(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 11 580 T2** 2007.10.31

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 524 106 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 11 580.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 078 237.9**
(96) Europäischer Anmeldetag: **14.10.2003**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.04.2005**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **31.01.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.10.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***B32B 27/00*** (2006.01)
C08J 5/24 (2006.01)
B29C 70/44 (2006.01)

(73) Patentinhaber:
Saab AB, Linköping, SE

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

(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:
Krogager, Max, 582 75 Linköping, SE; Vaara, Jan, 582 75 Linköping, SE

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Verbundstruktur**

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 Verbundstoffe, insbesondere ein Verfahren zur Herstellung von Verbundstrukturen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Flugzeughersteller stehen unter zunehmendem Druck zur Herstellung von leichten, haltbaren und Flugzeugen von großer Lebensdauer bei niedrigsten Herstellungskosten und niedrigster Wartung während der Lebensdauer. Ein Flugzeug muss ausreichend strukturelle Festigkeit haben, um den Belastungen während des Flugs zu widerstehen, während es so leicht wie möglich ist, um die Leistung des Flugzeugs zu maximieren. Aus diesen und anderen Gründen haben Flugzeughersteller zunehmend faserverstärkte Verbundstoffe auf Kunstharzbasis verwendet.

[0003] Faserverstärkte Verbundstoffe auf Kunstharzbasis haben gute Festigkeit, guten Widerstand gegen Ermüdung und ein gutes Verhältnis von Steifheit zu Festigkeit durch Integrieren von kräftigen, steifen Kohlenstofffasern zu einer weicheren, duktileren Kunstharzmatrix. Das Kunstharzmatrixmaterial überträgt Kräfte auf die Fasern und schafft Duktilität und Belastbarkeit, während die Fasern den größten Teil der ausgeübten Kraft aufnehmen.

[0004] Bei bisherigen Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Kunstharzmatrixbauteilen für Flugzeuge wird eine Anzahl von so genannten Prepregfolien auf einer Form gestapelt. Das Prepreg besteht aus unidirektionalen Fasern oder multidimensionalen Fasern in ungehärtetem Kunstharz. Ein Vakuumbeutel wird über der gesamten Struktur platziert und darum gesiegelt. Auf die versiegelte Struktur wird ein Vakuum ausgeübt, um die Prepregfolien auf die Oberfläche der Form zu pressen.

[0005] US-A-6 017 484 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Verbundstoffen aus einer Mehrzahl von Stapeln aus Kunstharzprepregs, das umfasst: das Anordnen eines Stapels aus Prepregfolien auf einer Form, das Umschließen dieses Stapels mit einem Vakuumbeutel und das Evakuieren dieses Beutels. Dieses Herstellungsverfahren hat jedoch den Nachteil, dass die Luft nicht vollständig evakuiert wird, und dass im Verbundstoff Poren von bedeutender Größe hinterlassen werden.

[0006] Um bei großen Verbundstoffteilen eine Flugzeugqualität zu erzielen, muss die Struktur in einen Autoklaven platziert werden, der unter Druck gesetzt wird, um die Prepregfolien auf die Form zu pressen. Jedoch werden bei großen Strukturen Poren leicht an Stellen eines Teils erzeugt aufgrund von Luft, die vor dem Aushärteprozess nicht vollständig aus dem Stapel von Prepregfolien evakuiert ist. Die Poren verursachen einen Festigkeitsabfall im Verbundstoffteil. Um diesem Problem abzuhelfen umfassen die bisherigen Verfahren das Evakuieren von Luft aus dem Stapel von Prepregfolien bei einer Anzahl von Fällen während des Auflegens der Folien. Ferner erfordern frühere Verfahren die Verwendung eines Autoklaven zum Erreichen eines ausreichenden Drucks während des Aushärtungsprozesses. Bei dem Autoklavenprozess wird verbleibende Luft zwischen den Folien zu Poren von solcher Größe verteilt, dass ihre Einwirkung auf die Qualität der Verbundstruktur als annehmbar betrachtet wird. Um jedoch zu garantieren, dass keine Poren von unannehmbarer Größe in der Struktur dient, wird die Verbundstruktur z. B. durch Ultraschall oder eine andere Art von nicht zerstörender Prüfung geprüft vor der Anerkennung als Teil einer Flugzeugstruktur. Wenn der Test zu große Poren ergibt, muss die Verbundstruktur zurückgewiesen werden.

[0007] Es besteht somit eine Notwendigkeit für ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines im Wesentlichen porenfreien großen faserverstärkten Verbundteils aus einer Kunstharzmatrix.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Die vorliegende Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Verbundstruktur. Das Verfahren umfasst das Anordnen eines Stapels von Prepregfolien auf einer Form. Das Verbundmaterial wird innerhalb eines Vakuumbeutels im Wesentlichen eingeschlossen. Eine oder mehrere Vakuumöffnungen erstrecken sich durch den Vakuumbeutel. Durch die Vakuumöffnungen wird Vakuum ausgeübt zum Saugen von Luft aus dem Stapel von Prepregfolien. Luft im Raum zwischen je zwei Prepregfolien im Stapel wird durch Kanäle innerhalb wenigstens einer der beiden benachbarten Prepregfolien evakuiert. Die Kanäle stehen mit der Vakuumöffnung in Verbindung. Der Vorgang wird wiederholt, bis der Stapel eine gegebene Anzahl von Prepregfolien umfasst. Der Stapel wird vor dem Hinzufügen von Folien aus dem Vakuumbeutel entnommen. Das Verbundmaterial wird ausgehärtet, und die Struktur wird aus der Form und dem Vakuumbeutel entnommen.

[0009] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die luftfreien Kanäle innerhalb einer Prepregfolien während des Aushärtens mit Kunstharz gefüllt.

[0010] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird jede Prepregfolien im Stapel gegenüber der vorhergehenden Folie so leicht gedreht, dass die Richtung der Fasern in zwei benachbarten Folien nicht zusammenfallen.

[0011] Das Verfahren nach der Erfindung schafft ein Verfahren, bei dem eine Verbundstruktur gebildet

wird mit einer wesentlich verringerten Notwendigkeit für eine Zwischenanwendung von Vakuum beim Aufbringen der Folien in einem Stapel. Somit ist die Verringerung an Zeit und Kosten zur Herstellung jeder Verbundstruktur beträchtlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] Diese Aspekte und viele zusätzlichen Vorteile der vorliegenden Erfindung werden leicht ersichtlich und besser verständlich anhand der folgenden Detailbeschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen.

[0013] Es zeigen:

[0014] Fig. 1 einen Querschnitt eines Stapels von Prepregfolien, die gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung angeordnet sind.

[0015] Fig. 2 einen Querschnitt eines Stapels von Prepregfolien, die gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung angeordnet sind.

DETAILBESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0016] Die vorliegende Erfindung wird mit Bezug auf die Bildung einer faserverstärkten Verbundstruktur beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist von besonderem Nutzen zur Bildung von großen Verbundstrukturen unabhängig von der Anordnung der Strukturen oder ihrem Endgebrauch.

[0017] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen einen Stapel **1** von Prepregfolien **2**, die auf einer Auflegeform **3** mit einer Formfläche angeordnet sind. Die Oberseite der Auflegeform hat gewöhnlich eine Kontur, die im Wesentlichen mit der Außenfläche des gerade geformten Teils zusammenpasst.

[0018] Das Verfahren zur Anordnung von Prepregfolien auf einer Auflegeform ist allgemein bekannt. Der Stapel von Prepregfolien **2** wird auf einer Form **3** angeordnet. Die Prepregfolien **2** enthalten vorzugsweise ein mit Epoxidharz imprägniertes Kohlenstofffaserband. Eine Prepregfolien **2** besteht aus Lagen von Kunstharz und Fasern, die in Kunstharz eingebettet sind. Bei der in Fig. 1 offenbarten Ausführungsform enthält jede Prepregfolien eine weniger imprägnierte Lage **4** in einem Mittelabschnitt der Prepregfolien. Die weniger imprägnierte Lage ist von Lagen **5** aus vollständig imprägnierten Harz umgeben, vorzugsweise von unidirektionalen Fasern. Die Lage **4** aus weniger imprägnierten Fasern in der Prepregfolien **2** schafft eine Vielzahl von Kanälen oder Luftwegen zum Evakuieren von Luft während des Verdichtens und Aushärtens. Unidirektionale Endlosfasern werden in Kunstharz jeder der Prepregfolien eingebettet. Wenn eine Prepregfolien mit einer Vielzahl von Faserwinkeln aufgelegt ist, kann es für die Luft schwierig sein, durch alle Lagen hindurch zu dringen, da unterschiedliche Faserwinkel die Bewegungen in der nächsten Lage versperren können. Wenn die Prepregfoliert nur einen Faserwinkel hat, kann die Luft die Fasern leichter verteilen und kann einen Weg nach außen durch die Folien finden. Um die Festigkeit der endgültigen Verbundstruktur zu erhöhen, können die Folien leicht gegeneinander verdreht werden, um die Festigkeit der Verbundstruktur zu erhöhen. Wenn auch ein Kohlenstofffaser-Epoxidverbundstoff bevorzugt ist, kann die Erfindung mit anderen Verbundmaterialien verwendet werden. Die Fasern können z. B. aus Glasfasern, Siliziumcarbid, Graphit oder Kohlenstoff bestehen. Die vorliegende Erfindung hat besondere Bedeutung bei der Herstellung von porenfreien Verbundstoffen, da das Verfahren der Luft zwischen den Folien in höherem Ausmaß zu entweichen gestattet, als es bei den bisherigen Verfahren möglich war.

[0019] Fig. 2 offenbart eine zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der ein Stapel von Prepregfolien so angeordnet ist, dass jede weitere Prepregfolien **2b** eine weniger imprägnierte Lage **4** enthält, eine so genannte "trockene" Lage. Die trockene Lage **4** ist von vollständig imprägnierten Lagen **5** umgeben. Reines Kunstharz **6** ist als sehr dünne Schicht auf jede Seite der Prepregfolien aufgebracht, um die Adhäsion zwischen zwei gesonderten Prepregfolien **2a**, **2b** zu verbessern. Die Prepregfolien **2a** neben der Folie **2b** mit einer trockenen Lage **4** kann aus einer vollständig imprägnierten Lage **5** bestehen, die auf jeder Seite von sehr dünnen Lagen **6** aus reinem Kunstharz umgeben ist.

[0020] Die Lagen von Prepregfolien **2** werden auf der Oberseite der Auflegeform **3** platziert unter Verwendung von Handauflegemaßnahmen, automatisierten Bandlegevorgängen oder geeigneten Vorgängen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist auf einer Seite des Stapels von Prepregfolien eine Metallplatte angeordnet. Die Oberfläche der Auflegeform und die Metallplatte erzeugen zwei gute Flächen, die durch äußere Luftwege unbeeinflusst sind. Die Prepregfolien **2** sind so angeordnet, dass wenigstens jede weitere Folie eine weniger imprägnierte Lage **4** enthält, eine Lage aus so genannten "trockenen Fasern". Jede weniger imprägnierte Lage **4** bildet einen Luftweg oder Kanal, der sich vom Umfang der Folie zum inneren Teil der Folie oder vollständig durch die Folie erstreckt. Ein Stapel von Prepregfolien enthält somit eine Anzahl von Luftwegen oder Kanälen, die sich durch die Anordnung aus Lagen von "trockenen Fasern" in den Stapel **1** erstrecken.

[0021] Der Stapel **1** aus Prepregfolien **2** ist in einem Vakuumbeutel platziert, der wenigstens eine Vakuumöffnung enthält. Die Vakuumöffnung ist mit einem

Vakuumschlauch verbunden, wobei Luft aus dem umschlossenen Stapel von Prepregfolien evakuiert wird. Bei Beendigung des Evakuierungsprozesses steht der vollständig entspannte Vakuumbeutel in direktem Kontakt mit der Oberfläche der Auflage auf der gesamten Oberfläche. Unter Verwendung der weniger imprägnierten Lagen **4** sind Luftwege innerhalb einer gegebenen Anzahl von Prepregfolien **2** im Stapel **1** gebildet. Aufgrund dieser Luftwege besteht keine Notwendigkeit für die Ausübung von äußerem Druck außerhalb des Vakuumbeutels. Ferner ist es möglich, ohne einen Zwischenevakuierungsprozess eine viel größere Anzahl von Prepregfolien **2** in einem Stapel **1** aufzubringen. Die zwischen den Folien eingefangene Luft wird in die weniger imprägnierte Lage **4** gedrückt und kann aus dem Stapel evakuiert werden mit Hilfe von Unterdruck während eines Evakuierungsprozesses für einen eine Verbundstruktur bildenden Stapel. Das Vorliegen von Lufttaschen oder Falten für eingeschlossene Luft zwischen den Folien wird durch das erfindungsgemäße vermieden. Zwischen zwei benachbarten Prepregfolien **2** eingeschlossene Luft **7** kann durch die weniger imprägnierte Lage **4** während des Evakuierungsprozesses evakuiert werden. Anschließend wird die gesamte Anordnung in einen Ofen platziert. Das Aushärten erfolgt durch Erhitzen der Prepregfolien **2** auf eine gegebene Temperatur im Ofen. Das Aushärten kann erfolgen in einem Autoklaven oder in einer anderen Art von Ofen unter Atmosphärendruck oder nach Wunsch bei Überdruck. Die Luftwege oder wenige imprägnierte Lagen **4** sind während des Aushärtens mit Kunstharz gefüllt. Es ist daher möglich, eine Laminatqualität zu erzielen, die die Erfordernisse für Flugzeugstrukturen nur mit Vakuum erreicht.

[0022] Da das erfinderische Verfahren schneller als die zur Zeit bekannten Verfahren ist, verstreicht zwischen dem Stapeln der ersten und letzten Prepreglagen des Lagenaufbaus weniger Zeit. Gemäß dem Verfahren hergestellte ausgehärtete Verbundartikel zeigen eine vollständigere und gleichförmigere Bindung zwischen den Prepreglagen des Lagenaufbaus als Artikel, die gemäß den bekannten Verfahren hergestellt sind. Da darüber hinaus die Notwendigkeit zum Verschieben der Lufttaschen beseitigt ist, gibt es weniger Unterbrechung der Ausfluchtung von Fasern in den Prepreglagen des Lagenaufbaus.

[0023] Die Erfindung erstreckt sich über die beschriebenen speziellen Ausführungsformen und umfasst solche äquivalente Verfahren, die für den Fachmann aus den Patenansprüchen ersichtlich sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Verbundstruktur **1**, das die Schritte umfaßt:
a) das Anordnen eines Stapels (**1**) von kunststoffimprägnierten Blättern (**2**) auf eine Form (**3**),
b) das Einschließen des Stapels (**1**) innerhalb eines Vakuumbeutels,
c) das Auspumpen des Vakuumbeutels über einen Vakuumanschluss, wobei der Stapel (**1**) der kunststoffimprägnierten Blätter (**2**) nach Abschluss des Auspumpens im Wesentlichen luftfrei ist,
d) das Wiederholen der Schritte a) – c), bis der Stapel eine vorbestimmte Anzahl an kunststoffimprägnierten Blättern (**2**) umfasst, worauf der Stapel (**1**) dem Vakuumbeutel entnommen wird, bevor die Schritte a) – c) wiederholt werden,
e) das Aushärten des Stapels (**1**) von kunststoffimprägnierten Blättern (**2**), um die Verbundstruktur zu bilden,
f) das Ablösen der Struktur von der Form (**3**) und Entnehmen aus dem Vakuumbeutel,
wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass
der Schritt des Auspumpens des Vakuumbeutels umfasst: das Abpumpen von Luft im Raum zwischen jedem Paar von jeweils zwei kunststoffimprägnierten Blättern (**2**) im Stapel über mindestens eine weniger stark imprägnierte Schicht (**4**) innerhalb mindestens einem der zwei kunststoffimprägnierten Blätter (**2**).

2. Verfahren in Übereinstimmung mit Anspruch 1, wobei die weniger stark imprägnierten Schichten (**4**) während der Aushärtung mit Kunststoff gefüllt werden.

3. Verfahren in Übereinstimmung mit Anspruch 1, wobei jedes kunststoffimprägnierte Blatt (**2**) in einem Stapel (**1**) im Verhältnis zum vorherigen Blatt leicht gedreht wird, so dass die Richtungen der Fasern in zwei aufeinanderfolgenden Blättern nicht übereinstimmen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

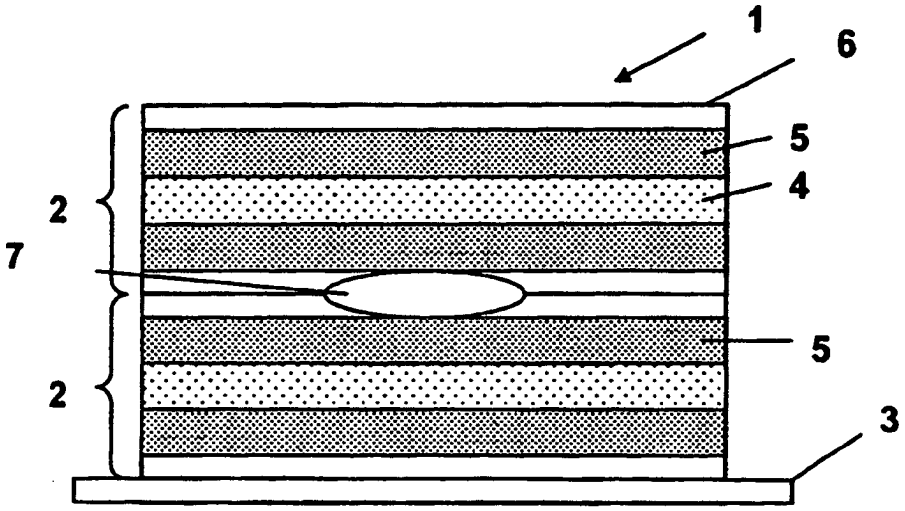


Fig 1

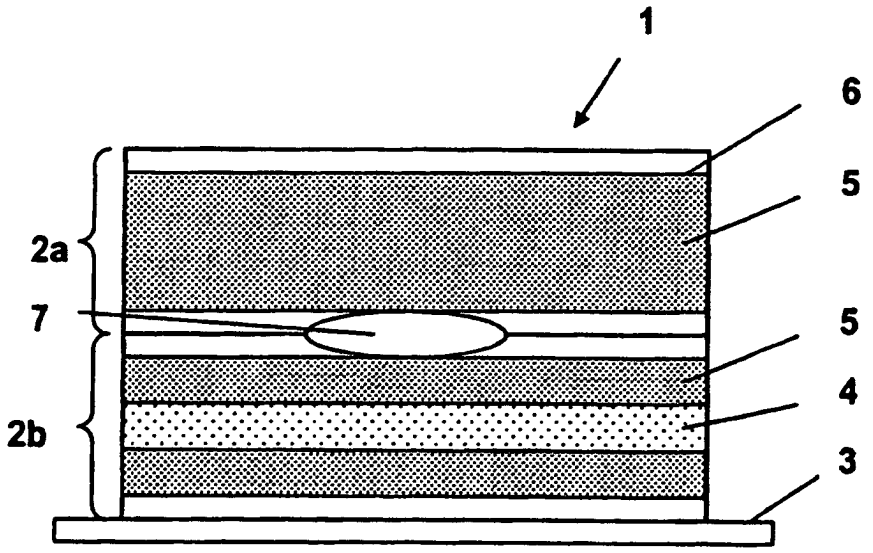


Fig 2