



(10) **DE 10 2015 220 672 A1** 2017.04.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 220 672.6**

(22) Anmeldetag: **22.10.2015**

(43) Offenlegungstag: **27.04.2017**

(51) Int Cl.: **B32B 27/08** (2006.01)

B32B 25/08 (2006.01)

B32B 27/12 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

(71) Anmelder:
Wobben Properties GmbH, 26605 Aurich, DE

(74) Vertreter:
**Eisenführ Speiser Patentanwälte Rechtsanwälte
PartGmbH, 28217 Bremen, DE**

(72) Erfinder:
**Bärtl, Christina, 26603 Aurich, DE; Kuhn, Marvin,
26180 Rastede, DE; Rahmann, Uwe, 26629
Großefehn, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

EP 2 724 855 A1
EP 2 886 334 A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mehrschichtiges Verbundbauteil**

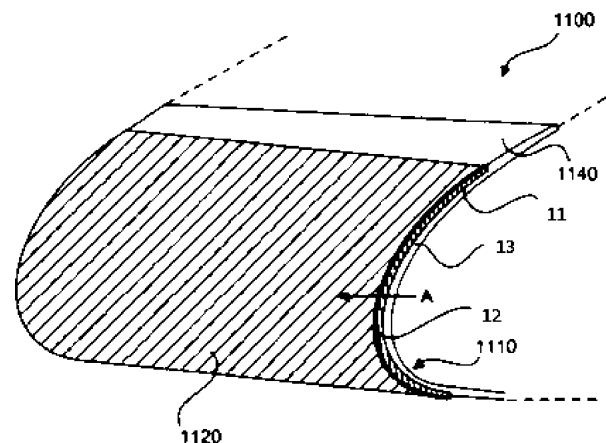
(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verbundbauteil (10), gekennzeichnet durch folgenden Schichtenaufbau

a) eine Schicht (11), die zumindest teilweise aus Polyethylen besteht,

b) eine Schicht (12), die zumindest teilweise aus einem Elastomer besteht,

c) wenigstens eine Schicht (13), die zumindest teilweise aus einem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff besteht, oder die zumindest teilweise aus einem Klebstoff besteht, wobei die Schicht (12) unmittelbar zwischen der Schicht (11) und der Schicht (13) angeordnet ist,

wobei die Schichten (11) und (12) in einem ersten Arbeitsgang zu einem Laminatverbund gefügt wurden und die Schicht (13) in einem zweiten Arbeitsgang an den die Schichten (11) und (12) umfassenden Laminatverbund gefügt wurden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verbundbauteil, ein Windrad für eine Windenergieanlage und ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundbauteils.

[0002] Rotorblätter für Windenergieanlagen sind seit langem bekannt und beispielsweise beschrieben in der DE 10 2004 007 487 A1 und DE 10 319 246 A1. Sie sind in ihrem Betrieb durch Winddruck, Erosion, Temperaturschwankungen, UV-Einstrahlung sowie durch Niederschläge hohen Belastungen ausgesetzt. Insbesondere an Standorten mit tropischem Klima, die sich durch stark wechselnde Witterungseinflüsse und eine hohe Luftfeuchtigkeit auszeichnen, wie beispielsweise Brasilien oder Taiwan, aber auch in Deutschland neigen Rotorblätter zu Erosion.

[0003] Bei Blattspitzengeschwindigkeiten bis zu 300 km/h wirken Sandkörner, Salzpartikel, Insekten oder andere Schwebeteilchen in der Luft abrasiv. Besonders im vorderen Kantenbereich wird die Oberfläche von Rotorblättern hierdurch stark belastet und an diesen Stellen kommt es zu einem Abtrag der Rotoroberfläche und damit zu einem Verlust an Aerodynamik und Stabilität. Um die Blattspitzenerosion und den damit verbundenen Wartungs- und Reparaturaufwand zu verringern, kann die maximale Drehzahl der Anlage limitiert werden, was allerdings zu einer geringeren Leistung führt. Es ist daher sinnvoll, die Erosionsbeständigkeit von Rotorblättern zu verbessern.

[0004] Gleichzeitig sollen die Rotorblätter jedoch möglichst leicht sein, um die auf eine eventuell vorhandene Rotorblattnabe sowie die zugehörigen Lager und den Turm der Windenergieanlage einwirkenden Biegebelastungen gering zu halten.

[0005] Üblicherweise werden Rotorblätter und Rotorblattelelemente in einem Formungsverfahren hergestellt, bei dem Fasermaterialien und/oder Kernwerkstoffe, insbesondere Balsaholz, in eine Rotorblattelelementform eingelegt und mit einem aushärtenden Harz zum Bilden eines belastbaren Verbundmaterials beaufschlagt werden. Als Harz werden bei der Herstellung von Rotorblättern bzw. Rotorblattelelementen häufig Epoxidharze eingesetzt. Diese sind gut geeignet für den Aufbau der Basis eines Rotorblattes oder Rotorblattelelementes aus Fasermaterial und Harz.

[0006] Zum Schutz der Rotorblätter bzw. der Rotorblattelelemente gegen Witterungseinflüsse und insbesondere gegen Erosion ist versucht worden, eine Oberflächenschicht mit einem Gelcoat-Verfahren einzusetzen, wie in der DE 10 344 379 A1 beschrieben. Nachteilig dabei ist, dass bei einem solchen Verfahren eine Mindestverarbeitungszeit eingehalten werden muss, bis die Gelcoat-Mischung soweit ausreagiert ist, dass sie mit Fasermaterial belegt werden

kann. Dies führt zu einer unerwünschten Verlangsamung des Herstellungsverfahrens eines Rotorblattes oder Rotorblattelelementes. Darüber hinaus ist es nicht möglich, beim Gelcoat-Verfahren die Herstellung eines Rotorblattelelementes bzw. Rotorblattes beliebig zu unterbrechen, um eine Verbindung zwischen Gelcoat-Oberflächenschicht und Infusionsharz zu ermöglichen.

[0007] Des Weiteren ist versucht worden, Oberflächenfolien auf das Rotorblatt oder das Rotorblattelelement aufzukleben oder anderweitig nachträglich am Rotorblatt oder Rotorblattelelement gegebenenfalls lösbar zu befestigen. Beispielsweise werden Polyurethan-Folien auf Rotorblätter aufgeklebt. Eine weitere Möglichkeit aus dem Stand der Technik ist gemäß DE 10 2009 002 501 A1 die Herstellung eines vernetzten Verbundes aus Oberflächenfolie und Infusionsharz. Auch dieses Verfahren ist insbesondere mit Polyurethan-Folien möglich. Polyurethan verfügt über eine hohe Abriebbeständigkeit. Es ist jedoch wünschenswert, die Abriebfestigkeit von Rotorblättern bzw. Rotorblattelelementen noch weiter zu verbessern.

[0008] In der DE 10 2013 217 128 A1 wird ein Rotorblattelelement für eine Windenergieanlage beschrieben, die eine Oberflächenfolie aus Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht (UHMW-PE) aufweist. UHMW-PE zeichnet sich durch sehr gute Verschleiß- und Abriebfestigkeiten auch bei abrasiven Medien aus. Seine Abriebfestigkeit ist sechsfach höher als die von Polyurethan. Daneben verfügt UHMW-PE über exzellente chemische Beständigkeit sowie einen niedrigen Reibungskoeffizienten, eine hervorragende Dimensionsstabilität und eine hohe Schlagfestigkeit auch bei niedrigen Temperaturen. Allerdings lässt sich UHMW-PE nur sehr schlecht mit herkömmlichen Klebstoffen verkleben und haftet insbesondere nicht an Harzen, wie beispielsweise Epoxidharzen. In dem in der DE 10 2013 217 128 A1 beschriebenen Verfahren wird die Polyethylenfolie daher mittels zwei Anbindungsschichten aus Gummi mit einer darunterliegenden Basis aus einem mit härtbarem Harz getränktem Fasermaterial verbunden. Bei dem beschriebenen Verfahren sind insgesamt drei Härte- bzw. Vulkanisierungsschritte notwendig, um ein Rotorblattelelement zu beschichten.

[0009] Das in der WO 2010/118860 beschriebene Kunststoff-Verbundbauteil besteht aus einem wärmehärtenden Kunstharz als Außenschicht, einer Elastomeren-Schicht und einer Metall- und/oder Kunststoff-Trägerschicht. Die Schichten werden in einem einzigen Arbeitsgang unter Wärmebehandlung oder unter Bestrahlung mit UV-Licht zusammengefügt. Neben anderen Anwendungsgebieten wird in der WO 2010/118860 auch die Verwendung des Kunststoff-Verbundbauteils in Rotorblättern von Hubschauern oder Windrädern beschrieben.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, ein Bauteil, insbesondere ein Rotorblatt, zur Verfügung zu stellen, das sich durch eine sehr hohe Verschleiß- und Abriebfestigkeit auszeichnet und gleichzeitig bei der Herstellung wenig Zeit und geringe Temperaturen benötigt.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Verbundbauteil (**10**) gelöst, das durch folgenden Schichtenaufbau gekennzeichnet ist

- a) eine Schicht (**11**), die zumindest teilweise aus Polyethylen besteht,
- b) eine Schicht (**12**), die zumindest teilweise aus einem Elastomer besteht,
- c) wenigstens eine Schicht (**13**), die zumindest teilweise aus einem mittels Fasern (**14**) verstärkten Kunststoff besteht, oder die zumindest teilweise aus einem Klebstoff besteht,

wobei die Schicht (**12**) unmittelbar zwischen der Schicht a) und der Schicht c) angeordnet ist, wobei die Schichten (**11**) und (**12**) in einem ersten Arbeitsgang zu einem Laminatverbund gefügt wurden und die Schicht (**13**) in einem zweiten Arbeitsgang an den die Schichten (**11**) und (**12**) umfassenden Laminatverbund gefügt wurden.

[0012] Vorteilhaft bei der Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Erfindung ist, dass der die Schichten (**11**) und (**12**) umfassende Laminatverbund bereits vollständig ausgehärtet ist und nicht noch weiter durch Wärmeeinwirkung ausgehärtet werden muss. Somit kann bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung die zum Zusammenfügen benötigte Temperatur niedriger gehalten werden, als dies der Fall wäre, wenn die Elastomerschicht ebenfalls ausgehärtet werden müsste. Hierdurch wird eine Vereinfachung und Beschleunigung des Zusammenfügens erreicht. Im Vergleich zu einem Schichtaufbau, bei dem die Elastomerschicht ausgehärtet wird und gleiche Temperaturen angewendet werden, wird die Haftung der einzelnen Schichten erhöht.

[0013] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung handelt es sich bei dem Polyethylen um ein High Molecular Polyethylen (HMW-PE), ein Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) oder Polytetrafluorethylen (PTFE), vorzugsweise um ein Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE).

[0014] Insbesondere das Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) zeichnet sich durch sehr gute Verschleiß- und Abriebfestigkeiten auch bei abrasiven Medien aus. In eigenen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass durch die Verwendung einer Schicht (**11**), die zumindest teilweise aus UHMW-PE besteht, im erfindungsgemäßen Verbundbauteil die Verschleiß- und Abriebfestigkeit des Verbund-

bauteils, insbesondere von Rotorblättern, signifikant verbessert werden kann.

[0015] Unter einem High Molecular Polyethylen (HMW-PE) wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein hochmolekulares Polyethylen mit einer mittleren Molmasse von 500 bis 1000 kg/mol verstanden. Unter einem Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein ultrahochmolekulares Polyethylen mit einer mittleren Molmasse von über 1000 kg/mol verstanden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, wenn das eingesetzte UHMW-PE eine mittlere Molmasse zwischen 1000 kg/mol bis 10000 kg/mol aufweist, besonders bevorzugt eine mittlere Molmasse zwischen 1000 kg/mol und 5000 kg/mol, insbesondere bevorzugt zwischen 3000 kg/mol und 5000 kg/mol. Die Bestimmung der mittleren Molmasse erfolgt rechnerisch mittels Margolies-Gleichung. Bei dem eingesetzten Polyethylen kann es sich um ein lineares oder ein vernetztes Polyethylen handeln.

[0016] Das eingesetzte ultrahochmolekulare Polyethylen hat vorzugsweise eine Dichte von 0,93 bis 0,94 g/cm³.

[0017] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung enthält die Schicht (**11**) zusätzlich einen UV-Stabilisator, der das Polyethylen gegen Alterung durch ultraviolettes Licht schützt. Als UV-Stabilisatoren sind organische und anorganische UV-Absorber bevorzugt, insbesondere ausgewählt aus der Liste umfassend Benzophenone, Benzotriazole, Oxalanilide, Phenyltriazine, Ruß, Titandioxid, Eisenoxidpigmente und Zinkoxid oder 2,2,6,6-Tetramethylpiperidin-Derivate wie Bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl)sebacat („Hindered amine light stabilizer (HALS)“).

[0018] Durch die Anwesenheit eines UV-Stabilisators kann die Langzeitbeständigkeit gegenüber UV-Licht erhöht werden.

[0019] Besonders bevorzugt ist es, wenn die Schicht (**11**), die zumindest teilweise aus Polyethylen besteht, überwiegend aus Polyethylen besteht, insbesondere zu mehr als 50 Gew.-%, bevorzugt zu mehr als 80 Gew.-%, besonders bevorzugt zu mehr als 95 Gew.-% aus Polyethylen besteht, insbesondere aus Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE), bezogen auf das Gesamtgewicht der Schicht.

[0020] Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass das Elastomer ein Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPM), Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM), Ethylen-Acrylat-Kautschuk (EAM), Fluorkarbon-Kautschuk (FKM), Acrylat-Kautschuk (ACM) oder Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) ist, vorzugsweise ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) ist.

[0021] In eigenen Untersuchungen hat es sich gezeigt, dass diese Elastomere eine besonders gute Bindung zwischen der Schicht (11), die zumindest teilweise aus Polyethylen besteht, und der Schicht (13) bewirken. Dabei hat sich überraschenderweise gezeigt, dass Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) besonders gute Hafteigenschaften aufweist, wenn es sich bei dem Polyethylen der Schicht (11) um Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) und bei der Schicht (13) um eine zumindest teilweise aus einem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff handelt.

[0022] Überraschenderweise hat sich auch gezeigt, dass sich die Kombination aus Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) in der Schicht (12) und Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) in der Schicht (11) durch besonders gute Erosionseigenschaften auszeichnet. Die weiche EPDM-Schicht (12) wirkt stoßabsorbierend und die äußere UHMW-PE-Schicht (11) ist sehr erosionsbeständig. Diese Kombination aus Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) in der Schicht (12) und Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) in der Schicht (11) weist bei ausgezeichneter Haftung an zumindest teilweise mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoffen Verschleiß- und Abriebfestigkeiten auf, die mit anderen Kombinationen aus Elastomeren und Polyethylenen bisher nicht erreicht werden konnten. Es hat sich gezeigt, dass die Kombination aus Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) in der Schicht (12) und Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) in der Schicht (11) einen synergistischen Effekt aufweist, da sich die kombinierte positive Wirkung der einzelnen Schichten potenziert.

[0023] Erfindungsgemäß ist die Schicht (12) unmittelbar zwischen der Schicht (11) und der Schicht (13) angeordnet und es liegen keine weiteren (Elastomer-)Schichten zwischen der Schicht (11) und der Schicht (13). Durch diesen Aufbau lässt sich – neben weiteren Vorteilen – die Anzahl der Grenzschichten minimieren und es wird eine verbesserte Haftung der Schichten erhalten. Im Querschnitt lassen sich erfindungsgemäße Verbundbauteile mit nur einer Schicht (12) von anderen Verbundbauteilen unterscheiden, die mehrere (Elastomer-)Schichten enthalten. Ebenfalls lassen sich erfindungsgemäße Verbundbauteile von nicht erfindungsgemäßen Bauteilen unterscheiden, bei denen nicht zuerst ein Laminatverbund aus den Schichten (11) und (12) und in einem weiteren zweiten Arbeitsgang die Schicht (13) in einem an den die Schichten (11) und (12) umfassenden Laminatverbund gefügt wurden. Dies ist insbesondere durch Betrachtung der Grenzschichten möglich, insbesondere der Grenzschicht zwischen den Schichten (12) und (13).

[0024] Besonders bevorzugt ist es, wenn die Schicht (12), die zumindest teilweise aus einem Elastomer

besteht, überwiegend aus Elastomer besteht, insbesondere zu mehr als 50 Gew.-%, bevorzugt zu mehr als 80 Gew.-%, besonders bevorzugt zu mehr als 95 Gew.-% aus Elastomer besteht, insbesondere aus Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM), bezogen auf das Gesamtgewicht der Schicht.

[0025] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung enthält die Schicht (12) zusätzlich zumindest ein Additiv ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Acrylaten, Methacrylaten, Epoxidharzen, Phenolharzen, Novolaken, Hexamethylentetramin, Hexamethoxymethylmelamin und Guanidine. Diese Additive sind besonders bevorzugt, wenn das Elastomer der Schicht (12) ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) ist. Diese Additive sind dazu geeignet, die Festigkeit der Schicht (12) zu verbessern und/oder die Haftung der Schicht (12) an die anderen Schichten zu verbessern.

[0026] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung handelt es sich bei dem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff um einen Faserverstärkten Kunststoff (FVK), einen mittels UHMW-PE-Fasern (z.B. Dyneema-Fasern) verstärkten Kunststoff, einen Carbonfaserverstärkten Kunststoff (CFK) oder einen Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK), vorzugsweise um einen Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK).

[0027] Faserverstärkte Kunststoffe und insbesondere Glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) zeichnen sich durch hohe mechanische und thermische Stabilität bei einem geringen spezifischen Gewicht aus und sind daher für den Aufbau der Basis eines Rotorblattes oder Rotorblattelementes sehr gut geeignet.

[0028] Erfindungsgemäß bevorzugt ist ein Verbundbauteil, bei dem es sich bei dem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff um ein Kunststoffharzsystem mit einer Epoxidharzmatrix, Polyurethanharzmatrix, (Meth)acrylat-Matrix oder (Meth)acrylamid-Matrix handelt, insbesondere bevorzugt um ein Kunststoffharzsystem mit einer Epoxidharzmatrix.

[0029] Erfindungsgemäß bevorzugt ist ein Verbundbauteil, bei dem es sich bei dem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff um ein Kunststoffharzsystem mit einer Epoxidharzmatrix handelt und die Schicht (13) zusätzlich zumindest ein Additiv ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Acrylaten, Methacrylaten, Phenolharzen und Novolaken enthält.

[0030] Ebenfalls bevorzugt ist ein erfindungsgemäßes Verbundbauteil, bei dem es sich bei dem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff um ein Kunststoffharzsystem mit einer Epoxidharzmatrix handelt, die vor dem Aushärten als Mehrkomponentensystem vorliegt und zumindest eine Komponente, die einen Amin-Härter umfasst, zusätzlich zumindest ein

Additiv enthält ausgewählt aus der Liste bestehend aus Hexamethylentetramin, Hexamethoxymethylmelamin und Guanidine.

[0031] Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Schicht (11) und/oder Schicht (12) unabhängig voneinander eine Dicke von 100 bis 5.000 µm aufweist, vorzugsweise eine Dicke von 300 bis 900 µm aufweist, besonders bevorzugt eine Dicke von 400 bis 600 µm aufweist.

[0032] Es hat sich in eigenen Untersuchungen gezeigt, dass bei diesen Schichtdicken ein sehr gutes Verhältnis zwischen Verschleiß- und Abriebfestigkeiten und dem Gewicht des Verbundbauteiles vorliegt. Bei einer zu dicken Schicht (11) nimmt das Gewicht des Verbundbauteiles zu, ohne dass die Verschleiß- und Abriebfestigkeit wesentlich verbessert werden. Bei einer zu dünnen Schicht (11) nimmt die Verschleiß- und Abriebfestigkeit allerdings ab.

[0033] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass der die Schichten (11) und (12) umfassende Laminatverbund auf der Oberfläche, die mit der Schicht (13) im zweiten Arbeitsgang gefügt wird, Einkerbungen aufweist. Durch die Einkerbungen wird die Fläche der Oberfläche erhöht und die Haftung der Schicht (13) an dem Laminatverbund nach dem Fügen im zweiten Arbeitsgang wird erhöht.

[0034] Nach dem Zusammenfügen der Schichten (11) und (12) in dem ersten Arbeitsgang zu einem Laminatverbund ist das Elastomer vollständig vernetzt bzw. vulkanisiert und die für das Vernetzen bzw. Vulkanisieren verwendeten Vernetzer sind vollständig abreagiert, sofern die Vernetzungsreaktion chemisch induziert verlaufen ist. Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, wenn der die Schichten (11) und (12) umfassende Laminatverbund weniger als 0,5 pph (parts per hundred/ Anteile des Vernetzers pro Hundert Teile Elastomer) Vernetzer enthält, vorzugsweise weniger als 0,2 pph Vernetzer, ganz besonders bevorzugt keine Vernetzer enthält.

[0035] In eigenen Untersuchungen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das Zusammenfügen der Schicht (13) an den die Schichten (11) und (12) umfassende Laminatverbund unter Aushärtung der Schicht (13) erfolgt. In der Praxis wird der zumindest teilweise aus einem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff nach dem Zusammenfügen mit dem die Schichten (11) und (12) umfassende Laminatverbund ausgehärtet, beispielweise indem kurz vor dem Zusammenfügen ein Härter hinzugegeben wird oder indem der Kunststoff mit Licht bestrahlt wird, sofern es sich um einen lichthärtenden Kunststoff handelt. In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die Kunststoffmatrix des mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoffes kurz vor dem Zusam-

menfügen durch Vermischen eines Zweikomponentengemisches hergestellt.

[0036] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung erfolgt das Zusammenfügen der Schicht (13) an den die Schichten (11) und (12) umfassende Laminatverbund unter Wärmeeinwirkung, vorzugsweise bei Temperaturen von 70 bis 120 °C, besonders bevorzugt bei Temperaturen von 80 bis 115 °C und ganz besonders bevorzugt bei Temperaturen von 105°C bis 115°C.

[0037] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist das Verbundbauteil so ausgestaltet, dass die Schicht (13) zumindest teilweise aus einem Klebstoff besteht und dieser Klebstoff ein Epoxidharz-Klebstoff ist oder diesen umfasst. Dabei ist besonders bevorzugt, dass die klebstoffenthaltende Schicht (13) den Laminatverbund mit einer zumindest teilweise aus einem mittels Fasern verstärkten Kunststoff bestehenden Schicht (15) verbindet.

[0038] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist der Epoxidharz-Klebstoff vor dem Aushärten thixotrop eingestellt. Hierdurch kann der Epoxidharz-Klebstoff vor der Härtung auch Spalten mit mehreren Millimetern Dicke ausfüllen.

[0039] Besonders bevorzugt ist es, dass es sich bei der Schicht (15) um einen Faserverstärkten Kunststoff (FVK), einen mittels UHMW-PE-Fasern (z.B. Dyneema-Fasern) verstärkten Kunststoff, einen Carbonfaserverstärkten Kunststoff (CFK) oder einen Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) handelt, vorzugsweise um einen Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) handelt.

[0040] Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass es sich bei der Schicht (15) um ein Kunststoffharzsystem mit einer Epoxidharzmatrix, Polyurethanharzmatrix, (Meth)acrylat-Matrix oder (Meth)acrylamid-Matrix handelt, insbesondere bevorzugt um ein Kunststoffharzsystem mit einer Epoxidharzmatrix handelt.

[0041] Bei dieser Ausgestaltung ist es bevorzugt, dass die Schicht (13) eine Dicke von 1 bis 5.000 µm aufweist, vorzugsweise eine Dicke von 5 bis 4.000 µm aufweist, besonders bevorzugt eine Dicke von 10 bis 3.000 µm aufweist.

[0042] In dieser Ausgestaltung hat es sich als vorteilhaft erwiesen und ist daher bevorzugt, wenn das Zusammenfügen der Schicht (13) an den die Schichten (11) und (12) umfassenden Laminatverbund unter Aushärtung der klebstoffenthaltenden Schicht (13) erfolgt und die aus mittels Fasern verstärkten Kunststoff bestehende Schicht (15) vollständig ausgehärtet ist. Bei dieser Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, Bauteile, wie beispielsweise Rotorblätter von Windrädern, die erodiert sind und/oder

Beschädigungen aufweisen, durch Aufkleben des die Schichten (11) und (12) umfassenden Laminatverbundes zu reparieren und durch hervorragende Verschleiß- und Abriebfestigkeiten von insbesondere Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) einer zukünftigen Erosion und/oder Beschädigung vorzubeugen.

[0043] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Windrad, umfassend ein erfindungsgemäßes Verbundbauteil. Dabei ist es besonders bevorzugt, dass es sich um ein Windrad einer Windenergieanlage handelt und das erfindungsgemäße Verbundbauteil an zumindest einem Rotorblattelelement, insbesondere an zumindest einer Rotorblattkante, vorzugsweise einer Rotorblattvorderkante, angeordnet ist. Besonders bevorzugt ist es, dass das erfindungsgemäße Verbundbauteil an allen Rotorblattkanten, vorzugsweise an allen Rotorblattvorderkanten, einer Windenergieanlage angeordnet ist.

[0044] Das erfindungsgemäße Verbundbauteil kann allerdings auch in anderen Bereichen angewendet werden, in denen eine Erosion der Oberflächen vermieden werden soll. Dies sind erfindungsgemäß beispielsweise:

- Flügel, Tragflächen, Rotorblätter von Flugzeugen oder Hubschraubern,
- Turbinenschaufeln von Triebwerken,
- Karosseriebauteile von Fahrzeugen,
- Rumpf- oder Kielbereich von Wasserfahrzeugen oder
- Nutzflächen von Sportgeräten.

[0045] Ein weiterer Aspekt im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Verbundbauteiles, umfassend die folgenden Schritte:

- Herstellen oder Bereitstellen eines die Schichten (11) und (12) enthaltenden Laminatverbundes,
- Zusammenfügen des hergestellten oder bereitgestellten Laminatverbundes mit der Schicht (13).

[0046] Erfindungsgemäß bevorzugt ist ein Verfahren, bei dem das Elastomer der Schicht (12) ein Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPM), Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM), Ethylen-Acrylat-Kautschuk (EAM), Fluorkarbon-Kautschuk (FKM), Acrylat-Kautschuk (ACM) oder Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) ist, vorzugsweise ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM).

[0047] Ebenfalls bevorzugt ist ein Verfahren, bei dem das Polyethylen der Schicht (11) ein High Molecular Polyethylen (HMW-PE), ein Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) oder Polytetrafluorethylen (PTFE) ist, vorzugsweise ein Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE).

[0048] Ganz besonders bevorzugt ist ein Verfahren, bei dem das Elastomer der Schicht (12) ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) und das Polyethylen der Schicht (11) Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) ist.

[0049] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens handelt es sich bei sich bei dem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff der Schicht (13) um einen Faserverstärkten Kunststoff (FVK), einen mittels UHMW-PE-Fasern (z.B. Dyneema-Fasern) verstärkten Kunststoff, einen Carbonfaserverstärkten Kunststoff (CFK) oder einen Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK), vorzugsweise um einen Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK).

[0050] Ganz besonders bevorzugt ist ein Verfahren, bei dem das Elastomer der Schicht (12) ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) und das Polyethylen der Schicht (11) ein Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) ist und der mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff der Schicht (13) ein Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) ist.

[0051] Ganz besonders bevorzugt ist ein Verfahren, das die folgenden Schritte umfasst:

- Herstellen oder Bereitstellen eines die Schichten (11) und (12) enthaltenden Laminatverbundes,
- Zusammenfügen des hergestellten oder bereitgestellten Laminatverbundes mit einer nicht ausgehärteten Schicht (13) und
- Aushärten der Schicht (13).

[0052] Bevorzugt ist ein erfindungsgemäßes Verfahren, bei dem die nicht ausgehärtete Schicht (13) ein Epoxidharz ist, vorzugsweise ein Zweikomponentenepoxidharz ist, das vor dem Zusammenfügen mit dem hergestellten oder bereitgestellten Laminatverbund angemischt wird.

[0053] Ein weiterer Aspekt im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reparieren und/oder Ausbessern eines Rotorblattelelementes, vorzugsweise eines Rotorblattelelementes einer Windenergieanlage mit einem erfindungsgemäßen Verbundbauteil, umfassend die folgenden Schritte:

- Vorbereiten des beschädigten Rotorblattelelementes,
- Herstellen oder Bereitstellen eines die Schichten (11) und (12) enthaltenden Laminatverbundes,
- Auftragen einer nicht ausgehärteten Schicht (13) auf das vorbereitete Rotorblattelelement und/oder auf den hergestellten oder bereitgestellten die Schichten (11) und (12) enthaltenden Laminatverbund,
- Zusammenfügen des hergestellten oder bereitgestellten Laminatverbundes mit dem Rotorblattelelement.

lement, wobei sich die nicht ausgehärtete Schicht (13) zwischen dem Rotorblattelelement und der Schicht (12) des Laminatverbundes befindet und – Aushärten der Schicht (13).

[0054] Bevorzugt ist ein erfindungsgemäßes Verfahren, bei dem das Vorbereiten des beschädigten Rotorblattelelementes zumindest einen der nachfolgenden Schritte umfasst:

- Säubern der Oberfläche mittels Bürsten, Schleifen und/oder Strahlen und/oder
- Entfernen von Staub-, Fett- und/oder Ölrückständen.

[0055] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden vorzugsweise mehrere der vorstehend als bevorzugt bezeichneten Aspekte gleichzeitig verwirklicht; insbesondere bevorzugt sind die sich aus den beigegebenen Ansprüchen ergebenden Kombinationen solcher Aspekte und der entsprechenden Merkmale.

[0056] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Windenergieanlage mit Rotorblattelelement gemäß der Erfindung;

[0057] Fig. 2 zeigt schematisch eine Ausführungsform eines Rotorblattelelementes gemäß der Erfindung;

[0058] Fig. 3 zeigt in schematischer Darstellung einen Ausschnitt des Rotorblattelelementes aus Fig. 2;

[0059] Fig. 4 zeigt in schematischer Darstellung einen alternativen Ausschnitt des Rotorblattelelementes.

[0060] Fig. 1 zeigt eine Windenergieanlage 1000 mit einem Turm 1200 und einer Gondel 1300. An der Gondel 1300 ist ein Rotor 1400 mit drei Rotorblättern 1100 und einem Spinner 1500 angeordnet. Der Rotor 1400 wird im Betrieb durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt und treibt dadurch einen Generator in der Gondel 1300 an. Die Rotorblätter 1100 der Windenergieanlage 1000 verfügen über eine Basis (Schicht 13) aus einem zumindest teilweise aus einem mittels Fasern verstärkten Kunststoff und sind stellenweise mit einer Oberflächenfolie (Schicht 11) aus Polyethylen beschichtet, wobei sich zwischen der Oberflächenfolie und der Basis eine Elastomerschicht (Schicht 12) befindet. Dieser Aufbau wird anhand der folgenden Figuren näher erläutert.

[0061] Fig. 2 zeigt eine Rotorblattelelement 1110 des Rotorblattes 1100, nämlich die Rotorblattnase. Die Rotorblattnase 1110 verfügt über eine Oberflächenfolie 11. Diese besteht in diesem Ausführungsbeispiel aus Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht (UHMW-PE). Die Oberflächenfolie 11 (Schicht 11) ist über eine Anbindungsschicht 12 (Schicht 12) mit der Basis des Rotorblattelelementes 13 (Schicht 13) verbunden. Die Basis 13 (Schicht 13) des Rotor-

blattelelementes besteht dabei zumindest teilweise aus einem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff. Im Ausführungsbeispiel ist das Fasermaterial glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) und das härtbare Harz ein Epoxidharz. Die Anbindungsschicht 12 (Schicht 12) besteht zumindest teilweise aus einem Elastomer. Durch die Anbindung der Oberflächenfolie 11 (Schicht 11) an die Basis 13 (Schicht 13) mittels einer elastischen Anbindungsschicht ist zum einen das Fügen von UHMW-PE auf Epoxidharz möglich. Zum anderen hat die Anbindungsschicht dämpfende Eigenschaften, was insbesondere bei Belastungen der Oberflächenfolie und der Rotorbasis vorteilhaft ist. Die Oberflächenfolie 11 (Schicht 11) aus UHMW-PE ist besonders widerstandsfähig gegen abrasive Belastungen wie sie beim Betrieb von Windenergieanlagen insbesondere an den Rotorkanten auftritt.

[0062] Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt des Rotorblattelelementes 1110. An dieser Stelle des Rotorblattelelementes 1110 verfügt das Rotorblattelelement 1110 über folgenden Schichtaufbau: Eine erste Schicht (11), die zumindest teilweise aus Polyethylen besteht, eine Schicht (12), die zumindest teilweise aus einem Elastomer besteht, und wenigstens eine Schicht (13) als Basis, die zumindest teilweise aus einem mittels Fasern (14) verstärkten Kunststoff besteht. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Fasermaterial glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) und das härtbare Harz ein Epoxidharz, das Polyethylen ist ein Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht (UHMW-PE) und das Elastomer ist ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM).

[0063] Fig. 4 zeigt einen alternativen Ausschnitt des Rotorblattelelementes 1110. An dieser Stelle des Rotorblattelelementes 1110 verfügt das Rotorblattelelement 1110 über folgenden Schichtaufbau: Eine erste Schicht (11), die zumindest teilweise aus Polyethylen besteht, eine Schicht (12), die zumindest teilweise aus einem Elastomer besteht, wenigstens eine Schicht (13), die zumindest teilweise aus einem Klebstoff besteht und eine Schicht (15), die zumindest teilweise aus einem mittels Fasern verstärkten Kunststoff besteht. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Fasermaterial glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) und das härtbare Harz ein Epoxidharz, das Polyethylen ist ein Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht (UHMW-PE), das Elastomer ist ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) und der Klebstoff ist ein Epoxidharz-Klebstoff.

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 102004007487 A1 [0002]
- DE 10319246 A1 [0002]
- DE 10344379 A1 [0006]
- DE 102009002501 A1 [0007]
- DE 102013217128 A1 [0008, 0008]
- WO 2010/118860 [0009, 0009]

Patentansprüche

1. Verbundbauteil (**10**), gekennzeichnet durch folgenden Schichtenaufbau

- a) eine Schicht (**11**), die zumindest teilweise aus Polyethylen besteht,
- b) eine Schicht (**12**), die zumindest teilweise aus einem Elastomer besteht,
- c) wenigstens eine Schicht (**13**), die zumindest teilweise aus einem mittels Fasern (**14**) verstärkten Kunststoff besteht, oder die zumindest teilweise aus einem Klebstoff besteht, wobei die Schicht (**12**) unmittelbar zwischen der Schicht (**11**) und der Schicht (**13**) angeordnet ist, wobei die Schichten (**11**) und (**12**) in einem ersten Arbeitsgang zu einem Laminatverbund gefügt wurden und die Schicht (**13**) in einem zweiten Arbeitsgang an den die Schichten (**11**) und (**12**) umfassenden Laminatverbund gefügt wurden.

2. Verbundbauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Polyethylen ein High Molecular Polyethylen (HMW-PE), ein Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) oder Polytetrafluorethylen (PTFE) ist, vorzugsweise ein Ultra High Molecular Polyethylen (UHMW-PE) ist.

3. Verbundbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Elastomer ein Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPM), Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM), Ethylen-Acrylat-Kautschuk (EAM), Fluorkarbon-Kautschuk (FKM), Acrylat-Kautschuk (ACM) oder Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) ist, vorzugsweise ein Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) ist.

4. Verbundbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der mittels Fasern (**14**) verstärkten Kunststoff um einen Faserverstärkten Kunststoff (FVK), einen mittels UHMW-PE-Fasern verstärkten Kunststoff, einen Carbonfaserverstärkten Kunststoff (CFK) oder einen Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) handelt, vorzugsweise um einen Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) handelt.

5. Verbundbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem mittels Fasern (**14**) verstärkten Kunststoff um ein Kunststoffharzsystem auf Epoxid-Basis, Polyurethan-Basis, (Meth)acrylat-Matrix oder (Meth)acrylamid-Matrix handelt.

6. Verbundbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zusammenfügen der Schicht (**13**) mit dem die Schichten (**11**) und (**12**) umfassenden Laminatverbund unter Aushärtung der Schicht (**13**) erfolgt.

7. Verbundbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht (**13**) ein Epoxidharz-Klebstoff ist oder diesen umfasst. Verbundbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem Verbundbauteil um ein Rotorblatt handelt, vorzugsweise um ein Rotorblatt eines Windrades.

8. Windrad umfassend ein Verbundbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

9. Verfahren zur Herstellung eines Verbundbauteiles nach einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend die folgenden Schritte:

- Herstellen oder Bereitstellen eines die Schichten (**11**) und (**12**) enthaltenden Laminatverbundes,
- Zusammenfügen des hergestellten oder bereitgestellten Laminatverbundes mit der Schicht (**13**).

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

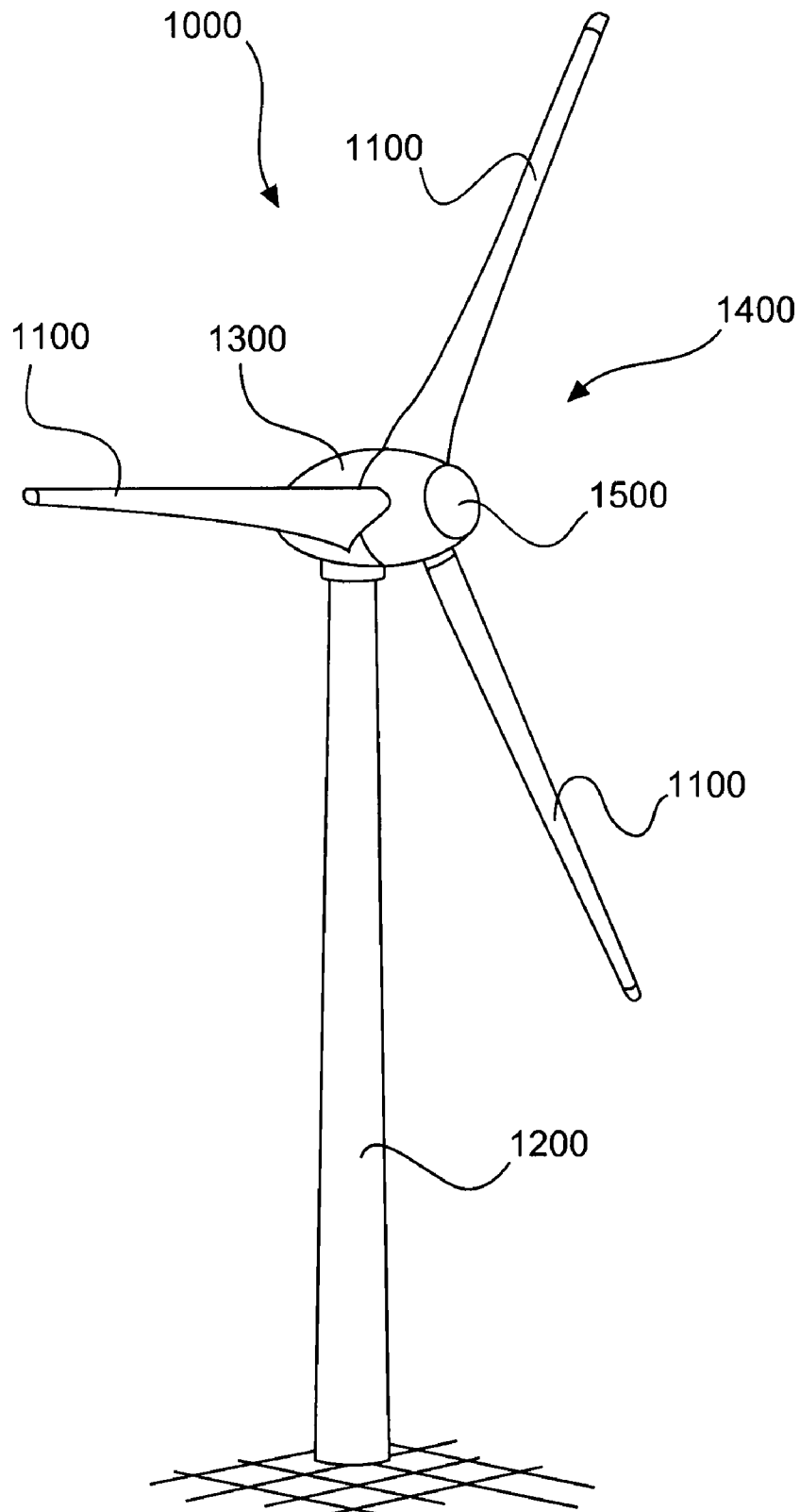


Fig. 1

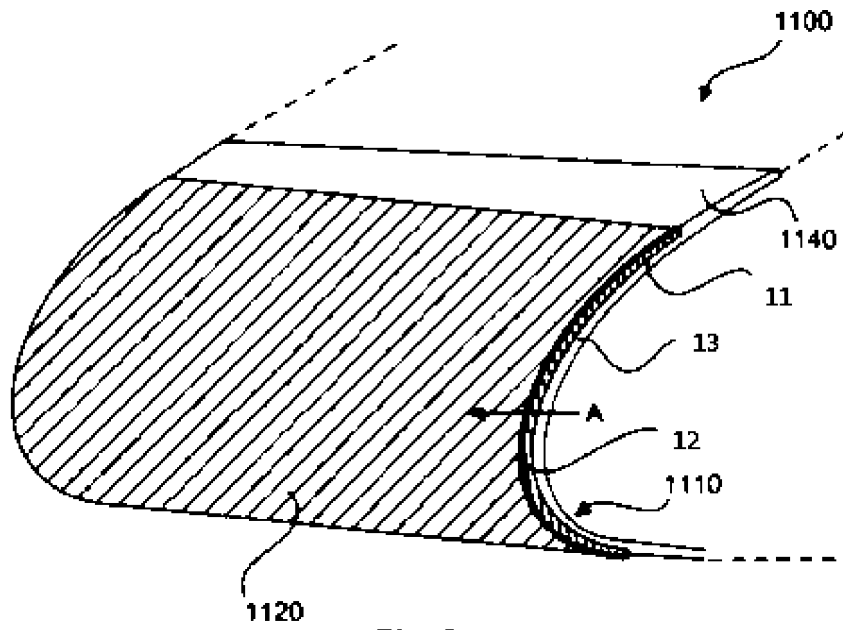


Fig. 2

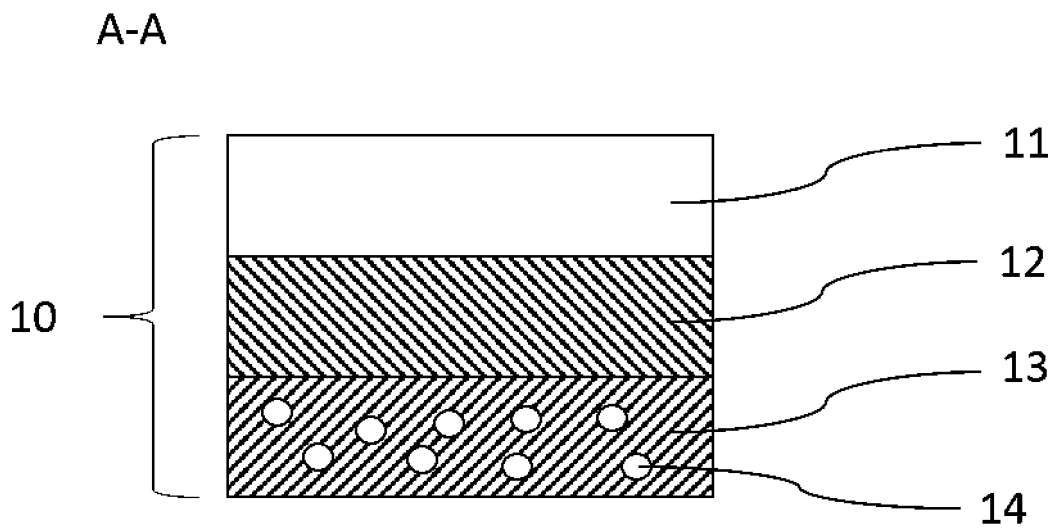


Fig. 3

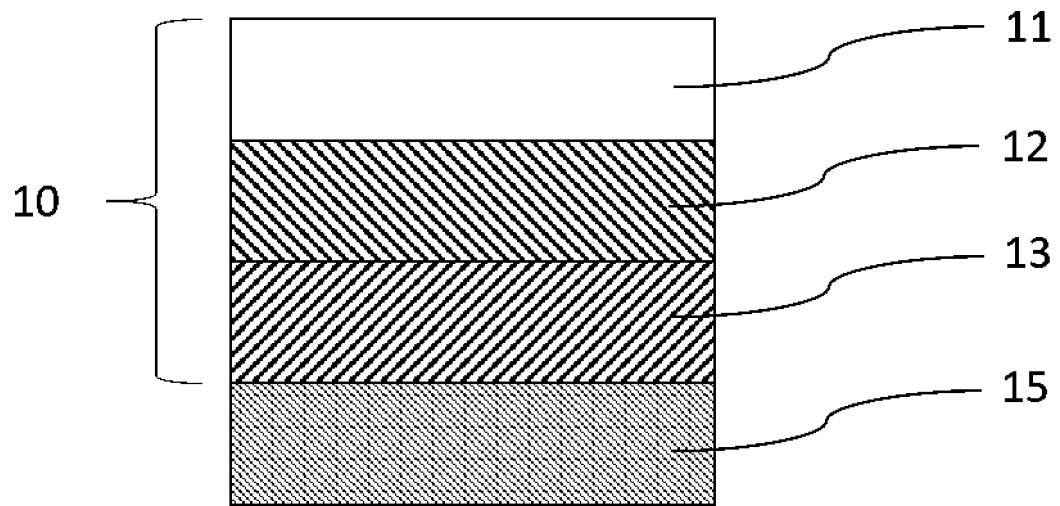


Fig. 4