschleunigungsmittel ist Dipentaerythritolpentaacrylat (Sartomer[®] 399). Sartomer[®] 399 wird insbesondere für das Acrylatpolymerisieren über die 5-ungesättigten Reste auf dem Molekül empfohlen. Seine Fähigkeit, eine Michael-Additionsreaktion mit Aminaushärtmitteln zu erfahren, wurde ebenfalls berichtet. Die Reaktion zwischen Sartomer[®] 399 und dem Harz-/Aminaushärtmittelgemisch resultiert anfänglich in dem Bilden eines gummiartigen Gels. Bei dieser Form ist das Epoxidharz effektiv immobil in der Verstärkung, behält jedoch die Fähigkeit, eine Aminaushärtung zu erfahren, entweder durch eine weitere Reaktion in einer ähnlichen Art oder durch den Aushärtmechanismus, der für den Hauptteil der

Harzinfusion konzipiert ist.

[0041] Ein Nachteil im Zusammenhang mit dem Gebrauch von Sartomer® 399 besteht in seinem Potenzial, eine unkontrollierbare Freie-Radikale-Polymerisationsreaktion zu zeigen. Um die Chancen zu verringern, dass dies eintritt, können Inhibitoren in der Zusammensetzung enthalten sein. Da die Michael-Additionsreaktion mit Sartomer® 399, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, nicht auf solcher Chemie freier Radikale beruht, könnten die Aktivität und das Laden der Freie-Radikale-Inhibitoren verstärkt werden, um die Gefahr des Auftretens der Freie-Radikale-Polymerisationsreaktion weiter zu eliminieren und dadurch die Anwendbarkeit und Sicherheit dieses Verfahrens zu steigern.

[0042] Das Auftreten von Harzabreicherung, das bei Flüssigepoxidharzen beobachtet wird, ist bei Harzsystemen mit Freie-Radikale-Aushärtung nicht so sehr ein Problem wie die ungesättigten Polyesterharze, weil diese Harzsysteme anders als die Epoxidharze leicht in einer vorbestimmten Zeit nach dem Infundieren zum Gelieren modifiziert werden können. Das erlaubt das schnelle Auftreten des Gelierens um die Zeit, in welcher die Harzinfusion abgeschlossen ist und vor dem Fördern des vollen Wärmeaushärtens. Das erfordert eine gut durchdachte Auswahl der Initiatoren, Verzögerer und Inhibitoren, welche der Fachmann auszuführen versteht. Es kann jedoch noch Fälle geben, in welchen das kontrollierbare, lokale Gelieren des Freie-Radikaleausgehärteten Harzes noch erforderlich ist. Ein Beispiel für einen solchen Fall wäre die oben genannte Anwendung, bei der das lokale Gelieren des Flüssigharzes verwendet werden könnte, um die Ansaugung zu verschließen, die durch Vakuum angewandt wird, sobald die Einheit oder einer ihrer Bereiche voll mit dem Harz infundiert ist.

[0043] Das Gelieren der Freie-Radikale-Harzsysteme wird in der Hauptsache durch Wärme vermittelt und könnte daher durch lokales Erhitzen der Zusammensetzung ausgelöst werden. Zusätzliche Komponenten, wie zum Beispiel Inhibitoren, sind gewöhnlich in der Zusammensetzung enthalten, um das Reaktionsprofil zu modifizieren und das Gelieren des Harzes durch bevorzugtes Reagieren mit dem Auslöseelement zu verzögern. Nur wenn diese Inhibitoren aufgebraucht sind, kann die schnelle Polymerisationsreaktion wirklich „durchgreifen“, und die Additionspolymerisationsreaktion fördert dann das schnelle Harzgelieren. Geeignete Kombinationen von Komponenten zum Verwirklichen dieses Effekts sind dem Fachmann gut bekannt.

[0044] Das schnelle Produzieren des Auslöseelements kann auch anders als durch Wärme bewirkt werden. Bei bestimmten Ausführungsformen der Erfindung könnte das Bilden hochreaktiver Radikalele-

mente einfach über den Gebrauch von Katalysatoren gefördert werden. Diese können entweder als echte Katalysatoren wirken, wobei sehr kleine Anteile gut funktionieren, sogar in der Feststoffphase, oder als Teil eines Reduktions-Oxidationspaars (Redox). Bestimmte Ausführungsformen der Erfindung könnten das Lokalisieren einer Hälfte eines Redox-Paars auf einem „Beschleunigungsmittelträger“ und der anderen Hälfte in dem Harz-/Aushärtungsmittelgemisch aufweisen. Während das Polyesterharz in die Einheit infundiert wird, könnte die gegenseitige Wirkung zwischen den zwei Hälften des Redox-Paars das schnelle Aushärten des gegenwärtigen ungesättigten Elements beginnen. Diese Reaktion reicht, um zumindest lokal die Effekte der Inhibitoren in der Formel zu überwinden. Bestimmte Metallionen könnten ebenfalls verwendet werden, um das Aufgliedern der Freie-Radikale-Initiatoren zu katalysieren, und niedrige Konzentrationen geeigneter Metallsalze könnten auf dem „Beschleunigungsmittelträger“ isoliert oder alternativ direkt auf oder in die faserige Verstärkung selbst aufgetragen werden. Es wird vorausgesagt, dass die Freie-Radikale-Initiatoren, die katalysierter Fragmentation unterliegen, auch unter normaler Wärmeauslösung funktionieren würden, nur läuft die Reaktion unter normaler Wärmeauslösung mit einer viel kontrollierbaren Rate ab. Im Wesentlichen besteht die Aufgabe darin, einen Grad „unkontrollierter“ Reaktion des „Beschleunigungsmittelträger“-Orts zu fördern. Jeder dieser Ansätze für das lokale katalytische Auslösen der Polymerisation könnte unabhängig von der Hauptreaktionschemie wirken.

[0045] Das Beschleunigungsmittel, ob es nun pur auf die faserige Verstärkungseinheit aufgetragen oder innerhalb der Einheit in Form eines vorimprägnierten „Beschleunigungsmittelträgers“ positioniert wird, kann leicht auf ausgewählte Bereiche der Einheit angewandt werden, in welchen das lokale Fixieren des infundierten Flüssigharzes erforderlich ist. Es ist klar, dass das selektive Positionieren des Beschleunigungsmittels das Muster des Voraushärtgelierens, das sich ergibt, vorschreibt. Das Muster des erforderlichen Gelierens hängt von jeder spezifischen Anwendung ab. In manchen Fällen kann es zum Beispiel vorteilhaft sein, ein Voraushärt-Gelieermuster so zu organisieren, dass freie Kanäle nicht fixierten Harzes verbleiben, durch die Restluft oder flüchtige Nebenprodukte aus dem System entfernt werden können. Das verringert die Wahrscheinlichkeit des Fangens gasförmiger Elemente, die zur Porosität des Schichtstoffs beitragen und daher eine Verringerung der Qualität der Endstruktur oder des Bauteils verursachen würden.

[0046] In manchen Fällen ist es auch vorteilhaft, Kanäle nicht fixierten Flüssigharzes innerhalb der Einheit zu belassen, um es dem Flüssigharz zu erlauben, an dem gelierten Harz und/oder über dessen Oberseite vorbei zu fließen. Mit einer solchen Anord-

nung ist es für das Flüssigharz schwieriger, durch die Zusammensetzung zurück zu fließen, sobald die Infusion komplett ist, so dass das Flüssigharz innerhalb des gewünschten Bereichs der Zusammensetzung zurück gehalten wird und es ihm daher erlaubt wird, normal auszuhärten.

[0047] Ferner kann das Beschleunigungsmittel auch an die faserige Verstärkung in Form einer oder mehrerer Linien Beschleunigungsmittels, die direkt auf die faserige Verstärkung aufgetragen werden, angewandt werden, oder als ein oder mehrere Streifen eines vorimprägnierten „Beschleunigungsmittelträgers“, die auf der Einheit angebracht werden, so dass, wenn das Flüssigharz mit dem Beschleunigungsmittel in Berührung kommt, eine Reaktion zwischen dem Beschleunigungsmittel und dem Harz-/Aushärtungsmittelgemisch eintritt und das Bilden einer Barriere aus geliertem Harz ergibt, die konfiguriert sein kann, um das Fließen der benachbarten Bereiche des Flüssigharzes aus dem ausgewählten Bereich der Einheit zu verhindern oder zumindest zu behindern. Bei dieser Anordnung „wächst“ die Barriere effektiv aus dem Flüssigharz, während die Reaktion mit dem Beschleunigungsmittel stattfindet.

[0048] Alternativ könnten besondere Formen des „Beschleunigungsmittelträger“-Stücks verwendet werden, um das Bilden geliert oder ausgehärteter Harz-„Taschen“ durch die Einheit zu fördern, was verwendet werden könnte, um effektiv Harz zu fangen und damit das Herausfließen aus einer ausgewählten Zone unter Schwerkrafteinwirkung zu verhindern.

[0049] Vorzugsweise sollte im Anschluss an das Infundieren und das abschließende Aushärten des Harzes der endgültige Verbundwerkstoffbauteil oder die Struktur sich nicht von der unterscheiden, die ohne lokale Beschleunigung vorbereitet wurde, außer der offensichtlich verbesserten Qualität in den Bereichen, die zu Harzabreicherung neigen, wo das Flüssigharz innerhalb der Einheit fixiert wurde.

[0050] Die Menge an Beschleunigungsmittel, die auf die faserige Verstärkung aufgebracht wird, und zwar entweder direkt oder vorimprägniert innerhalb eines „Beschleunigungsmittelträgers“, muss ausreichen, um das lokale Fixieren des Flüssigharzes in der Einheit zu verleihen. In manchen Fällen kann die erforderliche Charge hoch (>10 % Massenanteil) sein, und, wenn das der Fall ist, funktioniert das Beschleunigungsmittel am besten da, wo die Harzflussrate innerhalb der Einheit niedrig ist. In Bereichen, in welchen die Fließrate hoch ist, kann das Beschleunigungsmittel durch die Einheit gespült und von dem Harz wie oben besprochen verdünnt werden. Das kann die resultierende Steigerung der Viskosität des Flüssigharzes, die auftritt, verringern, und auch das Lokalisieren des Harzfixierens verringern. Um diese Erscheinung zu berücksichtigen, könnten verschie-

dene Chargen eines Beschleunigungsmittels an verschiedene Bereiche der Einheit angewandt werden, um die verschiedenen Fließraten zu berücksichtigen, oder, alternativ, könnten „Beschleunigungsmittelträger“-Stücke mit verschiedenen Beschleunigungsmittelchargen zum Fixieren des Flüssigharzes bei verschiedenen Fließraten vorbereitet werden. Zum Beispiel könnte ein „Beschleunigungsmittelträger“-Stück oder -Streifen eine hohe Charge an Beschleunigungsmittel für Bereiche mit schnellem Harzfluss enthalten und eine niedrigere Charge der Zusammensetzung für Bereiche mit langsamem Harzfluss. Alternativ könnte ein reaktiveres Beschleunigungsmittel in Bereichen angeordnet werden, wo der Fluss des Harzes schnell ist, und ein Beschleunigungsmittel mit einer niedrigeren Reaktivität könnte an Bereiche angewandt werden, in welchen der Harzfluss langsam ist.

[0051] Ein Vorteil des Vermittelns des lokalen Fixierens des Flüssigharzes durch Veranlassen des Gellierens des Harzes durch die Reaktion mit einem Beschleunigungsmittel besteht darin, dass während des Aushärtzyklus, in dem die Harzzusammensetzung ursprünglich erhitzt wird, die Viskosität der gelierten Bereiche des Harzes hoch bleibt, wodurch der Fluss des Harzes aus den gelierten Bereichen heraus verhindert oder zumindest signifikant verringert wird. Dieses Merkmal ist besonders wichtig, wenn das Flüssigharz, das in die Einheit infundiert wird, ein Epoxidharz ist, bei dem eine anfängliche Verringerung der Viskosität während des Erhitzens des Harzes zum Aushärten auftreten kann, und die darauf folgende Erhöhung der Viskosität, während das Aushärten stattfindet, ist gewöhnlich viel langsamer als das „Pseudobefehlsaushärten“, das mit Freie-Radikale-Systemen möglich ist. Beim Fehlen eines Beschleunigungsmittels überwindet das Verringern der Viskosität, das durch das Steigern der Temperatur verursacht wird, zumindest für eine Weile jede Steigerung der Viskosität aufgrund des Fortschreitens des Harzes und Fortsetzens des Aushärtens. Während dieses Teils des Prozesses sind die Probleme des unerwünschten Harzflusses (gegen welchen die Erfindung schützen soll) am akutesten. Gewöhnlich werden Isoliermaterialien verwendet, um die infundierte Einheit während des Aushärtens abzudecken, und, wenn dies der Fall ist, zeigt sich das Auftreten der Harzabreicherung eventuell erst beim Abformen des endgültigen ausgehärteten Bauteils oder der Struktur. Das Problem wird auch durch den Gebrauch eines Harzsystems mit niedriger Viskosität verschlimmert, welcher von einer Anzahl von Betreibern von Schnellinfusionssystemen bevorzugt wird.

[0052] Es ist auch klar, dass es für die Betreiber, die ein Vakuum-Harzinfusionsverfahren anwenden, normal ist, das Niveau des Vakuums zu mäßigen, das an die Einheit angelegt wird, um es an jedes Stadium des Herstellungsprozesses anzupassen. Ein hohes Vakuum wird daher verwendet, während das Harz ur-

spränglich in die Verstärkung gesaugt wird, und ein niedrigeres Vakuum wird verwendet, wenn die Einheit voll gefüllt ist. Das Aufrechterhalten eines niedrigen Vakuums ist während des Aushärtens wichtig, um das Auftreten von Porosität in dem Schichtprodukt zu vermeiden, das sich aus flüchtigen Matrizenkomponenten, durch freigesetzte Luft oder flüchtige Reaktionsprodukte ergibt. Das ständige Anlegen mindestens eines leichten Vakuums unterstützt das Konsolidieren der Struktur und das Verwirklichen des korrekten Harz-/Verstärkungsverhältnisses. Durch das Aufrechterhalten des Vakuums wird das Fließen von Harz mit niedriger Viskosität innerhalb der Einheit ferner noch verstärkt.

[0053] Es stellt sich ferner oft als schwierig heraus, eine gleichförmige Hitzeverteilung an großen Formen zu produzieren, wie zum Beispiel bei einer Windturbinenschauelform. Das kann dazu führen, dass längere Aushärtzeiten erforderlich sind, während Bereiche, die schwer zu erhitzen sind, auf die erforderliche Temperatur gebracht werden. Ein weiterer Vorteil des Fixierens des Harzes durch Gelieren unter solchen Umständen besteht daher darin, dass es diesen Bereichen effektiv einen Vorsprung verleiht, obwohl es das Erfordernis des Wärmenachhärrens nicht ganz ersetzt. Das geschickte Anordnen solcher Fixiermittel kann daher das Erfordernis der Bereitstellung signifikanter zusätzlicher Erhitzung während des Aushärtzyklus umgehen.

[0054] Bei einer weiteren alternativen Ausführungsform der Erfindung erhält das chemische Fixiermittel, durch das die Viskosität des Flüssigharzes angehoben wird, das Hinzufügen eines viskositätsverstärkenden Materials in der Form von Extraharz, das dazu dient, die lokale Viskosität des Flüssigharzes, das in einen ausgewählten Bereich infundiert, zu steigern. Das Extraharz hat vorzugsweise eine höhere Viskosität als das Hauptharz und kann teilweise vernetzt (B-Stufe) oder eine alternative Harzform sein, wie zum Beispiel eine feste oder halbfeste Harzform (zum Beispiel festes oder halbfestes Bisphenol A, wobei das Infusionsharz ein flüssiges Bisphenol A ist oder ein Epoxidanalog oder eine Formulierung mit niedriger Viskosität). In den meisten Fällen hat das zusätzliche Harz ein höheres Molekulargewicht und daher eine höhere Viskosität als das Flüssigharz, das zum Imprägnieren des Hauptteils der faserigen Verstärkung verwendet wird. Das zusätzliche Harz könnte auf die faserige Verstärkung entweder als eine Paste oder als pure Auftragung aufgetragen werden. Zusätzlich kann das Harz auch direkt auf die faserige Verstärkungseinheit aufgetragen oder auf oder in ein oder mehrere Blätter des Trägersubstrats imprägniert werden (zum Beispiel Stoffabschnitte oder faserige Verstärkung), die anschließend auf oder innerhalb der faserigen Verstärkungseinheit positioniert werden. Obwohl es Nachteile gibt, die darin bestehen, dass die viskositäts erhöhenden Effekte zu lokal sind

(das heißt auf die Zwischenschichtenlagen der faserigen Verstärkung allein beschränkt), kann ein Herausspülen des zusätzlichen Harzes auftreten, wenn das Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch durch die faserige Verstärkung infundiert, und obwohl das Aushärten durch das Auflösen des Aushärtmittels in dem Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch beeinträchtigt werden kann, ist diese Form des Fixiermittels bei bestimmten Anwendungen wertvoll.

[0055] Alternativ weist das chemische Mittel zum Steigern der Viskosität des Flüssigharzes das Hinzufügen eines Verdickungsmittels oder thixotropen Materials auf. Geeignete Beispiele für thixotrope Stoffe können hydrophobe Kiesel Erde (z.B. Carbosil®), Zeolith, Tonerden, kurze Glasfasern oder Kugeln sein. Solche Materialien können an die Einheit trocken oder als Paste aufgebracht werden, obwohl vorsichtig vorgegangen werden muss, um sicherzustellen, dass ein effizientes Mischen mit dem Infusionsharz eintritt.

[0056] Das Flüssigharz kann die faserige Verstärkungseinheit durch jeden geeigneten Harzinfusions- oder Imprägnierprozess imprägnieren oder infundieren. Vorzugsweise wird das Harz durch einen Flüssigharzinfusionsprozess infundiert, wie zum Beispiel einen VaRTM-, SCRIMP-, RIFT- oder RTM-Prozess.

[0057] Bei den Zusammensetzungen und dem Prozess der vorliegenden Erfindung kann die faserige Verstärkungseinheit aus jedem beliebigen der oben als mögliche Trägersubstrate der „Beschleunigungsmittelträger“-Einheit erwähnten Materialien hergestellt werden.

[0058] Die Auswahl des geeigneten Aushärtmittels, das mit dem Harz zu mischen ist, hängt von dem Typ des verwendeten Harzes ab, und ein Fachmann weiß, wie geeignete Kombinationen ausgewählt werden.

[0059] Allein zur Veranschaulichung wird eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung detaillierter unten unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung beschrieben.

[0060] [Fig. 1](#) ist eine schematische Veranschaulichung des Endabschnitts einer Harzinfusions-Schichteinheit für einen großen Strukturbauteil im teilweisen Schnitt.

[0061] Der Endabschnitt der Vakuum-Harzinfusions-Schichteinheit **101**, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist, weist eine Form **102** für einen großen Strukturbauteil auf, der in diesem Fall eine Windturbinenschaukel ist. In Berührung mit der Oberfläche **102a** der Form **102** befindet sich eine faserige Verstärkungseinheit **103**, die mit einem undurchlässigen äußeren Blatt **104** abgedeckt ist, um einen dichten Vakuumsack zu bilden.

[0062] Die faserige Verstärkungseinheit **103** besteht aus mehreren Blättern aus Stärkungstoff, die miteinander befestigt sind. In dem Hauptkörper der Schichteinheit, das heißt in dem Bereich, der durch den Pfeil **107** in **Fig. 1** dargestellt ist, ist ein SCRIMP-Infusionsnetz zwischen der faserigen Verstärkung **103** und dem undurchlässigen Außenblatt **104** positioniert.

[0063] Der Vakuumsack ist mit einer Vakuumpumpe (nicht gezeigt) verbunden, deren Betrieb das Entleeren des Vakuumsacks ergibt (und somit der darin gekapselten faserigen Verstärkung **103**) und verursacht, dass ein Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch, wie zum Beispiel Prime **20** von SP Systems Ltd. (ein zweiteiliges System mit Flüssigharz und Aushärtmittel, in dem die zwei Bestandteile im richtigen Verhältnis kurz vor dem Injizieren/Infundieren vorgemischt werden) in die faserige Verstärkungseinheit **103** aus einem Vorratsbehälter (nicht gezeigt) durch das Harzeinlassrohr **105** gesaugt wird. Harzinfusionskanäle (nicht gezeigt) sind bereitgestellt, um es dem Harz zu erlauben, die faserige Verstärkungseinheit **103** auf kontrollierte Art zu durchdringen. Die in **Fig. 1** gezeigte Schichteinheit ist so konzipiert, dass das Harz schnell über den Hauptkörperbereich, der durch den Pfeil **107** dargestellt ist, fließt, und sich dann langsamer zu der Formoberfläche **102** ausbreitet. Das Fließen in den senkrecht geneigten Abschnitten der Schichteinheit, wie zum Beispiel in dem Bereich **106**, der in **Fig. 1** gezeigt ist, tritt dann in die Richtung des Pfeils **108** ein.

[0064] Sobald das Infundieren mit dem Flüssigharz-Aushärtmittelgemisch komplett ist, wird das Harz ausgehärtet, um den Windturbinenschaufelabschnitt zu bilden.

[0065] Wie oben besprochen, wurde beobachtet, dass das Flüssigharz-/Aushärtmittel, das in die Einheit infundiert wird, dazu tendiert, aus bestimmten Bereichen der Einheit herauszufließen, bevor das Aushärten des Harzes erleichtert werden kann. Die bemerkenswertesten Bereiche, in welchen das Auftreten dieser Erscheinung beobachtet wurde, sind die Bereiche, die die Vakuumsaugverrohrung umgeben, die die Vakuumpumpe mit der Einheit verbindet, und die Bereiche der Einheit, die mit senkrecht geneigten Abschnitten der Formoberfläche in Berührung sind, wie zum Beispiel der Bereich **106** in **Fig. 1**. Der Bereich **106** entspricht dem Kleberflansch der Windturbinenschaufel und das Auftreten von Harzabreicherung in diesem Teil der Schaufelstruktur kann insbesondere den mechanischen Eigenschaften und der Leistung dieses Flansches schaden.

[0066] Um daher zu verhindern, dass Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch aus diesem Bereich der Schichteinheit ausfließt, werden „Beschleunigungsmittelträger“-Stücke **101a**, **110b** und **110c** auf und/oder innerhalb der faserigen Verstärkung **103**

(wie in **Fig. 1** gezeigt) vor dem Infundieren des Flüssigharz-/Aushärtmittelgemischs positioniert. Diese Stücke bestehen aus einem oder mehreren Blättern Stoff (oder jedem anderen geeigneten faserigen Trägermaterial), die mit einer Beschleunigungssubstanz imprägniert sind, die mit dem Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch reagieren kann, um ihm wie oben definiert lokales Gelieren zu verleihen.

[0067] Während das Flüssigharz-/Aushärtmittelgemisch in den senkrecht geneigten Bereich **106** der faserigen Verstärkungseinheit **102** infundiert, kommt es mit der Beschleunigungssubstanz in Berührung, und die Gelierreaktion tritt ein. Diese Gelierreaktion steigert die Viskosität des Flüssigharz-/Aushärtmittelgemischs in der Nähe des „Beschleunigungsmittelträger“-Stücks, das wiederum das Auftreten von Harzabreicherung aus diesem Bereich durch Schwerkrafteffekt verhindert oder zumindest minimiert. Das Harz kann dann normal ausgehärtet werden, um eine Windturbinenschaufel zu bilden, die eine im Wesentlichen gleichförmige Harzverteilung durch ihre ganze Struktur, inklusive dem Kleberflansch hat.

Patentansprüche

1. Faserige Verstärkungseinheit (**103**) mit einem Gemisch aus Flüssigharz und einem Aushärtmittel für das Harz, wobei die faserige Verstärkungseinheit (**103**) ferner Fixiermittel aufweist, die an einer oder mehreren Stellen auf und/oder innerhalb der faserigen Verstärkung angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fixiermittel ein physikalisch-chemisches Mittel ist, durch welches die Viskosität des Flüssigharzes gesteigert werden kann, und das konfiguriert ist, um lokalisiertes Fixieren des Flüssigharzes in der Nähe des Fixiermittels zu verleihen.
2. Einheit (**103**) nach Anspruch 1, wobei die Einheit (**103**) eine Vielzahl von Blättern oder Schichten des faserigen Verstärkungsmaterials aufweist.
3. Einheit (**103**) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das physikalisch-chemische Mittel ein Beschleunigungsmittel oder zusätzliches Harz mit höherer Viskosität als das Flüssigharz aufweist.
4. Einheit (**103**) nach Anspruch 3, wobei das Beschleunigungsmittel auf die faserige Verstärkungseinheit (**103**) aufgetragen wird und/oder diese damit imprägniert wird.
5. Einheit (**103**) nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, wobei das Flüssigharz mit dem Beschleunigungsmittel reagiert, um ein Gel zu bilden.
6. Einheit (**103**) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei zusätzliche Bestandteile in dem Beschleunigungsmittel enthalten sind, um dessen physikalische Eigenschaften zu modifizieren.

7. Einheit (**103**) nach Anspruch 6, wobei die zusätzlichen Bestandteile ausgewählt werden aus Verdickungsmitteln und thixotropen Stoffen.

8. Einheit (**103**) nach Anspruch 7, wobei der thixotrope Stoff ausgewählt wird aus hydrophober Kieselerde, Zeolithen, Tonen, kurzen Glasfasern oder Kugeln.

9. Einheit (**103**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Harz ein Epoxidharz gemischt mit einem Aminhärtungsmittel ist.

10. Einheit (**103**) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Harz ein ungesättigtes Polyesterharz ist.

11. Einheit (**103**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das lokalisierte Fixieren des Flüssigharzes einen oder mehrere Kanäle definiert.

12. Beschleunigungsmittelträger (**110a**, **110b**, **110c**) zum Anordnen auf und/oder innerhalb einer faserigen Verstärkungseinheit (**103**), der ein Trägersubstrat aufweist, das mit einem Beschleunigungsmittel imprägniert ist.

13. Beschleunigungsmittelträger (**110a**, **110b**, **110c**) nach Anspruch 12, wobei das Trägersubstrat natürliches oder künstliches Textilmaterial aufweist.

14. Beschleunigungsmittelträger (**110a**, **110b**, **110c**) nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, wobei das Trägersubstrat mit unverdünntem Beschleuniger imprägniert ist.

15. Beschleunigungsmittelträger (**110a**, **110b**, **110c**) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei das Beschleunigungsmittel auf das Substrat in Form einer Lösemittellösung aufgetragen wird.

16. Beschleunigungsmittelträger (**110a**, **110b**, **110c**) nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei das Trägersubstrat an einer faserigen Verstärkungseinheit durch Glasfaserstich oder Knoten befestigt ist.

17. Beschleunigungsmittelträger (**110a**, **110b**, **110c**) nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei der Beschleunigungsmittelträger (**110a**, **110b**, **110c**) farbig ist.

18. Verfahren zum Zubereiten einer faserverstärkten Verbundwerkstoffstruktur oder eines Bestandteils, das die folgenden Schritte umfasst:

i) Anbringen einer faserverstärkten Einheit (**103**) in einer Form (**102**) für die Struktur oder den Bestandteil, ii) Infusion der faserverstärkten Einheit (**103**) mit einem Gemisch aus Flüssigharz und einem Aushärtmittel für das Flüssigharz, und

iii) Erleichtern des Aushärtens des Flüssigharzes, dadurch gekennzeichnet, dass Fixiermittel an einer oder mehreren Stellen auf und/oder innerhalb der faserigen Verstärkung angeordnet sind, wobei die Fixiermittel ein physikalisch-chemikalisches Mittel sind, durch welches die Viskosität des Flüssigharzes gesteigert werden kann, und konfiguriert sind, um die lokale Fixierung des Flüssigharzes in der Nähe des Fixiermittels zu verleihen.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Fixiermittel ein Beschleunigungsmittel ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei das Beschleunigungsmittel auf das faserige Verstärkungsmaterial als unverdünnter Beschleuniger, eine Lösemittellösung oder ein Beschleunigungsmittelträger (**110a**, **110c**, **110b**) aufgetragen wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, wobei ein Vakuum auf die Einheit (**103**) angelegt wird, um das Harz in die Einheit (**103**) zu ziehen.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei das Vakuum verringert wird, so dass die Einheit mit Harz gefüllt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

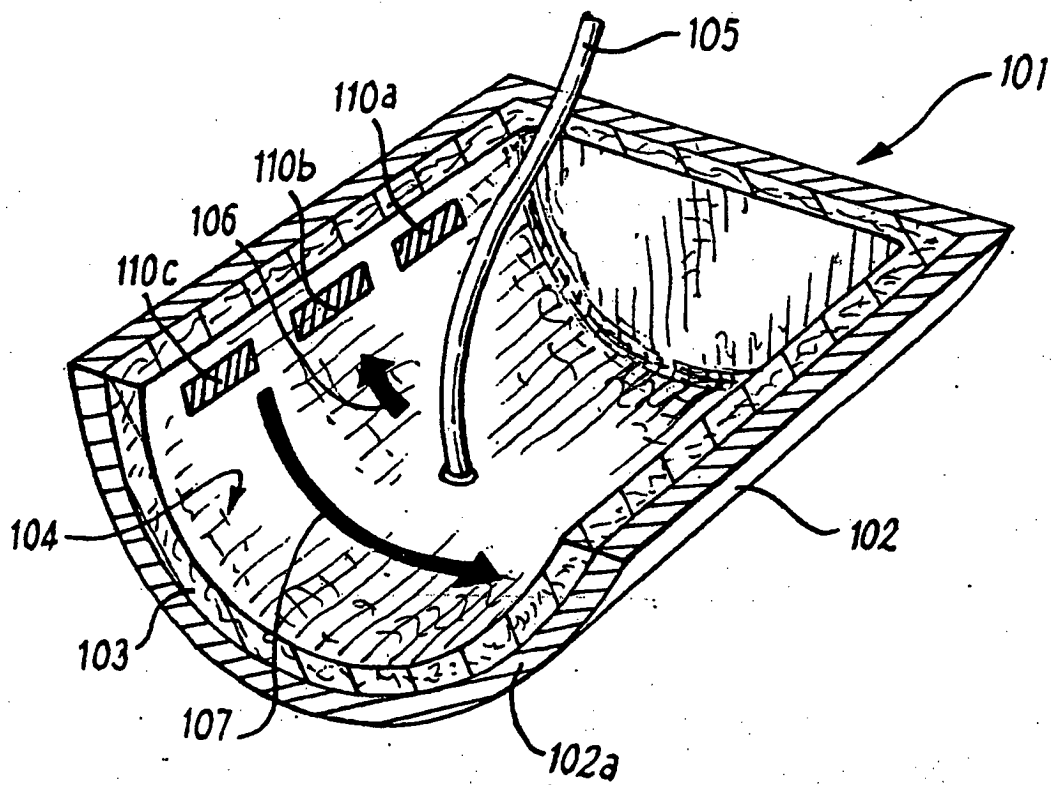


FIG. 1