

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
27. Oktober 2016 (27.10.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/170131 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B32B 5/06 (2006.01) **B32B 27/30** (2006.01)
B32B 5/22 (2006.01) **B32B 7/10** (2006.01)
B32B 5/24 (2006.01) **C08J 5/08** (2006.01)
B32B 5/26 (2006.01) **C08K 7/14** (2006.01)
B32B 7/04 (2006.01) **C08L 33/00** (2006.01)
B32B 7/08 (2006.01) **C08L 35/00** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/059041

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. April 2016 (22.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 207 359.9
22. April 2015 (22.04.2015) DE

(71) Anmelder: **INEOS STYROLUTION GROUP GMBH**
[DE/DE]; Erlenstrasse 2, 60325 Frankfurt (DE).

(72) Erfinder: **NIESSNER, Norbert**; Im Haag 17, 67159
Friedelsheim (DE). **DEITMERG, Philipp**; Arpe 59,
57392 Schmallenberg (DE). **JAHNKE, Eike**;
Maßbornstraße 58H, 60437 Frankfurt am Main (DE).

(74) Anwalt: **JACOBI, Markus**; Isenbruck Bösl Hörschler
LLP Patentanwälte, EASTSITE ONE, Seckenheimer
Landstraße 4, 68163 Mannheim (DE).

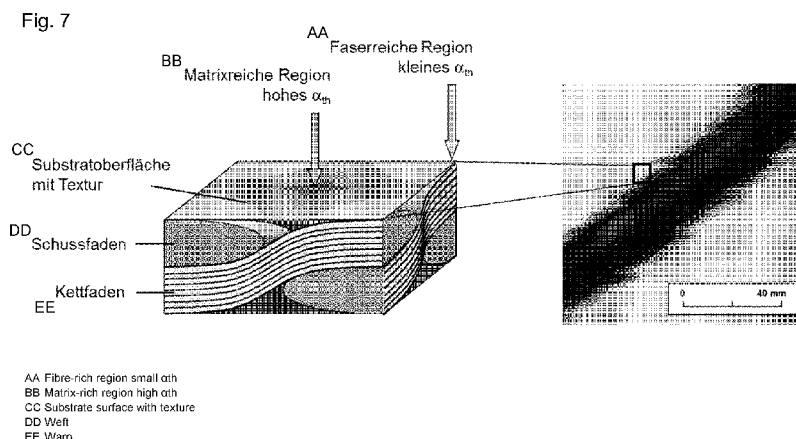
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: USE OF A FIBRE COMPOSITE MATERIAL HAVING SANDWICH STRUCTURE AND FOAM COMPONENT

(54) Bezeichnung : VERWENDUNG EINES FASERVERBUND-WERKSTOFFS MIT SANDWICH-STRUKTUR UND
SCHAUMSTOFF-KOMPONENTE



(57) Abstract: The use of a fibre composite material W having a sandwich structure, constructed from: A) a thermoplastic material layer w, containing as components: a) a thermoplastic moulding compound A as a matrix, b) a ply made from reinforcing fibres B, and c) optionally additive C, wherein the ply of reinforcing fibres B is embedded in the matrix of the thermoplastic moulding compound A, and, in the production of the material layer w, the thermoplastic moulding compound A comprises at least one chemically reactive functionality, which reacts with chemical groups of the surface of the reinforcing fibres B; and B) a further thermoplastic layer T and/or a foam layer S, wherein said further layer T and/or S is permanently connected to the material layer w; provides increased mechanical stability for the production of moulded parts.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/170131 A1



Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur, aufgebaut aus: A) thermoplastischen Werkstoff-Schicht w, enthaltend als Komponenten: a) thermoplastischen Formmasse A als Matrix, b) Lage aus Verstärkungsfasern B, und c) optional Additiv C, wobei die Lage der Verstärkungsfasern B in die Matrix der thermoplastischen Formmasse A eingebettet ist, und die thermoplastische Formmasse A bei der Herstellung des Werkstoff-Schicht w mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist, welche mit chemischen Gruppen der Oberfläche der Verstärkungsfasern B reagiert; und B) einer weiteren thermoplastischen Schicht T und/oder einer Schaumstoff-Schicht S, wobei diese weitere Schicht T und/oder S mit der Werkstoff-Schicht w dauerhaft verbunden ist; bietet zur Herstellung von Formteilen erhöhte mechanische Stabilität.

Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur und Schaumstoff-Komponente

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Faserverbund-Werkstoff mit Schaumstoff-Komponente als feste, leichte Sandwich-Struktur. Gegenstand ist auch die Verwendung einer Sandwich-Struktur, aufgebaut aus mindestens einem Faserverbund-Werkstoff W (Organoblech), enthaltend eine thermoplastische Formmasse A und mindestens eine Lage aus Verstärkungsfasern B. Die mindestens eine Lage der Verstärkungsfasern B wird in die Matrix mit der thermoplastischen Formmasse A eingebettet, wobei die thermoplastische Formmasse A mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist. Der Faserverbund-Werkstoff hat eine weitere thermoplastische Schicht T und/oder mindestens eine Schaumstoff-Schicht S, er eignet sich zur Herstellung von Formteilen.

10

15

Faserverbund-Werkstoffe (bzw. Organobleche) bestehen aus einer Vielzahl von Verstärkungsfasern, die in eine Polymer-Matrix eingebettet sind. Die Einsatzbereiche von Faserverbund-Werkstoffen sind vielfältig. Faserverbund-Werkstoffe kommen im Fahrzeug- und Luftfahrt-Bereich zum Einsatz. Hierbei sollen Faserverbund-Werkstoffe das Zerreißen oder sonstige Fragmentierungen der Matrix verhindern, um somit die Unfallgefahr durch verteilte Bauteilfetzen zu vermindern. Viele Faserverbund-Werkstoffe sind in der Lage, bei Belastung vergleichsweise hohe Kräfte aufzunehmen, bevor es zum totalen Versagensfall kommt. Gleichzeitig zeichnen sich Faserverbund-Werkstoffe gegenüber herkömmlichen, nicht verstärkten Materialien durch eine hohe Festigkeit und Steifigkeit bei gleichzeitig niedriger Dichte und weiteren vorteilhaften Eigenschaften wie beispielsweise guter Alterungs- und Korrosionsbeständigkeit aus.

20

25

Festigkeit und Steifigkeit der Faserverbund-Werkstoffe sind dabei an die Belastungsrichtung und Belastungsart anpassbar. Hierbei sind in erster Linie die Fasern für die Festigkeit und Steifigkeit des Faserverbund-Werkstoffs verantwortlich. Zudem bestimmt auch ihre Anordnung die mechanischen Eigenschaften des jeweiligen Faserverbund-Werkstoffs. Die Matrix dient dagegen meist primär zum Einleiten der aufzunehmenden Kräfte in die einzelnen Fasern und zur Beibehaltung der räumlichen Anordnung der Fasern in der gewünschten Orientierung. Da sowohl die Fasern als auch die Matrix-Materialien variierbar sind, kommen zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten von Fasern und Matrix-Materialien in Betracht.

30

35

Bei der Herstellung von Faserverbund-Werkstoffen spielt die Verbindung von Fasern und Matrix zueinander eine wesentliche Rolle.

40

Auch die Festigkeit der Einbettung der Fasern in die Polymer-Matrix (Faser-Matrix-Haftung) kann erheblichen Einfluss auf die Eigenschaften des Faserverbund-Werkstoffs haben.

- 5 Zur Optimierung der Faser-Matrix-Haftung und um eine „geringe chemische Ähnlichkeit“ zwischen den Faseroberflächen und der umgebenen Polymer-Matrix auszugleichen, werden Verstärkungsfasern regelmäßig vorbehandelt. Hierzu werden der sogenannten Schlichte (Schlichtemittel) regelmäßig Haftvermittler zugesetzt. Eine solche Schlichte wird regelmäßig während der Herstellung auf die Faser aufgebracht um die
- 10 Weiterverarbeitbarkeit der Fasern (wie Weben, Legen, Nähen) zu verbessern. Wenn die Schlichte für die spätere Weiterverarbeitung unerwünscht ist, muss sie erst in einem zusätzlichen Verfahrensschritt entfernt werden, etwa durch Verbrennen. . In einigen Fällen werden Glasfasern auch ohne Schlichte verarbeitet.
- 15 Dann wird für die Herstellung des Faserverbund-Werkstoffs ein weiterer Haftvermittler in einem zusätzlichen Verfahrensschritt aufgebracht. Schlichte und/oder Haftvermittler bilden auf der Oberfläche der Fasern eine Schicht, welche die Wechselwirkung der Fasern mit der Umgebung wesentlich bestimmen kann. Heute steht eine Vielzahl unterschiedlicher Haftvermittler zur Verfügung. Der Fachmann kann je nach Anwendungsgebiet, zu verwendender Matrix und zu verwendenden Fasern einen geeigneten
- 20 Haftvermittler auswählen, der mit der Polymer-Matrix und mit den Fasern kompatibel ist.

- Eine technische Herausforderung besteht darin, dass bei Eintritt des totalen Versagensfalls der Faserverbund-Werkstoff einen Sprödbbruch erleiden kann. Folglich kann beispielsweise im Bau von Formkörper, die einer hohen mechanischen Belastung ausgesetzt sind, eine erhebliche Unfallgefahr von zerrissenen Bauteilen entstehen.
- 25

- Daher ist es gewünscht, leichte Sandwich-Strukturen, enthaltend Faserverbund-Werkstoffe, mit einem weiten Belastungsbereich, bei dem der totale Versagensfall unwahrscheinlich ist, bereitzustellen. Gewünscht sind zudem gute optische Eigenschaften, wie die Möglichkeit, mittels der Faserverbund-Werkstoffe mit Sandwich-Strukturen verschiedene Elemente mit glatten Oberflächen herstellen zu können.
- 30

- 35 In WO 2008/058971 werden Formmassen beschrieben, welche zwei Gruppen von Verstärkungsfasern verwenden. Die Gruppen von Verstärkungsfasern sind jeweils mit verschiedenen Haftvermittler-Komponenten versehen, welche die verschiedenen Faser-Matrix-Haftungen bewirken.

- Die zweite Faser-Matrix-Haftung ist geringer als die erste Faser-Matrix-Haftung, und die oberflächennahen Lagen von Verstärkungsfasern aus Verstärkungsfasern der ersten Gruppe werden mit größerer Faser-Matrix Haftung gebildet. Als Matrix-Materialien werden Duroplasten wie Polyester und die Thermoplasten Polyamid und Polypropylen vorgeschlagen.
- 5
- WO 2008/119678 beschreibt ein Glasfaser-verstärktes Styrol-Acrylnitril Copolymer (SAN), welches durch Verwendung von Maleinsäureanhydrid-Gruppen-haltiges Styrol-Copolymer und geschnittenen Glasfasern in seinen mechanischen Eigenschaften verbessert wird. Es wird daher der Einsatz von Kurzfasern gelehrt. Es wird jedoch kein Hinweis auf Faserverbund-Werkstoffe gegeben.
- 10
- CN 102924857 beschreibt Mischungen aus Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymeren, welche mit Schnittglas gemischt werden und dann relative hohe Festigkeiten zeigen. Jedoch ist die Spannungsrisssbeständigkeit eines solchen Materials gegenüber Lösungsmitteln zu gering. Auch die Festigkeit gegenüber Glasfaserverbunden deutlich ist zu niedrig.
- 15
- CN 101555341 beschreibt Mischungen aus Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Glasfasern, Maleinsäureanhydrid-haltigen Polymeren und Epoxidharzen. Bei der Herstellung werden ABS und das Maleinsäureanhydrid-haltige Polymer vorgelegt, um zunächst das Epoxidharz zuzugeben und dann die Glasfasern. Die Fließfähigkeit einer solchen Mischung, enthaltend ein (duromeres) Epoxidharz, ist sehr beschränkt.
- 20
- KR 100376049 lehrt Mischungen aus SAN, Maleinsäureanhydrid- und N-Phenylmaleinimid-haltigem Copolymer, geschnittenen Glasfasern und einem Aminosilan-basierten Kupplungsagens. Die Verwendung eines solchen Kupplungsagens führt zu zusätzlichen Verarbeitungsschritten und erhöht somit die Produktionskosten.
- 25
- WO 2014/163227 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Verbundplatten und CA 2862396 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Verbundwerkstoffen bestehend aus einer Kernstruktur und mindestens einer Oberflächenplatte, welche mit der Kernstruktur verbunden wird.
- 30
- US-A 2011/0020572 beschreibt Organoblech-Bauteile mit einem Hybrid-Design aus beispielsweise einer hoch fließfähigen Polycarbonat-Komponente. Dabei wird Polycarbonat (PC) durch geeignete Additive fließfähig gemacht, wie über hyperverzweigte Polyester, Ethylen/(Meth)acrylat Copolymere oder niedermolekulare Polyalkylenglykolester.
- 35

DE 20 2010 001 918 lehrt die Herstellung von Verbundstoffen, bei denen die Fasern mit nicht-reaktiven Formmassen unter Einsatz von Haft- und Verträglichkeitsvermittlern reagieren.

5

WO 2008/110539 lehrt einschichtige Verbundstoffe, bei denen Glasfasern in eine Formmasse eingebettet werden.

(Glas-)Fasern werden im Stand der Technik häufig mit einer Schlichte behandelt, welche vor allem die Fasern gegenseitig schützen. Ein gegenseitiges Beschädigen durch Abrieb soll verhindert werden. Beim gegenseitigen mechanischen Einwirken soll es nicht zur Querfragmentierung (Bruchbildung) kommen.

Ferner kann mittels der Schlichte der Schneidevorgang der Faser erleichtert werden, um vor allem eine gleiche Stapellänge zu erhalten. Daneben kann durch die Schlichte eine Agglomeration der Fasern vermieden werden. Die Dispergierbarkeit von Kurzfasern in Wasser kann verbessert werden. Somit ist es möglich, gleichmäßige Flächengebilde nach dem Naßlegeverfahren zu erhalten.

Eine Schlichte kann dazu beitragen, dass ein verbesserter Zusammenhalt zwischen den Glasfasern und der Polymer-Matrix, in welcher die Glasfasern als Verstärkungsfasern wirken, hergestellt wird. Dieses Prinzip findet vor allem bei den glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) Anwendung.

Bislang enthalten die Glasfaser-Schichten generell eine große Anzahl an Bestandteilen, wie beispielsweise Filmbildner, Gleitmittel, Netzmittel und Haftvermittler.

Ein Filmbildner schützt die Glasfilamente vor gegenseitiger Reibung und kann zusätzlich eine Affinität zu Kunstharzen verstärken, um somit die Festigkeit und den Zusammenhalt eines Verbundwerkstoffes zu fördern. Stärkederivate, Polymere und Copolymer von Vinylacetat und Acrylestern, Epoxidharz-Emulsionen, Polyurethanharze und Polyamide mit einem Anteil von 0,5 bis 12 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schlichte, sind zu nennen.

Ein Gleitmittel verleiht den Glasfasern und deren Produkten Geschmeidigkeit und vermindert die gegenseitige Reibung der Glasfasern, sowie bei der Herstellung. Oftmals wird jedoch die Haftung zwischen Glas und Kunstharz durch die Verwendung von Gleitmitteln beeinträchtigt. Fette, Öle und Polyalkylenamine in einer Menge von 0,01 bis 1 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schlichte, sind zu nennen.

Ein Netzmittel bewirkt eine Herabsetzung der Oberflächenspannung und eine verbesserte Benetzung der Filamente mit der Schlichte. Für wässrige Schichten sind beispielsweise Polyfettsäureamide mit einer Menge von 0,1 bis 1,5 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schlichte, zu nennen.

Oftmals existiert keine geeignete Affinität zwischen der Polymer-Matrix und den Glasfasern.

Diese Überbrückung können Haftvermittler übernehmen, welche die Adhäsion von Polymeren an der Faseroberfläche erhöhen. Die meisten organo-funktionellen Silane, wie beispielsweise Aminopropyltriethoxysilan, Methacryloxypropyltrimethoxysilan, Glycidylloxypropyltrimethoxysilan und ähnliche sind zu nennen.

Silane, welche einer wässrigen Schlichte zugesetzt werden, werden meist zu Silanolen hydrolysiert. Diese Silanole können dann mit reaktiven (Glas-)Faseroberflächen reagieren und somit eine Haftmittelschicht (mit einer Dicke von ca. 3 nm) bilden.

Folglich können niedermolekulare, funktionale Agenzien mit Silanolgruppen auf der Glasoberfläche reagieren, wobei diese niedermolekularen Agenzien anschließend weiterreagieren (beispielsweise in Epoxidharzen) und dabei für eine chemische Anbindung der Glasfaser an die Polymer-Matrix sorgen. Eine solche Herstellung ist jedoch zeitaufwändig und dauert bis zur vollständigen Aushärtung der Polymere (beispielsweise der oben genannten Epoxidharze) ungefähr zwischen 30 Minuten bis über eine Stunde.

Es erscheint daher wünschenswert, in einem verbesserten Verfahren bereits polymerisierte Schmelzen in Verbindung mit Glasfasern oder anderen Verstärkungsfasern zu bringen.

Eine Funktionalisierung durch Umsetzung mit Polymeren ist ebenfalls bekannt. So gelingt es, durch Verwendung niedermolekularer Polycarbonat-Typen das Glasfasergewebe bzw. -gelege gut zu tränken und durch Reaktion von funktionellen Gruppen auf der Glasfaseroberfläche mit dem Polycarbonat eine „Pfropfung“ durchzuführen, welche die Verträglichkeit zum Polymer erhöht. Diese Verfahrensweise hat jedoch den Nachteil, dass Polycarbonat (PC) eine sehr hohe Viskosität besitzt und für diesen Imprägnierschritt niedermolekulares, d.h. niedrigviskoses PC eingesetzt werden muss, welches eine äußerst schlechte Gebrauchstauglichkeit, wie beispielsweise eine geringe Resistenz gegenüber Spannungsriss auslösenden Agenzien, wie polare Lösungsmittel, aufweist.

Eine technische Aufgabe der Erfindung ist es einen Faserverbund-Werkstoff mit Sandwich-Struktur, enthaltend einen Faserverbund-Werkstoff (Organoblech), herzustellen, welche geeignete Eigenschaften zum Bau von Formteilen aufweist.

5

Der enthaltene Faserverbund-Werkstoff sollte auf einem leicht zu verarbeitenden, gegen herkömmliche Lösemittel weitgehend inerten, gut spannungsrißbeständigen, festen Verbundwerkstoff basieren und eine glatte Oberfläche aufweisen. Idealerweise kommt der Faserverbund-Werkstoff ohne Haftvermittler aus.

10

Es hat sich überraschend gezeigt, dass Sandwich-Strukturen, aufgebaut aus mindestens einer thermoplastischen Werkstoff-Schicht *w* und einer weiteren thermoplastischen Schicht *T* und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht *S* die gewünschten Kriterien erfüllen. Die thermoplastische Werkstoff-Schicht *w* enthält mindestens eine thermoplastische Formmasse *A* als Matrix, mindestens eine Lage aus Verstärkungsfasern *B*, und optional mindestens ein Additiv *C*, wobei die mindestens eine Lage der Verstärkungsfasern *B* in die Matrix eingebettet ist. Dabei weist die thermoplastische Formmasse *A* mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität auf, welche während des Herstellungsprozesses des Faserverbund-Werkstoffs mit chemischen Gruppen der Oberfläche von Komponente *B* reagiert. Der erhaltene Faserverbund-Werkstoff *W* mit Sandwich-Struktur weist eine gute Festigkeit auf und ist spannungsriß- und lösungsmittelbeständig.

15

20

25

Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft die Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs *W* mit Sandwich-Struktur, aufgebaut aus:

30

- A) mindestens einer thermoplastischen Werkstoff-Schicht *w*, enthaltend als Komponenten bei der Herstellung
 - a) mindestens eine thermoplastische Formmasse *A* als Matrix,
 - b) mindestens eine Lage aus Verstärkungsfasern *B*, und
 - c) optional mindestens ein Additiv *C*,

35

wobei die mindestens eine Lage der Verstärkungsfasern *B* in die Matrix der thermoplastischen Formmasse *A* eingebettet ist, und

wobei die thermoplastische Formmasse *A* bei der Herstellung des Werkstoff-Schicht *w* mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist, welche mit chemischen Gruppen der Oberfläche der Verstärkungsfasern *B* reagiert; und

B) mindestens einer weiteren thermoplastischen Schicht T, die von der Schicht w verschieden ist, und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht S, wobei diese weitere Schicht T und/oder S mit der Werkstoff-Schicht w dauerhaft verbunden ist; zur Herstellung von Formteilen.

5

Daher betrifft die vorliegende Erfindung auch, anders ausgedrückt, ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur, umfassend die folgenden Schritte:

- 10 (i) Bereitstellen von
mindestens einer thermoplastischen Werkstoff-Schicht w,
enthaltend als Komponenten (oder bestehend aus den Komponenten)
bei der Herstellung
- 15 a) mindestens eine thermoplastische Formmasse A als Matrix,
b) mindestens eine Lage aus Verstärkungsfasern B, und
c) optional mindestens ein Additiv C,
wobei die mindestens eine Lage der Verstärkungsfasern B in die Matrix der
thermoplastischen Formmasse A eingebettet ist, und
wobei die thermoplastische Formmasse A bei der Herstellung der Werkstoff-
20 Schicht w mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist, welche mit
chemischen Gruppen der Oberfläche der Verstärkungsfasern B reagiert; und
- (ii) Aufbringen von
mindestens einer weiteren thermoplastischen Schicht T, die von der Schicht w
25 verschieden ist, und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht S, wobei diese
weitere Schicht T und/oder S mit der Werkstoff-Schicht w dauerhaft verbunden
ist; zur Herstellung von Formteilen.

30 Die Polymer-Matrix kann eine Matrix aus amorphem Kunststoff (Polymer) sein, in die
die Fasern als Verstärkungsfasern B eingebettet und über eine Faser-Matrix-Haftung
mit der Matrix gekoppelt sind.

Erfindungsgemäß weist die Werkstoff-Schicht w die Komponenten A und B auf. Die
Verstärkungsfasern B sind in eine thermoplastische Formmasse A eingebettet. Die
entsprechende Werkstoff-Schicht w ist mit mindestens einer thermoplastischen Schicht
35 T oder Schaumstoff-Schicht S verbunden.

Die Erfindung betrifft besonders die Verwendung eines wie oben beschriebenen Fa-
serverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur, aufgebaut (oder bestehend) aus:

- A) 10 bis 70 Gew.-% mindestens einer thermoplastische Werkstoff-Schicht w, enthaltend
- a) 30 bis 95 Gew.-% der thermoplastischen Formmasse A,
b) 5 bis 70 Gew.-% der Verstärkungsfaser B,
5 c) 0 bis 40 Gew.-% mindestens eines Additivs C, und
- B) 30 bis 90 Gew.-% mindestens einer weitem thermoplastischen Schicht T und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht S.
- 10 Die Erfindung betrifft besonders die Verwendung einer wie oben beschriebenen Sandwich-Struktur, wobei die thermoplastische Formmasse A amorph ist.
- In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die thermoplastische Formmasse A amorph ist und auf einem, durch eine chemisch reaktive Funktionalität modifizierten Styrol-Copolymer basiert.
- 15
- In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die thermoplastische Formmasse A ausgewählt ist aus der Gruppe von, durch eine chemisch reaktive Funktionalität modifizierten Copolymeren, bestehend aus: Styrol-Acrylnitril-Copolymere, α -Methylstyrol-Acrylnitril-Copolymere, schlagzäh modifizierte Acrylnitril-Styrol-Copolymere, insbesondere Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS) und Acrylnitril-Styrol-Acrylester-Copolymere (ASA), sowie Blends der genannten Copolymeren mit Polycarbonat oder Polyamid. Die thermoplastische Formmasse A ist z. B. ein durch Maleinsäureanhydrid modifiziertes Styrol-Acrylnitril-Copolymer oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS).
- 20
- 25
- In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die chemisch reaktive Funktionalität der thermoplastischen Formmasse A basiert auf Komponenten ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Maleinsäureanhydrid, N-Phenylmaleinimid und Glycidyl(meth)acrylat.
- 30
- 35 In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die thermoplastische Formmasse A von 0,1 bis 10 Gew.-%, oftmals 0,15 bis 5 Gew.-%, Monomere (A-I), bezogen auf die Menge an Komponente A, enthält, wobei diese Monomere eine chemisch reaktive Funktionalität aufweisen.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffs, wobei die Verstärkungsfasern B aus Glasfasern bestehen, welche bevorzugt als chemisch reaktive Funktionalität Silangruppen an der Oberfläche enthalten.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die Verstärkungsfasern B an der Oberfläche eine oder mehrere chemisch reaktive Funktionalitäten aus der Gruppe Hydroxy-, Ester- und Amino-Gruppen enthalten.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die Verstärkungsfasern B aus Glasfasern bestehen, welche als chemisch reaktive Funktionalität Silanol-Gruppen an der Oberfläche enthalten.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die Verstärkungsfasern B in Form eines Geleges, eines Gewebes, einer Matte, eines Vlieses oder eines Gewirkes eingesetzt wird.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die Verstärkungsfasern B in Form eines Geleges, eines Gewebes, einer Matte, eines Vlieses oder eines Gewirkes in einem durch Maleinsäureanhydrid modifizierten Styrol-Copolymer als Formmasse A eingesetzt werden.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die Werkstoff-Schicht w eine Dicke von <100 mm, insbesondere von <20 mm, vorzugsweise von <10 mm, besonders von < 5 mm aufweist.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die Werkstoff-Schicht w eine Verrippung aufweist.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur, wobei die Werkstoff-Schicht w schichtartig aufgebaut ist und mehrere Schichten enthält.

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die Sandwich-Struktur schichtartig aufgebaut ist und mehr als drei Schichten, z. B. 4 oder 5 Schichten, enthält.

5

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur, wobei die mindestens eine thermoplastische Schicht T und/oder mindestens eine Schaumstoff-Schicht S durch Lamination oder (Co-)Extrusion mit der thermoplastischen Werkstoff-Schicht w verbunden sind.

10

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die thermoplastische Schicht T mit mindestens einer Kurz-, Lang- oder Endlosfaser S, insbesondere mit Carbon- oder Basaltfasern, verstärkt ist.

15

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung eines wie oben beschriebenen Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, wobei die Schaumstoff-Schicht S aus expandierten thermoplastischen Formmassen (wie expandiertem Polystyrol) besteht, die durch chemische oder physikalische Treibmittel hergestellt wurden.

20

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft einen Faserverbund-Werkstoff W mit Sandwich-Struktur, enthaltend (oder bestehend aus):

25

A) mindestens eine thermoplastischen Werkstoff-Schicht w, enthaltend als Komponenten bei der Herstellung

a) mindestens eine thermoplastische Formmasse A als Matrix,

b) mindestens eine Lage aus Verstärkungsfasern B, und

30

c) optional mindestens ein Additiv C,

wobei die mindestens eine Lage der Verstärkungsfasern B in die Matrix der thermoplastischen Formmasse A eingebettet ist, und

wobei die thermoplastische Formmasse A bei der Herstellung des Werkstoff-Schicht w mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist, welche mit chemischen Gruppen der Oberfläche der Verstärkungsfasern B reagiert; und

35

B) mindestens eine weiteren thermoplastischen Schicht T, die von der Schicht w verschieden ist, und/oder mindestens eine Schaumstoff-Schicht S, wobei diese weitere Schicht T und/oder S mit der Werkstoff-Schicht w dauerhaft verbunden ist.

Es wird verstanden werden, dass es sich hierbei bevorzugt um einen Faserverbund-Werkstoff W mit Sandwich-Struktur der gemäß der hierin beschriebenen Verwendung hergestellt wurde und/oder ein oder mehrere weitere Merkmale wie hierin beschrieben aufweist. Die Definitionen und bevorzugten Ausführungsformen wie bezüglich der Verwendung definiert gelten für den Faserverbund-Werkstoff W als solchen genauso.

Komponente A

Die Werkstoff-Schicht w enthält mindestens 20 Gew.-%, in der Regel mindestens 30 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Werkstoff-Schicht w, der thermoplastischen Matrix M bzw. der thermoplastischen Formmasse A. Die thermoplastische Matrix (M), die die Formmasse A enthält (bzw. aus dieser besteht), ist in der Werkstoff-Schicht w bevorzugt von 30 bis 95 Gew.-%, besonders bevorzugt von 35 bis 90 Gew.-%, oftmals von 35 bis 70 Gew.-% und insbesondere von 38 bis 70 Gew.-%, bezogen auf die Werkstoff-Schicht w, vorhanden. Bevorzugt entspricht die thermoplastische Matrix M der thermoplastischen Formmasse A.

Dem Fachmann wird verständlich sein, dass die thermoplastische Formmasse A erfindungsgemäß mindestens ein (Co)polymer umfasst, das mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist, welche während des Herstellungsprozesses des Faserverbund-Werkstoffs mit chemischen Gruppen an der Oberfläche der Verstärkungsfaser-Komponente B reagiert. Ein solches (Co)polymer umfasst mindestens ein funktionelles Monomer A-I, dessen Funktionalität während des Herstellungsprozesses des Faserverbund-Werkstoffs mit chemischen Gruppen an der Oberfläche der Verstärkungsfaser-Komponente B reagiert. Das Monomer A-I umfassende (Co)polymer wird hierin auch als Polymer-Komponente (A-a) bezeichnet.

Optional kann die thermoplastische Formmasse A noch ein oder mehrere (Co)polymere enthalten die wahlweise auch frei von einer solchen chemisch reaktiven Funktionalität sind (daher kein funktionales Monomer A-I enthalten) und somit während des Herstellungsprozesses des Faserverbund-Werkstoffs nicht mit chemischen Gruppen an der Oberfläche der Verstärkungsfaser-Komponente B reagieren. Ein solches (Co)polymer wird hierin auch als Polymer-Komponente (A-b) bezeichnet.

Bevorzugt besteht die thermoplastische Formmasse A hauptsächlich (zu mehr als 50%) aus einem Copolymer (A-1). Gemäß einer Ausführungsform besteht die thermoplastische Formmasse A zu mindestens 75 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 90

Gew.-% aus dem Copolymer A-1. Die thermoplastische Formmasse A kann auch nur aus Copolymer A-1 bestehen.

5 Ein solches Styrol-Copolymer kann, sofern als Polymer-Komponente (A-a) eingesetzt, etwa ein M-I-enthaltendes Styrol-Copolymer (beispielhaft ein Maleinsäureanhydrid-enthaltendes Styrol-Copolymer) sein.

10 Für eine erfindungsgemäßen Werkstoff-Schicht w kommen als thermoplastische Formmasse A zwar beliebige thermoplastische Polymere in Frage, insbesondere jedoch werden modifizierte Styrol-Copolymere, insbesondere SAN, ABS und ASA, eingesetzt.

15 Wie oben bereits ausgeführt, wird der Fachmann verstehen, dass erfindungsgemäß mindestens eine der (Co)polymer-Komponenten der thermoplastischen Formmasse A ein (Co)polymer darstellt, das mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität wie hierin beschrieben aufweist (Polymer-Komponente (A-a)). Bevorzugt wird demnach, dass mindestens eine der vorstehend genannten Polymer-Komponenten (daher mindestens ein (ggf. modifiziertem) Polystyrol und/oder mindestens ein Copolymer A-1 (Styrol-Copolymer, insbesondere SAN, ABS und ASA)) mindestens ein Monomer A-I
20 umfasst.

Beispielhaft, im Falle der Verwendung von Maleinsäureanhydrid (MA) als Monomer A-I, kann das Polystyrol daher ein Polystyrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymer (S-MA), das Copolymer A-1 beispielhaft Styrol-Acrylnitril-Maleinsäureanhydrid-Copolymer (SAN-
25 MA), Acrylnitril-Butadien-Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymer (ABS-MA), Acrylester-Styrol-Acrylnitril-Maleinsäureanhydrid-Copolymer (ASA-MA) sein.

30 Optional können zusätzlich zu der mindestens einen Polymer-Komponente (A-a) ein oder mehrere beliebige weitere (Co)polymere ohne eine solche Funktionalität (als Polymer-Komponente (A-b)) eingesetzt werden. Es wird verstanden werden, dass dies optional auch Polystyrol, SAN, ABS und/oder ASA (jeweils kein Monomer A-I umfassend) sein kann.

35 Die thermoplastische Formmasse A (Komponente A) ist bevorzugt eine amorphe Formmasse, wobei amorpher Zustand der thermoplastischen Formmasse (Thermoplast) bedeutet, dass die Makromoleküle ohne regelmäßige Anordnung und Orientierung, d.h. ohne gleich bleibenden Abstand, völlig statistisch angeordnet sind. Bevorzugt weist die gesamte thermoplastische Formmasse A amorphe, thermoplastische Eigenschaften auf, ist daher schmelzbar und (weitgehend) nicht kristallin.

Dadurch ist der Schrumpf der thermoplastische Formmasse A, und daher auch der gesamten Werkstoff-Schicht w, vergleichsweise gering. Es können besonders glatte Oberflächen bei den Formteilen erhalten werden.

- 5 Alternativ enthält die Komponente A einen teilkristallinen Anteil, in der Regel von kleiner 50 Gew.-%, bevorzugt kleiner 40 Gew.-%, oftmals kleiner 25 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht von Komponente A. Teilkristalline Thermoplasten bilden sowohl chemisch regelmäßige, als auch geometrische Bereiche aus, d. h. es gibt Bereiche, in denen sich Kristalliten bilden. Kristalliten sind Parallelbündelungen von Molekülabschnitten oder Faltungen von Molekülketten. Einzelne Kettenmoleküle können dabei
10 teilweise den kristallinen oder den amorphen Bereich durchlaufen. Sie können manchmal sogar mehreren Kristalliten gleichzeitig angehören.

- Die thermoplastische Formmasse A kann ein Blend von amorphen thermoplastischen
15 Polymeren und teilkristallinen Polymeren sein. Die thermoplastische Formmasse A kann z.B. ein Blend eines Styrol-Copolymers mit einem oder mehreren Polycarbonat(en) und/oder einem oder mehreren teilkristallinen Polymeren (wie Polyamid) sein, wobei der Anteil teilkristalliner Mischkomponenten an der gesamten Komponente A kleiner als 50 Gew.-%, bevorzugt kleiner 40 Gew.-%, oftmals kleiner 25 Gew.-% sein
20 sollte.

- Erfindungsgemäß enthält die eingesetzte thermoplastische Formmasse A mindestens ein Copolymer A-1, das Monomere A-I umfasst, die mit den funktionellen Gruppen B-I der eingebetteten Verstärkungsfasern B kovalente Bindungen eingehen. Der Anteil an
25 Monomeren A-I in der thermoplastischen Formmasse A kann variabel gewählt sein. Je höher der Anteil an Monomeren A-I und der funktionellen Gruppen (B-I) ist, desto stärker kann auch die Bindung zwischen der thermoplastischen Formmasse A und den Verstärkungsfasern B sein. Monomere A-I können in Copolymer A-1 noch als Monomere vorliegen oder in das Copolymer A-1 integriert sein. Vorzugsweise sind die Mo-
30 nomere A-I in das Copolymer A-1 integriert.

- Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das Copolymer A aufgebaut mit einem Anteil an Monomeren A-I von mindestens 0,1 Gew.-%, beispielsweise 0,1 bis 10 Gew.-%, vorzugsweise von 0,15 bis 5 Gew.-%, bevorzugt von 0,5 bis 5 Gew.-%, insbesondere von 1 Gew.-%, z. B. 1 bis 3 Gew.-%, bezogen auf Komponente A.
35

Als Monomere A-I, die mit den funktionellen Gruppen B-I der Fasern B kovalente Bindungen eingehen können, kommen alle Monomere in Frage, die derartige Eigenschaf-

ten aufweisen. Bevorzugt sind dabei als Monomere A-I solche, die durch Reaktion mit Hydroxy- oder Aminogruppen kovalente Bindungen eingehen können.

Bevorzugt, weisen die Monomere A-I auf:

5

(a) mindestens eine Funktionalität, die in der Lage ist, mit den funktionellen Gruppen B-I der Oberfläche der Fasern B (etwa durch Reaktion mit Hydroxyl- und/oder Aminogruppen) kovalente Bindungen einzugehen; und

10

(b) mindestens eine zweite Funktionalität, die in der Lage ist in das Copolymer A-1 eingebunden zu werden, beispielsweise eine Doppelbindung, bevorzugt eine endständige Doppelbindung, die mittels radikalischer Polymerisation in das Copolymer A-1 eingebunden wird.

15

Optional kann das Copolymer A-1 oder auch ein anderes in der thermoplastischen Formmasse A enthaltenes (Co)polymer ein oder mehrere weitere Monomere enthalten, die in der Lage sind, mit den Fasern B kovalente oder nicht-kovalente Bindungen einzugehen.

20

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Monomere A-I ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus:

25

Maleinsäureanhydrid (MA),
N-Phenylmaleimid (PM),
tert.-Butyl(meth)acrylat und
Glycidyl(meth)acrylat (GM).

30

Gemäß einer stärker bevorzugten Ausführungsform sind die Monomere A-I ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Maleinsäureanhydrid (MA), N-Phenylmaleimid (PM) und Glycidyl(meth)acrylat (GM).

35

Es können auch zwei dieser Monomere A-I im Copolymer A-1 enthalten sein. Das Copolymer A-1 der Formmasse A kann optional weitere funktionelle Monomere A-II beinhalten.

Die Matrix-Komponente M enthält mindestens eine thermoplastische Formmasse A, insbesondere eine solche, die für die Herstellung von Faserverbund-Werkstoffen geeignet ist. Bevorzugt werden für die Formmasse A amorphe Thermoplaste eingesetzt.

Beispielsweise werden (jeweils optional Monomere A-I enthaltend)modifizierte Styrol-copolymere eingesetzt, wie Styrol-Acrylnitril-Copolymere (SAN) oder α -Methylstyrol-Acrylnitril-Copolymere (AMSAN), schlagzäh modifizierte Styrol-Acrylnitril-Copolymere, wie Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS), Styrol-Methylmethacrylat-Copolymere (SMMA), Methacrylat-Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (MABS) oder Acrylester-Styrol-Acrylnitril-Copolymere (ASA), wobei die entsprechenden Formmassen mit Monomere (A-I) modifiziert sind.

Auch Blends der zuvor genannten Copolymere mit Polycarbonat oder teilkristallinen Polymeren wie Polyamid, sind geeignet, vorausgesetzt, der Anteil teilkristalliner Mischkomponenten an der Komponente A ist kleiner als 50 Gew.%. Ganz besonders bevorzugt werden ABS Copolymere (mit Modifizierung durch Monomere A-I) als thermoplastische Formmasse A eingesetzt.

Es wird verstanden werden, dass hierbei mindestens eine der Polymer-Komponenten in der thermoplastische Formmasse A mit Monomer A-I modifiziert ist (Polymer-Komponente (A-a)), bevorzugt eine oder mehrere der vorstehend genannten Styrol-Copolymere mit Monomer A-I modifiziert ist. Beliebige weitere Polymer-Komponenten (etwa Styrol-Copolymere, bevorzugt solche wie vorstehend genannt) können optional zusätzlich in der thermoplastische Formmasse A enthalten sein, die optional nicht mit Monomer A-I modifiziert sind (Polymer-Komponente (A-b)) sind.

Auch Blends der zuvor genannten Copolymere (ein oder mehreren Polymer-Komponenten (A-a) und optional (A-b)) mit Polycarbonat oder teilkristallinen Polymeren wie Polyamid, sind geeignet, vorausgesetzt, der Anteil teilkristalliner Mischkomponenten an der Komponente A ist kleiner als 50 Gew.%. Ganz besonders bevorzugt werden SAN-(M-I)-Copolymere (mit Modifizierung durch Monomere A-I) als (optional auch als einziger polymerer Bestandteil) Bestandteil der thermoplastischen Formmasse A eingesetzt.

Ein erfindungsgemäß verwendetes, modifiziertes (α -Methyl)Styrol-Acrylnitril-Copolymer als thermoplastische Formmasse A wird hergestellt aus, bezogen auf das (α -Methyl)Styrol-Acrylnitril-Copolymer, 60 bis 85 Gew.-%, vorzugsweise 65 bis 80 Gew.-%, (α -Methyl)Styrol, 14,9 bis 37 Gew.-%, vorzugsweise 19,9 bis 32 Gew.-%, Acrylnitril und 0,1 bis 5 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 3 Gew.-%, Maleinsäureanhydrid. Ferner ist als erfindungsgemäße Komponente A zu nennen: Styrol/Maleinsäureanhydrid Copolymer, Methylmethacrylat/Maleinsäureanhydrid Copolymere oder Styrol/Maleinsäureanhydrid/N-Phenylmaleinimid Copolymer.

Auch Mischungen aus modifiziertem Styrol-Acrylnitril-Copolymer mit α -Methyl-Styrol-Acrylnitril-Copolymer sind zu nennen.

5 Ein erfindungsgemäßes Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer als thermoplastische Formmasse A wird nach bekannten Methoden hergestellt aus Styrol, Acrylnitril, Butadien und einem funktionellen weiteren Monomer A-I, wie z. B. Methylmethacrylat.

10 Das modifizierte ABS-Copolymer kann z. B. enthalten: bis zu 70 Gew.-% (etwa 35 bis 70 Gew.-%) Butadien, bis zu 99,9 Gew.-% (etwa 20 bis 50 Gew.-%) Styrol und bis zu 38 Gew.-% (etwa 9 bis 38 Gew.-%) Acrylnitril sowie 0,1 bis 20 Gew.-%, bevorzugt 0,1 bis 10, stärker bevorzugt 0,1 bis 5, insbesondere 0,1 bis 3 Gew.-% eines Monomers A-I, wie Maleinsäureanhydrid. Komponente A kann auch hergestellt werden aus 3 bis zu 70 Gew.-% (etwa 35 bis 70 Gew.-%) mindestens eines konjugierten Diens, bis zu 99,9 Gew.-% (etwa 20 bis 50 Gew.-%) mindestens eines vinylaromatischen Monomers und 15 bis 38 Gew.-% (etwa 9 bis 38 gew.-%) Acrylnitril sowie 0,1 bis 20 Gew.-%, bevorzugt 0,1 bis 10, stärker bevorzugt 0,1 bis 5, insbesondere 0,1 bis 3 Gew.-%, eines Monomers A-I, wie Maleinsäureanhydrid.

20 Ein erfindungsgemäßes (α -Methyl)Styrol-Methylmethacrylat-Copolymer (als Polymer-Komponente (A-a)) als thermoplastische Formmasse A wird hergestellt aus, bezogen auf das (α -Methyl)Styrol-Methylmethacrylat-Copolymer, mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise 55 bis 95 Gew.-%, besonders bevorzugt 60 bis 85 Gew.-%, (α -Methyl)Styrol, 4,9 bis 45 Gew.-%, vorzugsweise 14,9 bis 40 Gew.-% Methylmethacrylat und 0,1 bis 20 Gew.-%, bevorzugt 0,1 bis 10, stärker bevorzugt 0,1 bis 5 Gew.-%, insbesondere 0,1 bis 3 Gew.-%, eines Monomers A-I, wie Maleinsäureanhydrid. Das (α -Methyl)Styrol-Methylmethacrylat-Copolymer kann zufällig (statistisch) oder als Blockpolymer aufgebaut sein.

30 Komponente A kann auch hergestellt werden aus bezogen auf Komponente A, mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise 55 bis 95 Gew.-%, besonders bevorzugt 60 bis 85 Gew.-%, vinylaromatisches Monomer, 4,9 bis 45 Gew.-%, vorzugsweise 14,9 bis 40 Gew.-%, Methylmethacrylat und 0,1 bis 5 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 3 Gew.-%, eines Monomers A-I, wie Maleinsäureanhydrid.

35 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, ist die erfindungsgemäße Komponente A ein Styrol/Butadien Copolymer wie z.B. (jeweils optional chemisch modifiziertes) schlagfestes Polystyrol, ein Styrol-butadien-Blockcopolymer wie z.B. Styrolux®, Styroflex®, K-Resin, Clearen, Asaprene, ein Polycarbonat, ein amorpher Polyester oder ein amorphes Polyamid.

Der Fachmann wird verstehen, dass erfindungsgemäß mindestens eine der (Co)polymer-Komponenten der thermoplastischen Formmasse A ein (Co)polymer darstellt, das mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität wie hierin beschrieben aufweist (Polymer-Komponente (A-a)). Dies kann auch eine Polymer-Komponente wie vorstehend beschrieben sein, die in der genannten Formmasse mindestens ein funktionales Monomer A-I enthält. Optional können ein oder mehrere beliebige weitere (Co)polymere ohne eine solche Funktionalität (als Polymer-Komponente (A-b)) eingesetzt werden.

10

In einer weiteren Ausführungsform kann die Matrix M aus mindestens zwei voneinander unterschiedlichen thermoplastischen Formmassen A bestehen. Diese verschiedenen Formmasstypen können beispielsweise einen unterschiedlichen Schmelzflussindex (MFI), und/oder andere Co-Monomere oder Additive aufweisen.

15

Gemäß der Erfindung kann der Begriff Molekulargewicht (M_w) im weitesten Sinne als die Masse eines Moleküls oder einen Bereich eines Moleküls (z.B. ein Polymerstrang, ein Blockpolymer oder ein kleines Molekül) verstanden werden, welches in g/mol (Da) und kg/mol (kDa) angegeben werden kann. Vorzugsweise ist das Molekulargewicht (M_w) das Gewichtsmittel, welches über die im Stand der Technik bekannten Verfahren bestimmt werden kann.

Bevorzugt weisen die thermoplastischen Formmassen A ein Molekulargewicht M_w von 60.000 bis 400.000 g/mol, besonders bevorzugt von 80.000 bis 350.000 g/mol auf, wobei M_w durch Lichtstreuung in Tetrahydrofuran bestimmt werden kann (GPC mit UV-Detektor). Das Molekulargewicht M_w der thermoplastischen Formmassen A kann in einem Bereich von +/- 20% variieren.

Vorzugsweise enthält die thermoplastische Formmasse A ein durch eine chemisch reaktive Funktionalität modifiziertes Styrol-Copolymer, welches, bis auf den Zusatz der Monomere A-I, im Wesentlichen aus denselben Monomeren aufgebaut ist wie das „normale Styrol-Copolymer“, wobei der Monomergehalt +/- 5%, das Molekulargewicht +/- 20% und der Schmelzflussindex (bestimmt bei einer Temperatur von 220 °C und einer Beladung von 10 kg nach dem ISO Verfahren 1133) +/- 20% abweichen. Unter ISO Verfahren 1133 wird bevorzugt DIN EN ISO 1133-1:2012-03 verstanden werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Schmelzflussrate (Melt Volume Rate, MVR) der als Polymermatrix eingesetzten thermoplastische Polymerzusammen-

setzung A 10 bis 70 cm³/10min, bevorzugt 12 bis 70 cm³/10min, insbesondere 15 bis 55 cm³/10 min bei 220°C/10kg (gemessen nach ISO1133).

5 Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform beträgt die Schmelzflussrate (Melt Volume Rate, MVR) der als Polymermatrix eingesetzten thermoplastische Polymerzusammensetzung A 10 bis 35 cm³/10min, bevorzugt 12 bis 30 cm³/10min, insbesondere 15 bis 25 cm³/10 min bei 220°C/10kg (gemessen nach ISO1133).

10 Alternativ kann die Schmelzflussrate (Melt Volume Rate, MVR) der als Polymermatrix eingesetzten thermoplastische Polymerzusammensetzung A 35 bis 70 cm³/10min, bevorzugt 40 bis 60 cm³/10min, insbesondere 45 bis 55 cm³/10 min bei 220°C/10kg (gemessen nach ISO1133), betragen.

15 Alternativ oder zusätzlich kann die mittels eines Kapillarviskosimeters ermittelte Viskositätszahl ($J = (\eta/\eta_0 - 1) \cdot 1/c$) der als Polymermatrix eingesetzten thermoplastische Polymerzusammensetzung A, gemessen bei Raumtemperatur (20°C) für in Dimethylformamid gelöstes Granulat, 50 bis 100 ml/g betragen, bevorzugt 55 bis 85 ml/g. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Viskositätszahl 55 bis 75 ml/g, bevorzugt 60 bis 70 ml/g, insbesondere 61 bis 67 ml/g. Gemäß einer alternativen bevorzugten
20 Ausführungsform beträgt die Viskositätszahl 60 bis 90 ml/g, bevorzugt 65 bis 85 ml/g, insbesondere 75 bis 85 ml/g.

Geeignete Herstellverfahren für Komponente A sind die Emulsions-, Lösungs-, Masse- oder Suspensionspolymerisation, bevorzugt ist die Lösungspolymerisation (siehe GB
25 1472195).

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Komponente A nach der Herstellung nach dem Fachmann bekannten Verfahren isoliert und vorzugsweise zu Granulat verarbeitet. Danach kann die Herstellung der Werkstoff-Schicht w erfolgen.

30 Komponente B

Die Werkstoff-Schicht w enthält mindestens 5 Gew.-%, bezogen auf die Werkstoff-Schicht w, der Verstärkungsfaser B (Komponente B). Die Verstärkungsfaser B ist in der Werkstoff-Schicht w bevorzugt von 5 bis 70 Gew.-%, besonders bevorzugt von 10 bis
35 65 Gew.-%, oftmals von 25 bis 65 Gew.-% und insbesondere von 29,9 bis 61,9 Gew.-%, bezogen auf die Werkstoff-Schicht w, enthalten.

Die Verstärkungsfaser B wird vorzugsweise als Flächengebilde F eingesetzt. Die Verstärkungsfaser B kann jede Faser sein, deren Oberfläche funktionelle Gruppen B-I

aufweist, die mit den Monomeren A-I der Komponente A, welche eine chemisch reaktive Funktionalität aufweisen, eine kovalente Bindung eingehen können.

5 Flächengebilde F können bevorzugt Gewebe, Matten, Vliese, Gelege oder Gewirke sein. Alternativ liegen die Verstärkungsfasern B als Endlosfasern (einschließlich Fasern die das Produkt einer Einzelfaserverdrillung sind) vor. Die Verstärkungsfasern B sind daher bevorzugt keine Kurzfasern („chopped fibers“) und der Faserverbund-Werkstoff W ist bevorzugt kein kurzglasfaserverstärkter Werkstoff. Mindestens 50 % der Verstärkungsfasern B weisen dabei bevorzugt eine Länge von mindestens 5 mm,
10 stärker bevorzugt mindestens 10 mm oder mehr als 100 mm, auf. Die Länge der Verstärkungsfasern B hängt auch von der Größe des Formteils T ab, das aus dem Faserverbund-Werkstoff W hergestellt wird.

Dem Fachmann ist bekannt, dass sich Flächengebilde F (daher etwa Gewebe, Matten,
15 Vliese, Gelege oder Gewirke) von Kurzfasern unterscheiden, da bei ersteren zusammenhängende, größere Gebilde vorliegen, die in der Regel länger als 5 mm sein werden. Der Fachmann weiß, dass hierbei die Flächengebilde F bevorzugt so vorliegen, dass sie den Faserverbund-Werkstoff W (und somit auch das daraus hergestellte Bauteil T) (weitgehend) durchziehen. Weitgehend durchziehen bedeutet hierbei, dass die
20 Flächengebilde F mehr als 50%, bevorzugt mindestens 70%, insbesondere mindestens 90%, der Länge des Faserverbund-Werkstoffs W durchziehen. Die Länge ist hierbei die größte Ausdehnung in einer der drei Raumrichtungen. Stärker bevorzugt durchziehen die Flächengebilde F mehr als 50%, bevorzugt mindestens 70%, insbesondere mindestens 90%, der Fläche des Faserverbund-Werkstoffs W. Die Fläche ist hierbei
25 der Fläche der größten Ausdehnung in zwei der drei Raumrichtungen. Der Faserverbund-Werkstoff W ist bevorzugt ein (weitgehend) flächiger Faserverbund-Werkstoff W (daher auch das Formteil T bevorzugt ein flächiges Formteil T).

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die funktionellen Gruppen B-I an der Oberfläche der Verstärkungsfasern B ausgewählt aus Hydroxy-, Ester- und Aminogruppen.
30 Besonders bevorzugt sind Hydroxy-Gruppen.

Gemäß einer stärker bevorzugten Ausführungsform sind die Verstärkungsfasern B Glasfasern, die Hydroxygruppen in Form von Silanolgruppen als funktionelle Gruppen
35 B-I an der Oberfläche aufweisen.

Die Verstärkungsfasern B können in beliebiger Orientierung und Anordnung in die Werkstoff-Schicht w eingebettet sein.

Die Verstärkungsfasern B liegen in der Werkstoff-Schicht w nicht statistisch gleichverteilt vor, sondern in Ebenen mit höherem und solchen mit niedrigerem Anteil (daher als mehr oder weniger separate Lagen). Vorzugsweise wird von einem laminatartigen oder laminaren Aufbau der Werkstoff-Schicht w ausgegangen.

5

Die Verstärkungsfasern B können etwa als Gewebe, Matten, Vliese, Gelege oder Gewirke vorliegen.

Derartig gebildete flächige Lamine enthalten schichtweise aufgebaute Verbunde aus flächigen Verstärkungslagen (aus Verstärkungsfasern B) und Lagen der diese benetzenden und zusammenhaltenden Polymer-Matrix, enthaltend mindestens eine thermoplastische Formmasse A.

10

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Verstärkungsfasern B schichtweise in die Werkstoff-Schicht w eingebettet. Bevorzugt liegen die Verstärkungsfasern B als Flächengebilde F vor.

15

In einem Gelege liegen die Fasern ideal parallel und gestreckt vor. Es werden zumeist Endlosfasern eingesetzt. Gewebe entstehen durch das Verweben von Endlosfasern, beispielsweise von Rovings. Das Verweben von Fasern geht zwangsläufig mit einer Ondulation der Fasern einher. Die Ondulation bewirkt insbesondere eine Absenkung der faserparallelen Druckfestigkeit. Matten bestehen meist aus Kurz- und Langfasern, die locker über ein Bindemittel miteinander verbunden werden. Durch den Einsatz von Kurz- und Langfasern sind die mechanischen Eigenschaften von Bauteilen aus Matten denen von Geweben unterlegen. Vliese sind Gebilde aus Fasern begrenzter Länge, Endlosfasern (Filamenten) oder geschnittenen Garnen jeglicher Art und jeglichen Ursprungs, die auf irgendeine Weise zu einem Vlies zusammengefügt und auf irgendeine Weise miteinander verbunden worden sind. Gewirke sind Fadensysteme durch Maschenbildung.

20

25

Das Flächengebilde F ist bevorzugt ein Gelege, ein Gewebe, eine Matte, ein Vlies oder ein Gewirke. Besonders bevorzugt ist als Flächengebilde F ein Gelege oder ein Gewebe.

30

Komponente C

35

Als weitere Komponente C enthält die eingesetzte Werkstoff-Schicht w gegebenenfalls 0 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise 0 bis 30 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,1 bis 10 Gew.-%, bezogen auf die Summe der Komponenten A bis C, eines oder mehrerer, zu den Komponenten A und B unterschiedlicher Additive (Hilfs- und Zusatzstoffe).

- Teilchenförmige mineralische Füllstoffe, Verarbeitungshilfsmittel, Stabilisatoren, Oxidations-Verzögerer, Mittel gegen Wärmezersetzung und Zersetzung durch ultraviolettes Licht, Gleit- und Entformungsmittel, Flammschutzmittel, Farbstoffe und Pigmente und Weichmacher sind zu nennen. Auch Ester als niedermolekulare Verbindungen sind zu nennen. Gemäß der vorliegenden Erfindung können auch zwei oder mehr dieser Verbindungen verwendet werden. Im Allgemeinen liegen die Verbindungen mit einem Molgewicht kleiner 3000 g/mol, vorzugsweise kleiner 150 g/mol vor.
- Teilchenförmige mineralische Füllstoffe können zum Beispiel durch amorphe Kieselsäure, Carbonate wie Magnesiumcarbonat, Calciumcarbonat (Kreide), gepulverter Quarz, Glimmer, unterschiedlichste Silikate wie Tone, Muskovit, Biotit, Suzoit, Zinnmaletit, Talkum, Chlorit, Phlogopit, Feldspat, Calciumsilikate wie Wollastonit oder Kaolin, besonders kalzinierter Kaolin zur Verfügung gestellt werden.
- Unter UV-Stabilisatoren fallen beispielsweise verschiedene substituierte Resorcine, Salicylate, Benzotriazole und Benzophenone, die im Allgemeinen in Mengen bis zu 2 Gew.-% eingesetzt werden können.
- Erfindungsgemäß können der thermoplastischen Formmasse Oxidationsverzögerer und Wärmestabilisatoren zugesetzt werden. Sterisch gehinderte Phenole, Hydrochinone, substituierte Vertreter dieser Gruppe, sekundäre aromatische Amine, gegebenenfalls in Verbindung mit phosphorhaltigen Säuren bzw. deren Salze, und Mischungen dieser Verbindungen, vorzugsweise in Konzentrationen bis zu 1 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Mischung, sind einsetzbar.
- Ferner können gemäß der Erfindung Gleit- und Entformungsmittel, die in der Regel in Mengen bis zu 1 Gew.-% der thermoplastischen Masse zugesetzt werden. Zu nennen sind hier Stearinsäure, Stearylalkohol, Stearinsäurealkylester und -amide, vorzugsweise Irganox®, sowie Ester des Pentaerythrits mit langkettigen Fettsäuren. Es können die Calcium-, Zink- oder Aluminiumsalze der Stearinsäure sowie Dialkylketone, zum Beispiel Distearylketon, eingesetzt werden. Weiterhin können auch Ethylenoxid-Propylenoxid-Copolymere als Gleit- und Entformungsmittel verwendet werden. Ferner könne natürliche sowie synthetische Wachse verwendet werden. Zu nennen sind PP-Wachse, PE-Wachse, PA-Wachse, gefropfte PO-Wachse, HDPE-Wachsen, PTFE-Wachse, EBS-Wachse, Montanwachs, Carnauba- und Bienenwachse.

Flammschutzmittel können sowohl halogenhaltige als auch halogenfreie Verbindungen sein. Geeignete Halogenverbindungen, wobei bromierte Verbindungen den chlorierten

vorzuziehen sind, bleiben bei der Herstellung und Verarbeitung der erfindungsgemä-
ßen Formmasse stabil, so dass keine korrosiven Gase freigesetzt werden und die
Wirksamkeit dadurch nicht beeinträchtigt wird. Bevorzugt werden halogenfreie Verbin-
dungen, wie zum Beispiel Phosphorverbindungen, insbesondere Phosphinoxide und
5 Derivate von Säuren des Phosphors und Salze von Säuren und Säurederivaten des
Phosphors, verwendet. Besonders bevorzugt enthalten Phosphorverbindungen Ester-,
Alkyl-, Cycloalkyl- und/oder Aryl-Gruppen.

10 Ebenfalls geeignet sind oligomere Phosphorverbindungen mit einem Molekulargewicht
kleiner 2000 g/mol wie zum Beispiel in EP-A 0 363 608 beschrieben.

Ferner können Pigmente und Farbstoffe enthalten sein. Diese sind allgemein in Men-
gen von 0 bis 15, bevorzugt 0,1 bis 10 und insbesondere 0,5 bis 8 Gew.-%, bezogen
auf die Summe der Komponenten A bis C, enthalten. Die Pigmente zur Einfärbung
15 von Thermoplasten sind allgemein bekannt, siehe zum Beispiel R. Gächter und H. Mül-
ler, Taschenbuch der Kunststoffadditive, Carl Hanser Verlag, 1983, S. 494 bis 510. Als
erste bevorzugte Gruppe von Pigmenten sind Weißpigmente zu nennen wie Zinkoxid,
Zinksulfid, Bleiweiß ($2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$), Lithopone, Antimonweiß und Titandioxid. Von
den beiden gebräuchlichsten Kristallmodifikationen (Rutil- und Anatas-Typ) des Titan-
dioxids wird insbesondere die Rutilform zur Weißfärbung der erfindungsgemäßen
20 Formmassen verwendet.

Schwarze Farbpigmente, die erfindungsgemäß eingesetzt werden können, sind Eisen-
oxidschwarz (Fe_3O_4), Spinellschwarz ($\text{Cu}(\text{Cr},\text{Fe})_2\text{O}_4$), Manganschwarz (Mischung aus
25 Mangandioxid, Siliciumoxid und Eisenoxid), Kobaltschwarz und Antimonschwarz sowie
besonders bevorzugt Ruß, der meist in Form von Furnace- oder Gasruß eingesetzt
wird (siehe hierzu G. Benzing, Pigmente für Anstrichmittel, Expert-Verlag (1988), S.
78ff). Selbstverständlich können zur Einstellung bestimmter Farbtöne anorganische
Buntpigmente wie Chromoxidgrün oder organische Buntpigmente wie Azopigmente
30 und Phthalocyanine erfindungsgemäß eingesetzt werden. Derartige Pigmente sind
allgemein im Handel erhältlich. Weiterhin kann es von Vorteil sein, die genannten Pig-
mente bzw. Farbstoffe in Mischung einzusetzen, zum Beispiel Ruß mit Kupferphtha-
locyaninen, da allgemein die Farbdispersierung in den Thermoplasten erleichtert wird.
Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der erfindungsgemäß ver-
wendete Faserverbund-Werkstoff W mit Sandwich-Struktur aufgebaut aus:

- A) 10 bis 70 Gew.-% thermoplastische Werkstoff-Schicht w, enthaltend
 - a) 30 bis 95 Gew.-% der thermoplastischen Formmasse A,
 - b) 5 bis 70 Gew.-% der Verstärkungsfasern B,
 - c) 0 bis 40 Gew.-% mindestens eines Additivs C, und

- B) 30 bis 90 Gew.-% mindestens einer weiteren thermoplastischen Schicht T und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht S, wobei die Verstärkungsfasern B in Form eines Geleges, eines Gewebes, einer Matte, eines Vlieses oder eines Gewirkes in einem durch Maleinsäureanhydrid modifizierten Styrol-Copolymer als Formmasse A eingesetzt werden und
5 wobei die Werkstoff-Schicht w optional mehr als drei Schichten enthält.

Gemäß einer spezifischen Ausführungsform ist der erfindungsgemäß verwendete Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur aufgebaut aus:

10

- A) 10 bis 70 Gew.-% thermoplastische Werkstoff-Schicht w einer Dicke von <100 mm, enthaltend.

15

- a) 30 bis 95 Gew.-% einer thermoplastischen, amorphen Formmasse A, basierend auf einem durch eine chemisch reaktive Funktionalität modifizierten Styrol-Copolymer, wobei die chemisch reaktive Funktionalität der thermoplastischen Formmasse A bevorzugt basiert auf ,1 bis 10 Gew.-%, bezogen auf die Menge an Komponente A, an Monomeren ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Maleinsäureanhydrid, N-Phenylmaleinimid und Glycidyl-(meth)acrylat.

20

- b) 5 bis 70 Gew.-% der Verstärkungsfasern B, , wobei die Verstärkungsfasern B an der Oberfläche eine oder mehrere chemisch reaktive Funktionalitäten aus der Gruppe Hydroxy-, Ester- und Amino-Gruppen enthalten, wobei die Verstärkungsfasern B bevorzugt in Form eines Geleges, eines Gewebes, einer Matte, eines Vlieses oder eines Gewirkes eingesetzt werden.

25

- c) 0 bis 40 Gew.-% mindestens eines Additivs C, und wobei die mindestens eine Lage der Verstärkungsfasern B in die Matrix der thermoplastischen Formmasse A eingebettet ist, und wobei die thermoplastische Formmasse A bei der Herstellung des Werkstoff-Schicht w mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist, welche mit chemischen Gruppen der Oberfläche der Verstärkungsfasern B reagiert; und

30

- B) 30 bis 90 Gew.-% mindestens einer weiteren thermoplastischen Schicht T und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht S, die optional mit mindestens einer Kurz-, Lang- oder Endlosfaser S, insbesondere mit Carbon- oder Basaltfasern, verstärkt ist,

35

wobei die Werkstoff-Schicht w optional eine Verrippung und/oder mehr als drei Schichten aufweist.

Thermoplastische Schicht T und Schaumstoff-Schicht S

5

Die thermoplastische Schicht T und/oder Schaumstoff-Schicht S ist bzw. sind im Faserverbund-Werkstoff W mit Sandwich-Struktur von 10 bis 99 Gew.-%, vorzugsweise von 20 bis 95 Gew.-%, besonders bevorzugt von 30 bis 90 Gew.-%, oftmals von 35 bis 85 Gew.-%, bezogen auf den Faserverbund-Werkstoff W mit Sandwich-Struktur, enthalten.

10

Für die thermoplastische Schicht T kommen die dem Fachmann bekannten thermoplastischen Kunststoffe in Frage. Beispielsweise können Styrol-Copolymere wie Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS), Styrol-Acrylnitril-Copolymere (SAN), Styrol-Methylmethacrylat-Copolymere (SMMA) und Acrylester-Styrol-Acrylnitril-Copolymere (ASA), Polyolefin-Copolymere wie Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP), Polycarbonat-Copolymere (PC), Polyethylenterephthalat-Copolymere (PET), Polyetheretherketon-Copolymere (PEEK) und Polyvinylchlorid-Copolymere (PVC) als Komponente T verwendet werden.

15

20

Die thermoplastische Schicht T wird bevorzugt durch Spritzgießverfahren und Extrusion verarbeitet.

25

In einer weiteren Ausführungsform kann die thermoplastische Schicht T durch den Einbau von Kurz-, Lang oder Endlosfasern oder durch entsprechende Carbon- bzw. Basaltfasern verstärkt werden. Die thermoplastische Schicht T kann bis zu 20 Gew.-%, vorzugsweise bis zu 10 Gew.-%, an Fasern zur Verstärkung enthalten. Kurzfasern weisen eine durchschnittliche Länge von 30 bis 100 mm auf. Langfasern weisen eine durchschnittliche Länge von 100 bis 1000 mm und Endlosfasern (auch Filamente genannt) eine durchschnittliche Länge von mindestens 1000 mm auf. Auch Superkurzfasern mit einer Länge von wenigen Millimetern können eingesetzt werden.

30

35

Die polymere Schaumstoff-Schicht S weist eine poröse zelluläre Struktur auf, wobei die Zellen offen, miteinander verbunden oder geschlossen sein können. Zum Schäumen eignen sich fast alle bekannten Kunststoffe.

Die Schaumstoff-Schicht S kann physikalisch, chemische oder mechanisch geschäumt werden. Beim physikalischen Schäumen wird das Material durch einen physikalischen Vorgang wie Druck- oder Temperatur-Änderung geschäumt. Physikalische Triebmittel

können beispielsweise die Gase Kohlendioxid oder Stickstoff sein. Beim chemischen Schäumen wird dem Kunststoffgranulat ein Treibmittel, meist in Form eines so genannten Masterbatchgranulates, zugegeben. Chemische Triebmittel können beispielsweise eine Mischung aus Natriumbicarbonat und Zitronensäure oder Carbodiimid sein. Durch
5 Wärmezufuhr spaltet sich ein flüchtiger Bestandteil des Treibmittels ab, was zum Aufschäumen der Schmelze führt. Beim mechanischen Schäumen wird beispielsweise Luft in das zu schäumende Harz oder die Paste eingerührt. Durch Vernetzen des Harzes oder durch Gelieren der Paste verfestigt sich dieser Schaumstoff.

10 Thermoplastische Schäume wie PS-E (expandiertes Polystyrol), PP-E (expandiertes Polypropylen), PE-E (expandiertes Polyethylen) und PVC-E (expandiertes Polyvinylchlorid), elastomere Schäume wie PUR-Weichschaum (Polyurethan-Weichschaum), NBR (Nitrilkautschuk bzw. Nitril-Butadien-Kautschuk) und duroplastische Schäume wie PUR-Hartschaum (Polyurethan-Hartschaum), PF (Phenoplast) sind zu nennen.

15

In einer weiteren Ausführungsform enthält die Sandwich-Struktur sowohl mindestens eine thermoplastische Schicht T als auch mindestens eine Schaumstoff-Schicht S.

20 Herstellung und Verwendung der Sandwich-Struktur

Die Werkstoff-Schicht w ist in dem Faserverbund-Werkstoff (Organoblech) W mit Sandwich-Struktur von 1 bis 90 Gew.-%, vorzugsweise von 5 bis 80 Gew.-%, besonders bevorzugt von 10 bis 70 Gew.-%, oftmals von 15 bis 65 Gew.-%, bezogen auf den
25 Faserverbund-Werkstoff W mit Sandwich-Struktur, enthalten.

Vorzugsweise werden die Werkstoff-Schichten w der Organobleche W mit Sandwich-Struktur im Spritzgieß- oder Pressverfahren verarbeitet. Somit kann durch eine Funktionsintegration, z.B. das Anspritzen oder Anpressen von Funktionselementen, ein weiterer Kostenvorteil generiert werden, da auf weitere Montageschritte, z.B. das Anschweißen von Funktionselementen, verzichtet werden kann.
30

Das Verfahren zur Herstellung einer Sandwich-Struktur umfasst die Schritte:

35 (i) Bereitstellen von:

- (A) mindestens einer thermoplastischen Formmasse A als Matrix M, enthaltend mindestens ein Copolymer A-1, das Monomere A-I enthält (sowie optional ein oder mehrere weitere (Co)polymere (A-a) und/oder (A-b));

- (B) mindestens einer Verstärkungsfaser B, deren Oberfläche funktionelle Gruppen B-I aufweist, die mit den Monomeren A-I, eine kovalente Bindung eingehen können;
- (C) optional mindestens einem Additiv C;
- 5
- (ii) Schmelzen der thermoplastischen Formmasse A und Inkontakt-Bringen dieser mit mindestens einer Verstärkungsfaser B aus Schritt (i);
- (iii) Reagieren mindestens eines Teils der Monomere A-I des Copolymers A-1 mit
10 mindestens einem Teil der funktionellen Gruppen B-I der mindestens einen Verstärkungsfaser B aus Schritt (ii) unter Ausbildung kovalenter Bindungen;
- (iv) optional die Herstellung eines Formteils T;
- 15 (v) optional Aushärten des aus einem der Schritte (iii) oder (iv) erhaltenen Produkts; und
- (vi) Inkontakt-Bringen der unter den Schritten (i) bis (iii), (iv) oder (v) erhaltenen Werkstoff-Schicht w mit mindestens einer thermoplastischen Schicht T und/oder
20 mindestens einer Schaumstoff-Schicht S.

Das Herstellungsverfahren der Werkstoff-Schicht w kann die bei der Herstellung von Verbundwerkstoffen üblichen Phasen der Imprägnierung, Konsolidierung und Solidifikation (Verfestigung) umfassen, wobei der Prozess über die Wahl der Temperatur, des
25 Drucks und der angewandten Zeiten beeinflusst werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält (oder besteht aus) die Werkstoff-Schicht w:

- 30 a) 30 bis 95 Gew.-%, oftmals 38 bis 70 Gew.-%, mindestens eine thermoplastische Formmasse A,
b) 5 bis 70 Gew.-%, oftmals 29,9 bis 61,9 Gew.-%, mindestens eine Verstärkungsfaser B, und
c) 0 bis 40 Gew.-%, oftmals 0,1 bis 10 Gew.-% mindestens ein Additiv C.

35

Schritt (ii) des Verfahrens, das Schmelzen der thermoplastischen Formmasse A und das Inkontakt-Bringen dieser Schmelze mit den Verstärkungsfasern B, kann auf jede hierzu geeignete Weise erfolgen. Bei einer solchen Imprägnierung kann die Matrix M in

einen fließfähigen Zustand überführt werden und die Verstärkungsfasern B unter Ausbildung einer Grenzschicht benetzt werden.

- 5 Schritte (ii) und (iii) können auch gleichzeitig durchgeführt werden. Dann findet unmittelbar beim Inkontakt-Bringen der thermoplastischen Formmasse A mit den Verstärkungsfasern B eine chemische Reaktion statt, bei der die Monomere A-I mit der Oberfläche der Verstärkungsfasern B (in der Regel über eine Bindung an die funktionellen Gruppen B-I) eine kovalente Bindung ausbilden. Dies kann beispielhaft eine Veresterung sein (z.B. die Veresterung von Maleinsäureanhydrid-Monomeren mit Silanolgruppen einer Glasfaser). Alternativ kann die Ausbildung einer kovalenten Bindung auch in 10 einem gesonderten Schritt initiiert werden (z.B. durch Temperaturerhöhung, Radikalstarter und/oder Photo-Initiation). Dies kann bei jeder geeigneten Temperatur durchgeführt werden.
- 15 Die Schritte (ii) und/oder (iii) werden bei einer Temperatur von mindestens 200°C, bevorzugt mindestens 250°C, stärker bevorzugt mindestens 300°C, insbesondere bei 300°C-340°C durchgeführt.

- 20 Hierbei ist bevorzugt darauf zu achten, dass möglichst keine Pyrolyse auftritt und die verwendeten Komponenten thermisch nicht (oder nur wenig (daher zu <50 %)) zersetzt werden. Eine Ausnahme kann hierbei darstellen: eine Zusammensetzung, die durch thermische Abspaltung reaktive Gruppen freisetzt, wie beispielsweise tert.-Butyl(meth)acrylat, wobei durch thermische Elimination bei Temperaturen von etwa ab 200 °C Isobuten freigesetzt wird und die verbleibende funktionelle Gruppe (im Wesentlichen eine Säurefunktion) dann mit der Faseroberfläche reagieren kann.
- 25

- Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beträgt daher bei der Durchführung der Schritte (ii) und/oder (iii) die Verweildauer bei Temperaturen von $\geq 200^\circ\text{C}$ nicht mehr als 10 min, bevorzugt nicht mehr als 5 min, stärker bevorzugt nicht mehr als 2 min, 30 insbesondere nicht mehr als 1 min. Oftmals reichen 10 bis 60 Sekunden für die thermische Behandlung aus.

- Das Verfahren, insbesondere die Schritte (ii) und (iii), könne grundsätzlich bei beliebigem Druck durchgeführt werden (bevorzugt atmosphärischer Druck oder Überdruck), 35 mit und ohne Anpressen der Komponenten. Bei einem Anpressen mit Überdruck können die Eigenschaften der Werkstoff-Schicht w verbessert werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden daher die Schritte (ii) und/oder (iii) bei einem Pressdruck von 5-100 bar und einer Presszeit von 10-60 s, bevorzugt bei einem Pressdruck von 10-30 bar und einer Presszeit von 15-40 s, durchgeführt.

- 5 Vorzugsweise werden mit mindestens einer chemisch reaktiven Funktionalität (A-I) versehene Styrol-Copolymere, also amorphe thermoplastische Matrices, als thermoplastische Formmasse A verwendet. Somit kann die Oberflächenqualität, für die nachfolgend beschriebenen Anwendungen, im Vergleich zu den teilkristallinen Thermoplasten für derartige Verkleidungsteile wesentlich gesteigert werden, da durch die geringere Schwindung der amorphen Thermoplaste die Oberflächentopologie, aufgrund der
- 10 faserreichen (Kreuzungspunkt bei Geweben) und faserarmen Regionen, wesentlich verbessert wird.

- Bei der Konsolidierung werden Luft einschüsse in der Werkstoff-Schicht w vermindert und eine gute Verbindung zwischen thermoplastischer Formmasse A und Verstärkungsfasern B (insbesondere, wenn es sich um schichtenweise Verstärkungsfasern Fasern B handelt) hergestellt. Bevorzugt ist es, nach Imprägnierung und Konsolidierung einen (möglichst weitgehend) porenfreien Materialverbund zu erhalten.
- 15

- 20 Alternativ können die genannten Schritte (i) bis (iii), (iv) oder (v) in getrennter Abfolge ausgeführt werden. Beispielsweise können zunächst Lagen aus Verstärkungsfasern B mit unterschiedlich vorbereiteten Verstärkungsfasern B vorbereitet werden, wobei eine Imprägnierung der Verstärkungsfasern B mit der Matrix aus thermoplastischer Formmasse A stattfindet. Danach können imprägnierte Lagen mit Verstärkungsfasern B mit unterschiedlicher Faser-Matrix-Haftung vorliegen, die in einem weiteren Arbeitsschritt
- 25 zu einem Materialverbund als Werkstoff-Schicht w konsolidiert werden können.

- Bevor die Lagen aus Verstärkungsfasern B mit der Matrix aus thermoplastischer Formmasse A laminiert werden, kann wenigstens ein Teil der Verstärkungsfasern B einer Vorbehandlung unterzogen werden, in deren Verlauf die spätere Faser-Matrix-Haftung beeinflusst wird. Die Vorbehandlung kann beispielsweise einen Beschichtungsschritt, einen Ätzschritt, einen Wärmebehandlungsschritt oder einen mechanischen Oberflächenbehandlungsschritt enthalten. Insbesondere kann beispielsweise durch Erhitzen eines Teils der Verstärkungsfasern B ein bereits aufgebracht
- 30 Haftenvermittler teilweise entfernt werden.
- 35

Die Verstärkungslagen können beim Herstellungsprozess (Laminieren) vollständig miteinander verbunden werden. Derartige Faserverbund-Werkstoff-Matten bieten opti-

mierte Festigkeit und Steifigkeit in der Faser-Richtung und können besonders vorteilhaft weiterverarbeitet werden.

5 Das Verfahren kann auch die Herstellung eines Formteils T umfassen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren als weiteren Schritt (iv) eine dreidimensionale Formgebung zu einem Formteil T.

10 Dies kann auf beliebige Art erfolgen, etwa durch mechanische Formgebung durch einen Formgebungskörper, der auch eine Walze mit Prägung sein kann. Bevorzugt wird die noch formbare Werkstoff-Schicht w, bei dem die thermoplastische Formmasse A noch (teilweise) geschmolzen vorliegt geformt. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine ausgehärtete Werkstoff-Schicht w kaltgeformt werden.

15 Bevorzugt wird am Ende des Verfahrens ein (weitgehend) festes Formteil T erhalten.

Bevorzugt umfasst daher das Verfahren als weiteren Schritt (v) das Aushärten des aus einem der Schritte (iii) oder (iv) erhaltenen Produkts.

20 Dieser Schritt kann auch als Solidifikation bezeichnet werden. Die in der Regel unter Wärmeentzug stattfindende Solidifikation kann anschließend zu einem gebrauchsfertigen Formteil T führen. Optional kann das Formteil T noch nachbearbeitet werden (z.B. entgratet, poliert, gefärbt usw.).

25 Das Verfahren kann kontinuierlich, semikontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird das Verfahren als kontinuierliches Verfahren durchgeführt, insbesondere als kontinuierliches Verfahren zu Herstellung von glatten oder dreidimensional geprägten Folien. Alternativ könne auch Formteile T semi- oder diskontinuierlich hergestellt werden.

30 Bevorzugt weist die Werkstoff-Schicht w eine Dicke von <100 mm, insbesondere von < 20 mm, vorzugsweise von <10 mm, besonders von < 5 mm auf. Der entsprechende Faserverbund-Werkstoff W mit Sandwich Struktur weist eine Dicke von wobei die Werkstoff-Schicht w eine Dicke von <1000 mm, vorzugsweise von <100 mm, oftmals von <10, besonders von < 4 mm auf.

35 Die Werkstoff-Schichten w besitzen eine amorphe, thermoplastische Matrix M. Diese können im Spritzgießverfahren mit einer Verrippung angebracht werden, auf einen geschäumten, thermoplastischen Kern oder auf einen Wabenkern als Deckschichten aufkaschiert (verschweißt) werden.

Die Verbesserung der Bauteilsteifigkeit durch eine Verrippung (Bildung einer gerippten Struktur) wird durch die Vergrößerung des Flächenträgheitsmomentes begründet. Generell beinhaltet die optimale Rippendimensionierung produktionstechnische, ästhetische und konstruktive Gesichtspunkte.

Die Verstärkungsfasern B können schichtweise als Lagen von (oder als Flächengebilde F aus) Verstärkungsfasern B in einem einzigen Verarbeitungsschritt mit der Matrix M, enthaltend eine thermoplastische Formmasse A, imprägniert und konsolidiert werden.

Die Herstellung der Werkstoff-Schicht w kann auf diese Weise in besonders effizienter Art erfolgen.

Ein Vorteil der Styrol-Copolymere als amorphe Thermoplaste (z.B. SAN) ist die teilweise hohe Kratzfestigkeit dieser Werkstoffe W. Dies hat in den nachfolgend beschriebenen Anwendungsbeispielen den Vorteil, dass die Verkleidungsteile bei der Montage und im späteren Gebrauch nicht verkratzen.

Die benötigte Steifigkeit und Festigkeit der Werkstoff-Schicht w wird durch einen Sandwichverbund oder z. B. durch eine Verrippung erreicht.

Als Kernmaterial im Sandwichverbund kann sowohl ein Schaumkern (z.B. Rohacell von Evonik), als auch ein Wabenkern (z.B. Honeycomps von EconCore) eingesetzt werden. Um hierbei einen stoffschlüssigen Verbund zwischen Werkstoff-Schicht w und Kern zu erreichen, besteht der Kern aus einem chemisch verträglichen Thermoplast, um so mittels Wärme ein Verschweißen zu erzielen und ein Kaschieren im Produktionsprozess zu ermöglichen.

Eine bevorzugte Möglichkeit, eine ausreichende Steifigkeit für beispielsweise Abdeckung zu erreichen, ist das Hinterspritzen bzw. Hinterpressen einer Verrippung im Spritzgießprozess bzw. im Pressverfahren.

Um auch hier eine stoffschlüssige Anbindung zwischen den Rippen und der Werkstoff-Schicht w zu erreichen, sollte eine geeignete thermoplastische Formmasse, insbesondere eines der o.g. Styrol-Copolymere genutzt werden. Vorzugsweise wird eine SAN, ABS oder ASA- basierte thermoplastische Formmasse verwendet.

Durch eine Funktionsintegration kann im Spritzgießprozess ein weiterer Kostenvorteil entstehen. So können beispielsweise Montageschritte eingespart werden, in dem Halter, Führungen, Arretierungen, Schnapphaken usw. direkt mit angespritzt werden können.

In einer weiteren Ausführungsform, ist vorgesehen, dass weitere Gruppen von Verstärkungsfasern B über weitere, abweichende Faser-Matrix-Haftungen mit der Matrix M gekoppelt sind.

5

Werden drei oder mehr Gruppen von Verstärkungsfasern B mit unterschiedlichen Faser-Matrix-Haftungen verwendet, kann das Verhalten der Werkstoff-Schicht w und somit auch des Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur, gezielt und höchst individuell beeinflusst werden. Dabei können jeweils unterschiedliche Faserarten oder

10

Beispielsweise können Gruppen von Verstärkungsfasern B jeweils mit verschiedenen Haftvermittler-Kompositionen versehen sein, welche die verschiedenen Faser-Matrix-Haftungen bewirken. Die unterschiedlichen Kompositionen können sich ausschließlich

15

Bereits bei der Herstellung der Verstärkungsfasern kann der Haftvermittler als Teil der Schlichte aufgebracht werden. Es kann jedoch auch ein zusätzlicher Vorgang des thermischen Entschlichtens oder sonstiger Entschlichtung vorgesehen sein, der die bereits aufgebrauchte Schlichte zerstört oder entfernt. Anschließend kann dann die Verstärkungsfasern mit einem Finish beschichtet werden, die den Haftvermittler enthält und auf die jeweilige Matrix und die gewünschte Faser-Matrix-Haftung abgestimmt ist. Alternativ können auch Kunststoffschichten verwendet werden.

20

25

Beispielsweise können bei der erfindungsgemäßen Werkstoff-Schicht w Haftvermittler verwendet werden, die vernetzungsfähige Polyether-urethan- und Polyester-urethan-Polymere enthalten, welche als Filmbildner wirken, zusammen mit einem Aminosilan-Haftvermittler.

30

In Schritt (vi) werden die mindestens eine thermoplastische Schicht T und/oder mindestens eine Schaumstoff-Schicht S mit der Werkstoff-Schicht w in Kontakt gebracht, vorzugsweise durch Lamination oder (Co)Extrusion.

35

Des Weiteren kann durch eine zusätzliche amorphe thermoplastische Schicht T auf der Werkstoff-Schicht w und einem Vlies, welches mindestens eine Grammatur von 50 g/m² aufweist und zwischen Werkstoff-Schicht w und thermoplastischer Schicht T eingebettet ist, mittels der Werkzeugwand eine Narbung abgeformt werden, womit die

Oberfläche zusätzlich funktionalisiert werden kann (Kratzfestigkeit, Kaschieren von Einfallstellen). Je nach Bedarf kann die zusätzliche thermoplastische Schicht T deckend eingefärbt werden, so dass sich optisch keine Werkstoff-Schicht w vermuten lässt, oder man kann gezielt durch den Einsatz einer transparenten Schicht einen sogenannten „fiber-look“ hervorrufen.

Durch den Einsatz von Werkstoff-Schichten w im Sandwichverbund oder mittels Verrippung kann eine Kostenreduzierung erreicht werden und gleichzeitig das Gewicht gesenkt werden, was zum einen die Montage des Bauteils und zum anderen die des Gerätes erleichtern kann.

Durch den erfindungsgemäßen Einsatz von Organoblechen W mit Sandwich-Strukturen als Ersatz von Metallen können die Kosten und das Gewicht reduziert werden, da die Dichte der enthaltenen Organobleche W mit Sandwich-Struktur wesentlich geringer ist und die fehlende Steifigkeit, im Vergleich zum Stahl, durch eine Verrippung oder einen Sandwichaufbau kompensiert werden kann. Die Verrippung besteht vorzugsweise aus einem Spritzgießmaterial, welches eine stoffschlüssige Anbindung zur Werkstoff-Schicht w gewährleistet und so ein hohes Widerstandsmoment entstehen lässt. Bei dem Sandwichaufbau besteht ebenfalls eine Ähnlichkeit, so dass auch hier ein stoffschlüssiger Verbund entsteht. Alternativ kann der Schaumkern mit den Decklagen verklebt werden oder es wird durch eine zusätzliche thermoplastische Schicht T auf der Werkstoff-Schicht w eine Verkrallung in der Schaumstruktur hervorgerufen.

Anwendungen der Sandwich-Struktur können beispielsweise wie folgt sein:

Die erfindungsgemäßen Werkstoff-Schichten w werden in Verbindung mit weiteren Schichten eingesetzt. Beispielhaft seien folgende Aufbauten genannt (w = erfindungsgemäße Werkstoff-Schicht, S = Schaumstoff-Schicht, T = thermoplastische Schicht):

w-X,
w-X-w,
X-w-X, oder
w-X-w-X,

wobei X für T und/oder S steht.

Optional kann die thermoplastische Schicht T durch Einbau von Kurz- Lang- oder Endlosfasern oder entsprechende Carbon- bzw. Basaltfasern verstärkt sein.

Eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform umfasst die Verbindung von Werkstoff-Schicht w mit einer Schaumstoff-Schicht S, wobei die Schaumstoff-Schicht S durch Extrusion, Coextrusion, Lamination oder durch Schaumspritzguß hergestellt wird. Die Schaumstoff-Schicht S bestehen aus thermoplastischen Formmassen, die durch chemische (z.B. Natriumbicarbonat/Zitronensäure, Carbodiimid) oder physikalische Treibmittel (z.B. CO₂, N₂) hergestellt wurden.

Figuren

10 Figur 1 zeigt die Faserverbund-Werkstoff-Schichten w, die nach Versuchs-Nr. 1 erhalten wurden. Figur 1A stellt die visuelle Dokumentation dar. Figur 1B zeigt die mikroskopische Ansicht eines Schnitts durch den in horizontaler Orientierung angeordneten laminaren Faserverbund-Werkstoff-Schicht w (links: 25-fache Vergrößerung, rechts: 50-fache Vergrößerung), wobei die Fasern deutlich als horizontal verlaufende dunkle Schicht zwischen den hellen Schichten aus thermoplastischer Formmasse erkennbar sind. Figur 1C zeigt die 200-fache Vergrößerung, wobei erkennbar wird, dass die Imprägnierung an einigen Stellen nicht abgeschlossen ist.

20 Figur 2 zeigt die Faserverbund-Werkstoff-Schichten w, die nach Versuchs-Nr. 2 erhalten wurden. Figur 2A stellt die visuelle Dokumentation dar. Figur 2B zeigt die mikroskopische Ansicht eines Schnitts durch den in horizontaler Orientierung angeordneten laminaren Faserverbund-Werkstoff-Schichten w (links: 25-fache Vergrößerung, rechts: 50-fache Vergrößerung), wobei die Fasern deutlich als verlaufende dunkle Schicht zwischen den hellen Schichten aus thermoplastischer Formmasse erkennbar sind. Figur 25 2C zeigt die 200-fache Vergrößerung, wobei erkennbar wird, dass die Imprägnierung teilweise nicht abgeschlossen ist.

30 Figur 3 zeigt die Faserverbund-Werkstoff-Schichten w, die nach Versuchs-Nr. 3 erhalten wurden. Figur 3A stellt die visuelle Dokumentation dar. Figur 3B zeigt die mikroskopische Ansicht eines Schnitts durch den in horizontaler Orientierung angeordneten laminaren Faserverbund-Werkstoff-Schichten w (links: 25-fache Vergrößerung, rechts: 50-fache Vergrößerung), wobei keine Schicht aus Fasern erkennbar ist. Figur 3C zeigt die 200-fache Vergrößerung, wobei erkennbar wird, dass die Imprägnierung weitgehend abgeschlossen ist.

35

Figur 4 zeigt die Faserverbund-Werkstoff-schichten w, die nach Versuchs-Nr. 4 erhalten wurden. Figur 4A stellt die visuelle Dokumentation dar. Figur 4B zeigt die mikroskopische Ansicht eines Schnitts durch die in horizontaler Orientierung angeordnete laminare Faserverbund-Werkstoff-Schicht w (links: 25-fache Vergrößerung, rechts: 50-

fache Vergrößerung), wobei keine Schicht aus Fasern erkennbar ist. Figur 4C zeigt die 200-fache Vergrößerung, wobei erkennbar wird, dass die Imprägnierung an einzelnen Stellen nicht vollständig abgeschlossen ist.

- 5 Figur 5 zeigt die Faserverbund-Werkstoff-Schichten w, die nach Versuchs-Nr. 5 erhalten wurden. Figur 5A stellt die visuelle Dokumentation dar. Figur 5B zeigt die mikroskopische Ansicht eines Schnitts durch den in horizontaler Orientierung angeordneten laminaren Faserverbund-Werkstoff-Schicht w (links: 25-fache Vergrößerung, rechts: 50-fache Vergrößerung), wobei keine Schicht aus Fasern erkennbar ist. Figur 4C zeigt
- 10 die 200-fache Vergrößerung, wobei erkennbar wird, dass die Imprägnierung an wenigen Stellen nicht vollständig abgeschlossen ist.

- Figur 6 zeigt die Herstellung der Faserverbund-Werkstoff-Schichten w (hier: Glasfaser-Gewebe) im Presseneinlauf V25-V28. Deutlich erkennbar ist, dass ein derartiges Her-
- 15 stellungsverfahren eine kontinuierliche Produktion erlaubt. Zudem ist durch die Einprägung des Musters erkennbar, dass der Faserverbund-Werkstoff-Schicht w auch dreidimensional formbar ist.

- Figur 7 zeigt schematisch die Entstehung von unerwünschter Bildung von Oberflächenwellen (Textur).
- 20

Die Erfindung wird in den nachfolgenden Beispielen, Figuren und Ansprüchen näher beschrieben.

25 Beispiele

- Die nachfolgenden Versuche wurden auf einer handelsüblichen Intervall-Heißpresse, welche in der Lage ist einen Faser/Folienverbund aus Polymerfolie, Schmelze oder
- 30 Pulver herzustellen, zur quasi-kontinuierlichen Herstellung von faserverstärkten thermoplastischen Halbzeugen, Laminaten und Sandwichplatten durchgeführt.

Plattenbreite: 660 mm

Laminat-Dicke: 0,2 bis 9,0 mm

Laminat-Toleranzen: max. $\pm 0,1$ mm entsprechend Halbzeug

- 35 Sandwichplattenstärke: max. 30 mm

Ausstoß: ca. 0,1 - 60 m/h, abhängig von Qualität und Bauteildicke

Nennvorschub 5 m/h

Werkzeugdruck: Presseinheit 5-25 bar, für minimale und maximale Werkzeuggröße stufenlos regelbar (optional)

Werkzeugtemperierung: 3 Heiz- und 2 Kühlzonen

Werkzeugtemperatur: bis 400 °C

Werkzeuglänge: 1000 mm

Öffnungsweg Presse: 0,5 bis 200 mm

5 bevorzugte Produktionsrichtung: rechts nach links

Technische Daten der Schmelze-Plastifizierung sind:

10 Diskontinuierlicher Schmelze-Auftrag in Mittellage zur Herstellung von faserverstärkten thermoplastischen Halbzeugen:

Schneckendurchmesser: 35mm

Max. Hubvolumen: 192 cm³

Max. Schneckendrehzahl: 350 U/min

Max. Austragsstrom: 108 cm³/s

15 Max. Austragsdruck: 2406 bar spezifisch

20 Die beschriebenen Faserverbund-Werkstoffe W (Organobleche) mit Sandwich-Strukturen, enthaltend Werkstoff-Schicht w, insbesondere mit amorpher, thermoplastischer Matrix eignen sich besonders für die Herstellung von Formteilen. Einige Beispiele sind nachfolgend aufgezeigt.

Wenn nicht anders erwähnt, werden die Formteile in Spritzgussverfahren hergestellt.

Herstellung der Werkstoff-Schicht m

25

40 Gew.-%, bezogen auf die Werkstoff-Schicht, eines Acrylnitril-Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymers als thermoplastische Formmasse A (hergestellt aus: 75 Gew.-% Styrol, 24 Gew.-% Acrylnitril und 1,0 Gew.-% Maleinsäureanhydrid) wird mit

30 60 Gew.-%, bezogen auf die Werkstoff-Schicht, einer Glas-basierten Verstärkungs-faser mit chemisch reaktiver Funktionalität (Silangruppen) an der Oberfläche [GW 123-580K2 von P-D Glasseiden GmbH] compoundiert.

Herstellung der Werkstoff-Schicht n

35

65 Gew.-%, bezogen auf die Werkstoff-Schicht, eines Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer als thermoplastische Formmasse A (ABS hergestellt aus: 45 Gew.-% Butadien, 30 Gew.-% Styrol, 24 Gew.-% Acrylnitril und 1Gew.-% Maleinsäureanhydrid) wird mit

35 Gew.-%, bezogen auf die Werkstoff-Schicht, einer Glas-basierten Verstärkungs-faser mit chemisch reaktiver Funktionalität (Silangruppen) an der Oberfläche [GW 123-580K2 von P-D Glasseiden GmbH] compoundiert. Die Werkstoff-Schicht wird im Anschluss verrippt.

5

Beispiel 1: Herstellung eines Faserverbund-Werkstoffs mit Sandwich-Struktur, enthaltend Werkstoff-Schicht m

Der Werkstoff m wird mit einem expandierten Polystyrol (X-PS; hergestellt aus Polystyrol 158 K mit CO₂/Ethanol als Treibmittel) auf einem Tandem-Extruder mit einer Dicke von 10 mm coextrudiert, um eine Sandwich-Struktur zu erhalten.

Der erhaltene Faserverbund-Werkstoff mit Sandwich-Struktur weist eine Abfolge von m/X-PS/m

auf.

Beispiel 2: Herstellung eines Organoblechs Sandwich-Struktur, enthaltend Werkstoff-Schicht n

Der Werkstoff n wird mit einem expandierten Polystyrol (X-PS; hergestellt aus Polystyrol 158 K mit CO₂/Ethanol als Treibmittel) auf einem Tandem-Extruder mit einer Dicke von 10 mm coextrudiert, um eine Sandwich-Struktur zu erhalten.

25

Die erhaltene Faserverbund-Werkstoff mit Sandwich-Struktur weist eine Abfolge auf von:

n/X-PS/n

30

Die erfindungsgemäßen Organobleche mit Sandwich-Strukturen aus den Beispielen 1 und 2 sind gegenüber den entsprechenden Organoblechen ohne Sandwich-Struktur m und n robuster.

35

Weitere Beispiele zur Herstellung der thermoplastischen Faserverbund-Werkstoff-Schicht w

Gefahrenre Thermoplast-Kombinationen A:

- A1 (Vergleich): S/AN mit 75 % Styrol (S) und 25 % Acrylnitril (AN), Viskositätszahl 60, Mw von 250.000 g/mol (gemessen via Gel Permeations Chromatographie an Standard Säulen mit monodispersen Polystyrol Eichstandards)
- 5 A2: S/AN/Maleinsäureanhydrid Copolymer mit der Zusammensetzung (Gew%): 74/25/1, Mw von 250.000 g/mol (gemessen via Gel Permeations Chromatographie an Standard Säulen mit monodispersen Polystyrol Eichstandards)
- A3: Mischung aus A2 : A1 = 2 : 1
- 10 A4: Mischung aus A2 : A1 = 1 : 2

Verwendete Faser-Textilien B:

- B1: Bidirektionales Glasfasergelege 0/90° (GF-GE) mit Flächengewicht = 590g/m²,
- 15 Schuss + Kette = 1200tex [beispielsweise KN G 590.1 von P-D Glas-seiden GmbH]
- B2: Glasfasergewebe Köper 2/2 (GF-KG) mit Flächengewicht = 576 g/m², Schuss, + Kette = 1200tex
- 20 Die im Zusammenhang mit Versuchen Nr. 1-5 gefahrenen Kombinationen und Parametereinstellungen sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

25 Tabelle 1. Herstellungsbedingungen der Faserverbund-Werkstoff-Schichten w

Versuchs-Nr.	Composite*	Temperatur-Profil	Pressdruck (bar)	Presszeit (s)	Dicke (mm)
1 (Vgl.)	A1+B1	220-240-260-160-80	20	20	1
2 (Vgl.)	A1+B1	220-280-300-160-80	25	30	1
3	A2+B1	240-300-320-160-80	20	20	1
4	A3+B1	240-300-320-160-80	20	30	1
5	A4+B1	240-300-320-160-80	20	30	1

*Komponenten A + B1: 0.465 mm Dicke Textilaufbau, 0.653 mm Dicke Matrixaufbau, Gesamtvolumen Matrix: 22 ml, Faser-Volumenanteil: 41.6 %, Gesamtdichte Halbzeug: 1.669 g/ml, Gesamtdicke Halbzeug: 1.117 mm

5 Versuchs-Nr. 1 (Vergleichsversuch)

Die Ergebnisse sind in Figur 1 gezeigt.

Visuelle Bewertung an der Halbzeug-Oberfläche:

- 10 Makroimprägnierung: abgeschlossen
Mikroimprägnierung: deutlich nicht abgeschlossen

Mikroskopische Bewertung im Halbzeug-Inneren:

- Matrixschicht in Mittellage: deutlich erkennbar
15 Matrixschicht in Decklage: am Roving nicht erkennbar
Imprägnierung Kettfäden: mittig unimprägnierte Bereiche, umlaufend leicht imprägniert
Imprägnierung Schussfäden: mittig deutlich unimprägnierte Bereiche, umlaufend leicht imprägniert
Lufteinschlüsse: wenig, nur im Roving
20 Konsolidierung: ungenügend, Beschädigung Kett- und Schussfäden

Versuchs-Nr. 2

Die Ergebnisse sind in Figur 2 gezeigt.

25

Visuelle Bewertung an der Halbzeug-Oberfläche:

Makroimprägnierung: abgeschlossen
Mikroimprägnierung: an mehreren Stellen nicht abgeschlossen

30 *Mikroskopische Bewertung im Halbzeug-Inneren:*

- Matrixschicht in Mittellage: erkennbar
Matrixschicht in Decklage: wenig am Roving erkennbar
Imprägnierung Kettfäden: mittig unimprägnierte Bereiche erkennbar, umlaufend teilweise imprägniert, teilweise unimprägniert
35 Imprägnierung Schussfäden: mittig unimprägnierte Bereiche, umlaufend leicht imprägniert
Lufteinschlüsse: wenig
Konsolidierung: nicht ausreichend, deutliche Beschädigung Schussfäden

Versuchs-Nr. 3

Die Ergebnisse sind in Figur 3 gezeigt.

Visuelle Bewertung an der Halbzeug-Oberfläche:

5 Makroimprägnierung: abgeschlossen

Mikroimprägnierung: abgeschlossen

Versuch Nr. 3, Mikroskopische Bewertung im Halbzeug-Inneren:

Matrixschicht in Mittellage: nicht erkennbar

Matrixschicht in Decklage: gut erkennbar

10 Imprägnierung Kettfäden: kaum unimprägnierte Bereiche erkennbar, umlaufend
gut imprägniert

Imprägnierung Schussfäden: kaum unimprägnierte Bereiche erkennbar, umlaufend
gut imprägniert

Lufteinschlüsse: sehr viele, große Blasen erkennbar

15 Konsolidierung: gut, keine Beschädigungen

Versuchs-Nr. 4

Die Ergebnisse sind in Figur 4 gezeigt.

20 *Visuelle Bewertung an der Halbzeug-Oberfläche:*

Makroimprägnierung: abgeschlossen

Mikroimprägnierung: überwiegend abgeschlossen

Mikroskopische Bewertung im Halbzeug-Inneren:

25 Matrixschicht in Mittellage: kaum erkennbar

Matrixschicht in Decklage: erkennbar

Imprägnierung Kettfäden: leicht unimprägnierte Bereiche erkennbar, umlaufend
gut imprägniert

30 Imprägnierung Schussfäden: unimprägnierte Bereiche erkennbar, aber umlaufend
imprägniert

Lufteinschlüsse: keine erkennbar

Konsolidierung: befriedigend, mittlere Beschädigungen von Schussfäden
erkennbar

35 Versuchs-Nr. 5

Die Ergebnisse sind in Figur 5 gezeigt.

Visuelle Bewertung an der Halbzeug-Oberfläche:

Makroimprägnierung: abgeschlossen

Mikroimprägnierung: überwiegend abgeschlossen

Mikroskopische Bewertung im Halbzeug-Inneren:

Matrixschicht in Mittellage: nicht erkennbar

Matrixschicht in Decklage: erkennbar

- 5 Imprägnierung Kettfäden: wenig unimprägnierte Bereiche erkennbar, umlaufend gut imprägniert
 Imprägnierung Schussfäden: wenig unimprägnierte Bereiche erkennbar, umlaufend gut imprägniert
 Lufteinschlüsse: keine erkennbar
- 10 Konsolidierung: teilweise gut, teilweise ungenügend, lokale Beschädigungen von Schussfäden erkennbar

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

15 Tabelle 2. Zusammenfassung Versuche und Bewertung

Versuchs-Nr.	Composite*	Maleinsäure-anhydrid-Konzentration (Gew %)	Max. Temperatur (°C)	Imprägnation**		Konsolidierung **
				Macro	Micro	
1 (Vgl.)	A1+B1	0	260	1	5	5
2 (Vgl.)	A1+B1	0	300	1	4	4
3	A2+B1	1	320	1	1	2
4	A3+B1	0,66	320	1	2	3
5	A4+B1	0,33	320	1	2	4

*Komponenten A + B1: 0.465 mm Dicke Textilaufbau, 0.653 mm Dicke Matrixaufbau, Gesamtvolumen Matrix: 22 ml, Faser-Volumenanteil: 41.6 %, Gesamtdichte Halbzeug: 1.669 g/ml, Gesamtdicke Halbzeug: 1.117 mm

20

**1= perfekt, 2= gut, 3=teilweise, 4= wenig, 5=schlecht/keine

25 Tabelle 3. Vergleich der erfindungsgemäßen Versuchseinstellungen mit herkömmlichen Organoblechen

Versuchs-Nr.	Composite	Maleinsäure-anhydrid-Konzentration (Gew %)	Oberflächen-güte*	Bedruckbarkeit mit 45 mdyne Tinte**
1 (Vgl)	A1+B1	0	2	1
2 (Vgl.)	A1+B1	0	2	1
3	A2+B1	1	1-2	1
4	A3+B1	0,66	1-2	1
5	A4+B1	0,33	1-2	1
6	Bond Laminates Composite aus ca 60 % Glasfaser-Gewebe und 40 % Polyamid	0	4-5	1
7	Composite aus ca. 60 % Glasfaser-Gewebe und 40 % Polypropylen	0	4-5	5

*1= vollständig glatt, 2= weitgehend glatt, 3= leicht rau, 4= mäßig rau, 5= Fasern sind deutlich zu spüren

**1= perfekt, 2= gut, 3=teilweise, 4= wenig, 5=schlecht/keine

5

Versuchs-Nr. 6

Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 gezeigt.

Die im Zusammenhang mit Versuch Nr. 6 gefahrenen Kombinationen und Parameter-einstellungen sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

10 Tabelle 4. Herstellungsbedingungen der Faserverbund-Werkstoff-Schichten w

Versuchs-Nr.	Composite*	Temperatur-Profil	Pressdruck (bar)	Presszeit (s)	Dicke (mm)
4	A1+B1	220-240-300-160-80	20	20	1
12	A3+B1	220-240-300-160-80	20	20	1
28	A1+B2	240-300-320-160-80	20	20	1
26	A3+B2	240-300-320-160-80	20	30	1

*Komponenten A + B1: 0.465 mm Dicke Textilaufbau, 0.653 mm Dicke Matrixaufbau, Gesamtvolumen Matrix: 22 ml, Faser-Volumenanteil: 41.6 %, Gesamtdichte Halbzeug: 1.669 g/ml, Gesamtdicke Halbzeug: 1.117 mm

5

Tabelle 5. Vergleich der Biegefestigkeit.

Versuchs-Nr.	8	9	Delta (%)	10	11	Delta (%)
Verstärkung	Gelege (B1), Kettrichtung			Gewebe Körper 2/2 (B2)		
Matrix	A1	A3		A1	A3	
Biegeprüfung:						
Modul (GPa)	19,7	22,5	14	21,1	19,6	-7
Bruchspannung (MPa)	211	462	119	423	528	25

Tabelle 5 zeigt die in einer Versuchsreihe erhaltenen Faserverbund-Werkstoff-Schichten w (bzw. Faserverbund-Werkstoffe W). Es wurden jeweils reines SAN (A1) sowie ein S/AN/Maleinsäureanhydrid Copolymer (A2) mit einer handelsüblichen Gelege- und Gewebeverstärkung in einem identischen Prozess kombiniert und geprüft. Der Faservolumengehalt der Verbunde betrug 42%. Die verbesserte Qualität der Imprägnierung und Verbindung zwischen Faser und Matrix zeigt sich nicht an der Biegesteifigkeit, aber deutlich an der Biegefestigkeit (Bruchspannung) der untersuchten Proben.

15

Beispiele für Mehrschicht-Organobleche

Die beschriebenen Faserverbund-Werkstoff-Schichten w (Organobleche), insbesondere mit amorpher, thermoplastischer Matrix eignen sich besonders für die Herstellung von Formkörper, Folien und Beschichtungen. Einige Beispiele sind nachfolgend aufgezeigt. Wenn nicht anders erwähnt werden die Formteile in Spritzgussverfahren hergestellt.

25 Beispiel 1: Herstellung des Faserverbund-Werkstoffs M

40 Gew.-%, bezogen auf den Faserverbund-Werkstoff-Schichten w, eines Acrylnitril-Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymers als thermoplastische Formmasse A (hergestellt aus: 75 Gew.-% Styrol, 24 Gew.-% Acrylnitril und 1 Gew.-% Maleinsäureanhydrid)
30 wird mit

60 Gew.-%, bezogen auf die Faserverbund-Werkstoff-Schicht w, einer Glas-basierten Verstärkungsfaser mit chemisch reaktiver Funktionalität (Silangruppen) an der Oberfläche [GW 123-580K2 von P-D Glasseiden GmbH] compoundiert.

5 Beispiel 2: Herstellung der Faserverbund-Werkstoff-Schicht N

65 Gew.-%, bezogen auf die Faserverbund-Werkstoff-Schicht w, eines Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer als thermoplastische Formmasse A (ABS hergestellt aus: 45 Gew.-% Butadien, 30 Gew.-% Styrol, 24 Gew.-% Acrylnitril und 1Gew.-% Maleinsäureanhydrid) wird mit 35 Gew.-%, bezogen auf die Faserverbund-Werkstoff-Schicht w, einer Glas-basierten Verstärkungsfaser mit chemisch reaktiver Funktionalität (Silangruppen) an der Oberfläche [GW 123-580K2 von P-D Glasseiden GmbH] compoundiert. Die Faserverbund-Werkstoff-Schicht w wird im Anschluss verrippt.

15 Beispiel 3: Herstellung von Formteilen aus den Faserverbund-Werkstoff-Schichten M und N

Beispiel A: Waschmaschinenfenster

Beispiel B: Linsenabdeckungen

20

Es wird eine erhöhte Steifigkeit des Fensters und der Linsenabdeckung gegenüber entsprechenden aus Glas bestehenden Materialien beobachtet. Ferner sind die Organobleche weniger empfindlich gegenüber Kratzern und Druck.

25

Weitere Versuche zur Biegespannung an mit Flächengebilden verstärkten Faser-Verbund-Wirkstoffen

30 Die Komponenten sind wie oben definiert. Die Biegespannung und das Biegemodul wurden nach DIN 14125:2011-05 bestimmt.

Die Kombinationen und Parametereinstellungen zu dem in Anspruch 1 beschriebenen Verfahren sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

35

Tabelle 6: Zusammensetzungen Vgl. 1, Vgl. 2, Vgl. 10 und Vgl. 15 sowie der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen V3 bis V9 und V11 bis V14. X: Gewichtsverhältnis Komponente A : B = 60 : 40

Nr.	A1	A2	A3	A4	B1	B2	T [°C]	t [s]
Vgl. 1	X				X		260	20-30
Vgl. 2	X				X		300	30-30
V3		X			X		280	20-30
V4		X			X		280	40
V5		X			X		320	30-30
V6			X		X		300	20-30
V7			X		X		320	20-30
V8				X	X		310	20-30
V9				X	X		320	20-30
Vgl. 10	X				X		320	20-30
V11		X			X		320	20-30
V12		X				X	320	20-30
V13			X			X	320	20-30
V14				X		X	320	20-30
Vgl. 15	X					X	320	20-30

In Tabelle 6 werden die Bedingungen der durchgeführten Versuche dargestellt. Hierbei wurden die Edukte, sowie die Temperatur und die Presszeit variiert. Der Pressdruck betrug in allen Versuchsreihen ca. 20 bar.

5

Tabelle 7: Mittelwerte der maximalen Biegespannung der Kett- und Schussrichtung der hergestellten Organobleche gemäß den Mischungen Vgl. 2, V5, V7, V9, Vgl. 10, V12 bis V14 und Vgl. 15, wobei die Herstellungstemperatur je mindestens 300 °C betrug.

Nr.	Faserrichtung	Mittelwerte der maximale Biegespannung [MPa]
Vgl. 2	Kettrichtung	211,23
	Schussrichtung	184,94
V5	Kettrichtung	670,48
	Schussrichtung	271,05
V7	Kettrichtung	590,98
	Schussrichtung	301,21
V9	Kettrichtung	371,73
	Schussrichtung	244,62
Vgl. 10	Kettrichtung	319,8
	Schussrichtung	236,01
V12	Kettrichtung	556,15
	Schussrichtung	484,24

V13	Kettrichtung	528,96
	Schussrichtung	386,83
V14	Kettrichtung	513,95
	Schussrichtung	413,86
Vgl. 15	Kettrichtung	423,03
	Schussrichtung	301,40

Die in Tabelle 7 dargestellten Werte sind das Mittel von je neun Messungen.

Tabelle 7 zeigt, dass die erfindungsgemäßen Organobleche V5, V7, V9, V12, V13 und V14 eine höhere mittlere maximale Biegespannung aufweisen als die Organobleche, welche eine Matrix enthaltend 75 Gew.-% Styrol (S) und 25 Gew.-% Acrylnitril (AN), aufweist (Vgl. 10 und Vgl. 15). Auch der Vergleich von V9 mit Vgl. 10 zeigt, dass unter den gleichen Bedingungen ($T=320\text{ °C}$ und $t=30\text{ s}$) das erfindungsgemäße Organoblech eine größere Biegespannung sowohl in der Kett- als auch in der Schussrichtung aufweist.

10

Es zeigt sich, dass durch das Verfahren zur Herstellung der Faserverbund-Werkstoff-Schicht w (und damit auch des gesamten Faserverbund-Werkstoffs W) mit einer thermoplastischen Formmasse A, Verstärkungsfasern B verbesserte Produkte erhalten werden können.

15

Weitere Untersuchung von Mehrschichtigen Faserverbund-Werkstoffen

Technische Daten der Intervall-Heißpresse (IVHP):

Quasi-kontinuierliche Herstellung von faserverstärkten thermoplastischen Halbzeugen, Laminaten

20

und Sandwichplatten

Plattenbreite: 660 mm

Laminat-Dicke: 0,2 bis 9,0 mm

Laminat-Toleranzen: max. $\pm 0,1$ mm entsprechend Halbzeug

25

Sandwichplattenstärke: max. 30 mm

Ausstoß: ca. 0,1 - 60 m/h, abhängig von Qualität und Bauteildicke

Nennvorschub 5 m/h

Werkzeugdruck: Presseinheit 5-25 bar, für minimale und maximale Werkzeuggröße stufenlos regelbar (optional)

30

Werkzeugtemperierung: 3 Heiz- und 2 Kühlzonen

Werkzeugtemperatur: bis 400 °C

Werkzeuglänge: 1000 mm

Öffnungsweg Presse: 0,5 bis 200 mm

Produktionsrichtung: rechts nach links

Technische Daten der Schmelze-Plastifizierung:

- 5 Diskontinuierlicher Schmelzeauftrag in Mittellage zur Herstellung von faserverstärkten thermoplastischen Halbzeugen
 Schneckendurchmesser: 35mm
 Max. Hubvolumen: 192 cm³
- 10 Max. Schneckendrehzahl: 350 U/min
 Max. Austragsstrom: 108 cm³/s
 Max. Austragsdruck: 2406 bar spezifisch
 hierbei:
 Schmelzevolumne: 22 ccm
- 15 isobar = druckgesteuerter Pressprozess
 isochor = volumengesteuerter Pressprozess
 T [°C] = Temperatur der Temperaturzonen* (*Die Presse verfügt über 3 Heiz- und 2 Kühlzonen. Die Angabe bezieht in Produktionsrichtung)
 p [bar] = Pressdruck pro Zyklus: Isochor 20
- 20 s [mm] = Wegbegrenzung Pressdicke: 1.1 mm
 Temperaturprofil: (i) 210 bis 245°C, daher ca. 220°C
 (ii) 300 bis 325°C, daher ca. 300°C
 (iii) 270 bis 320°C, daher ca. 280 bis 320°C
 (iv) 160 bis 180°C
- 25 (v) 80°C
 t [sec] = Presszeit pro Zyklus: 20-30 s
 Aufbau/Laminierung: 6-lagiger Aufbau mit Schmelze-Mittelschicht; Herstellungsverfahren: Schmelze-Direkt (SD)
- 30 Matrix-Komponenten A:
 M1 (SAN Typ): Styrol-Acrylnitril-Maleinsäureanhydrid- (SAN-MA-) Terpolymer (S/AN/MA: 74/25/1) mit einem MA-Anteil von 1 Gew.-% und einem MVR von 22 cm³/10 min bei 220°C/10kg (gemessen nach ISO1133);
- 35 M1b entspricht der vorgenannten Komponente M1, wobei der Matrix zusätzlich 2 Gew.-% Industrieruß beigemischt wurden.

M2 (SAN Typ): Styrol-Acrylnitril-Maleinsäureanhydrid- (SAN-MA-) Terpolymer (S/AN/MA: 73/25/2,1) mit einem MA-Anteil von 2,1 Gew.-% und einem MVR von 22 cm³/10 min bei 220°C/10kg (gemessen nach ISO1133);

- 5 M2b entspricht der vorgenannten Komponente M2, wobei der Matrix zusätzlich 2 Gew.-% Industrieruß beigemischt wurden.

M3 (SAN Typ): Blend aus 33 Gew.-% M1 und 67 Gew.-% des SAN-Copolymers Luran VLN, daher 0,33 Gew.-% Maleinsäureanhydrid(MA) im gesamten Blend;

10

M3b entspricht der vorgenannten Komponente M3, wobei der Matrix zusätzlich 2 Gew.-% Industrieruß beigemischt wurden.

PA6: teilkristallines, leichtfließendes Polyamid Durethan B30S

15

PD(OD): leichtfließendes, amorphes Polycarbonat optischer Grade für optische Discs);

Faser-Komponenten B:

- 20 Glasfilament-Köpergewebe (Kurzbezeichnungen: **GF-KG(LR)** bzw. **LR**), Köperbindung 2/2, Flächengewicht 290 g/m², Roving EC9 68tex, Finish TF-970, Lieferbreite 1000 mm (Typ: 01102 0800-1240; Hersteller: Hexcel, erhalten von: Lange + Ritter)

- 25 Glasfilament-Köpergewebe (Kurzbezeichnungen: **GF-KG(PD)** bzw. **PD**), Köperbindung 2/2, Flächengewicht 320 g/m², Roving 320tex, Finish 350, Lieferbreite 635 mm (Typ: EC14-320-350, Hersteller und Lieferant: PD Glasseide GmbH Oschatz)

- 30 Glasfilament-Gelege (Kurzbezeichnung: **GF-GE(Sae)** bzw. **Sae**) 0°/45°/90°/-45°, Flächengewicht 313 g/m², Haupt-Roving 300tex, Finish PA-Schlichte, Lieferbreite 655mm (Typ: X-E-PA-313-655, Nr. 7004344, Hersteller und Lieferant: Saertex GmbH&Co.KG)

Sae n.s. = Glasfilament-Gelege 300 g/m², Herstellerbezeichnung: Saertex new sizing, +45°/-45°/+45°/-45°

35

Glasfaservlies (Kurzbezeichnung: **GV50**), Flächengewicht 50 g/m², Faserdurchmesser 10 µm, Lieferbreite 640 mm (Typ: Evalith S5030, Hersteller und Lieferant: Johns Manville Europe)

Visuelle Bewertung

Alle hergestellten Faserverbund-Werkstoffe ließen sich jeweils als (groß)flächige Organobleche in einem Endlosverfahren herstellen, die problemlos (in kaschierbare, transportübliche Maße wie etwa 1 m x 0,6 m) die zuschneidbar waren. Bei den transparenten Faserverbund-Werkstoffen war das eingebettete Fasermaterial bei detaillierter Betrachtung im Gegenlicht gerade erkennbar. Bei den Faserverbund-Werkstoffen mit (schwarz) eingefärbter Matrix war das eingebettete Fasermaterial auch bei näherer optischer Betrachtung im Gegenlicht nicht/kaum erkennbar.

10 Mikroskopische Bewertung

Hierbei wurden Fehlstellen (Lunker, Einfall, etc.) über Auflichtmikroskopie und die Oberflächengüte über konfokale Laser-Scanning-Mikroskopie (LSM) bewertet. Mittels LSM wurde eine Aufsicht einer drei-dimensionalen (3D-)Höhenaufnahme (7,2 mm x 7,2 mm) des lokalen Messbereichs und eine zweidimensionalen (2D-)Darstellung der Höhenunterschiede nach Skalierung und Anwendung verschiedener Profilfilter erstellt. Messfehler und einen generellen Verzug/Schiefelage der Probe wurden durch den Einsatz von Profilfiltern (Rauschfilter und Verkippsfilter) ausgeglichen. Das 2D-Höhenprofil der Aufnahme wurde über definierte Messlinien durch integrierte Software in Linienprofile übertragen und computer-gestützt ausgewertet.

20

Es wurden Faserverbund-Werkstoffe mit jeweils vier in die jeweilige Matrix eingebetteten Lagen des entsprechenden Flächengebildes an Fasern (hier GF-KG(PD)(4) bzw. Sae(4)) hergestellt. Um die Vergleichbarkeit der Proben weiter zu erhöhen, wurden auf die hergestellten Faserverbund-Werkstoffe jeweils beidseitig ein dünnes Glasfaservlies (GV50, siehe oben) aufgebracht. Dieses hatte keinen merklichen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften.

25

Die Mittlere Wellentiefe (MW Wt) und der Raumittenwert (Ra) wurden für zahlreiche Faserverbund-Werkstoffe ermittelt. Es zeigte sich, dass die MW Wt für alle Faserverbund-Werkstoffe, bei denen die Matrix eine funktionale Komponente enthält, die mit den Fasern reagieren kann, deutlich $< 10 \mu\text{m}$ ist, wohingegen sie bei Faserverbund-Werkstoffen mit vergleichbaren PA6- und PD(OD)-Matrices deutlich $< 10 \mu\text{m}$ ist. Auch die ermittelten Raumittenwerte waren deutlich niedriger für erfindungsgemäße Faserverbund-Werkstoffe. Beispielhaft zeigen dies die untenstehenden, gemessenen Werte.

35

Tabelle 8. Messergebnisse der LSM-Vermessung mit SAN-Matrixsystem - Wellentiefe (Wt) und Raumittenwert (Ra)

	SAN(1)				PC(1)	PA6(1)
Aufbau	+GF-KG(PD)(4)					
Komponenten	M1b+PD	M2+PD	M2b+PD	M3b+PD	PC(OD)+ PD	PA6+ PD
MW Wt	7,141	7,187	5,181	5,425	11,745	12,323
MW Ra	3,995	4,415	4,17	3,451	6,406	4,968

Ebenso deutlich wurde dies, wenn anstelle des Gewebes ein Gelege (wie Sae) eingesetzt wird:

- 5 Tabelle 9. Messergebnisse der LSM-Vermessung mit SAN-Matrixsystem - Wellentiefe (Wt) und Raummittelwert (Ra)

Aufbau	SAN(1)		PA6(1)
Aufbau	+Sae(4)		
Komponenten	M1b+Sae	M2b+Sae	
MW Wt	5,535	5,205	17,05
MW Ra	4,261	4,24	4,861

- 10 In weiteren Versuchen wurde die Festigkeit in Kett- und in Schussrichtung gesondert untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die Faserverbund-Werkstoffe sowohl in Kett- wie auch in Schussrichtung sehr stabil sind. In Ketttrichtung sind die faserverbund-Werkstoffe in der Regel noch stabiler als in Schussrichtung.

Mechanische Eigenschaften

- 15

Matrix-Komponenten A

Die Matrix-Komponenten A sind wie oben beschrieben.

Faser-Komponenten B (sofern nicht oben beschrieben)

- 20 FG290 = Glasfilament-Gewebe 290g/m², Herstellerbezeichnung: Hexcel HexForce® 01202 1000 TF970

FG320 = Glasfilament-Gewebe 320g/m², Herstellerbezeichnung: PD Glasseide GmbH Oschatz EC14-320-350

- 25

Sae = MuAx313, Glasfilament-Gelege 300g/m², Herstellerbezeichnung: Saertex X-E-PA-313-655

Sae n.s. = Glasfilament-Gelege 300g/m², Herstellerbezeichnung: Saertex new sizing, +45°/-45°/+45°/-45°

- 5 Anzahl an Schichten (z.B. 4x = vier Schichten des jeweiligen Fasergeleges bzw. der jeweiligen Fasern)

10 Hergestellt wurden folgende transparente Faserverbund-Werkstoffe, in die jeweils flächiges Fasermaterial eingebracht wurde. Die hergestellten Faserverbund-Werkstoffe wiesen jeweils eine Dicke von etwa 1,1 mm auf. Um die Vergleichbarkeit der Proben weiter zu erhöhen, wurden auf die hergestellten Faserverbund-Werkstoffe jeweils beidseitig ein dünnes Glasfaservlies (GV50, siehe oben) aufgebracht. Dieses hat keinen merklichen Einfluss auf die mechanischen oder optischen Eigenschaften. Für die Proben wurden folgende Biegefestigkeiten nach DIN EN ISO 14125 ermittelt:

15

Tabelle 10. Transparente Faserverbund-Werkstoffe - Biegefestigkeit

Nr.	Aufbau	Glasanteil [g/m ²]	Matrix	Dicke [mm]	E-Modul	Biegefestigkeit
F/T_1	4xFG290	1260	M2	1,09	18,41	658,89
F/T_2	4xFG320	1380	M2	1,09	18,17	634,32
F/T_3	4xSae	1352	M2	1,16	18,44	444,33
F/T_4	Sae n.s.		M2	1,17	15,93	621,04
F/T_5	4xFG320	1380	PC(OD)	1,14	23,36	377,97

20 Hergestellt wurden zudem folgende schwarz eingefärbte Faserverbund-Werkstoffe, bei denen der Matrix 2 Gew.-% Industrieruß beigemischt und in die jeweils flächiges Fasermaterial eingebracht wurde. Die hergestellten Faserverbund-Werkstoffe wiesen jeweils eine Dicke von etwa 1,1 mm auf. Um die Vergleichbarkeit der Proben weiter zu erhöhen, wurden auf die hergestellten Faserverbund-Werkstoffe jeweils beidseitig ein dünnes Glasfaservlies (GV50, siehe oben) aufgebracht. Dieses hat keinen merklichen Einfluss auf die mechanischen oder optischen Eigenschaften. Für die Proben wurden

25 folgende Biegefestigkeiten nach DIN EN ISO 14125 ermittelt:

Tabelle 11. Intransparente Faserverbund-Werkstoffe - Biegefestigkeit

Nr.	Aufbau	Glasanteil [g/m ²]	Matrix	Dicke [mm]	E-Modul	Biegefestigkeit
F/S_1	4xFG290	1260	M2	1,07	21,61	661,73
F/S_2	4xFG320	1380	M2	1,20	22,70	673,99

F/S_3	4xSae	1352	M2	1,15	14,92	385,21
F/S_4	4xSae	1352	PA6	1,13	14,30	477,77
F/S_5	4xFG320	1380	PA6	1,11	16,95	471,97

Zusammenfassend zeigte sich, dass die eingesetzten Gewebe (FG290 und FG320) zu Faserverbund-Werkstoffen mit besonders hoher Biegefestigkeit verarbeitet werden können. Die erfindungsgemäßen Faserverbund-Werkstoffe, bei denen die Matrix eine mit den Fasern reagierende Komponenten (hier: Maleinsäureanhydrid (MA)) enthält, weisen eine signifikant höhere Biegefestigkeit auf als die Vergleichsformmassen ohne eine solche Komponente, wie etwa PC(OD) oder PA6.

Im Vergleich dazu wurde für den nicht-erfindungsgemäßen, mit Kurzglasfasern verstärkten Faserverbund-Werkstoff Luran 378P G7 lediglich eine Biegefestigkeit von 150 MPa gefunden, daher eine deutlich niedrigere Biegefestigkeit. Zusätzlich wurde für die Faserverbund-Werkstoffe die Schlagzähigkeit bzw. das Durchstoßverhalten (Dart Test nach ISO 6603) ermittelt. Auch hier zeigten die Faserverbund-Werkstoffe eine hohe Stabilität von $F_m > 3000$ N.

15 Optionale Weiterverarbeitung

Es konnte auch experimentell gezeigt werden, dass die erhaltenen Faserverbund-Werkstoffe gut zu dreidimensionalen Halbzeugen umformbar waren, wie beispielsweise zu halbschalenförmigen Halbzeugen. Es zeigte sich zudem, dass die erhaltenen Faserverbund-Werkstoffe bedruckbar und kaschierbar waren.

20

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Die Evaluierung von unterschiedlichen Textilsystemen auf Glasfaserbasis mit unterschiedlichen Matrixsystemen zu einem Faserverbund-Werkstoff (Organoblech) hat gezeigt, dass gute Faserverbund-Werkstoffe (als Organobleche und daraus hergestellten Halbzeugen) reproduzierbar hergestellt werden können. Diese können farblos oder farbig hergestellt werden. Die Faserverbund-Werkstoffe zeigten gute bis sehr gute optische, haptische und mechanische Eigenschaften (etwa bezüglich ihrer Biegefestigkeit und Durchstoßfestigkeit). Mechanisch zeigten die Gewebe etwas größere Festigkeit und Steifigkeit als Gelege. Die Styrol-Copolymer-basierten Matrices (SAN-Matrices) führten tendenziell zu besseren Faserverbund-Werkstoffen bezüglich der den mechanischen Kennwerte als die alternativen Matrices wie PC und PA6. Die erfindungsgemäßen Faserverbund-Werkstoffe ließen sich halb- bzw. vollautomatisch mittels eines Endlosverfahrens herstellen. Die erfindungsgemäßen Faserverbund-Werkstoffe (Organobleche) lassen sich gut zu dreidimensionalen Halbzeugen umformen.

35

Patentansprüche

1. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur,
aufgebaut aus:
- 5
- A) mindestens einer thermoplastischen Werkstoff-Schicht w,
enthaltend als Komponenten bei der Herstellung
- a) mindestens eine thermoplastische Formmasse A als Matrix,
b) mindestens eine Lage aus Verstärkungsfasern B, und
- 10 c) optional mindestens ein Additiv C,
wobei die mindestens eine Lage der Verstärkungsfasern B in die Matrix der
thermoplastischen Formmasse A eingebettet ist, und
wobei die thermoplastische Formmasse A bei der Herstellung des Werkstoff-
Schicht w mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist, welche mit
15 chemischen Gruppen der Oberfläche der Verstärkungsfasern B reagiert; und
- B) mindestens einer weiteren thermoplastischen Schicht T, die von der
Schicht w verschieden ist, und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht S,
wobei diese weitere Schicht T und/oder S mit der Werkstoff-Schicht w dauerhaft
20 verbunden ist; zur Herstellung von Formteilen.
2. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß An-
spruch 1, wobei dieser aufgebaut aus:
- A) 10 bis 70 Gew.-% thermoplastische Werkstoff-Schicht w, enthaltend
- 25 a) 30 bis 95 Gew.-% der thermoplastischen Formmasse A,
b) 5 bis 70 Gew.-% der Verstärkungsfasern B,
c) 0 bis 40 Gew.-% mindestens eines Additivs C, und
- B) 30 bis 90 Gew.-% mindestens einer weiteren thermoplastischen Schicht T
und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht S.
- 30
3. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß An-
spruch 1 oder 2, wobei die thermoplastische Formmasse A amorph ist und auf
einem, durch eine chemisch reaktive Funktionalität modifizierten Styrol-
Copolymer basiert.
- 35
4. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß ei-
nem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die thermoplastische Formmasse A ausge-
wählt ist aus der Gruppe von, durch eine chemisch reaktive Funktionalität modifi-
zierten Copolymeren, bestehend aus: Styrol-Acrylnitril-Copolymere, α -
40 Methylstyrol-Acrylnitril-Copolymere, schlagzäh modifizierte Acrylnitril-Styrol-

Copolymere, insbesondere Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS) und Acrylnitril-Styrol-Acrylester-Copolymere (ASA), sowie Blends der genannten Copolymere mit Polycarbonat oder Polyamid.

- 5 5. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die chemisch reaktive Funktionalität der thermoplastischen Formmasse A basiert auf Komponenten ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Maleinsäureanhydrid, N-Phenylmaleinimid und Glycidyl(meth)acrylat.
- 10 6. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die thermoplastische Formmasse A von 0,1 bis 10 Gew.-% Monomere (A-I), bezogen auf die Menge an Komponente A, enthält, wobei diese Monomere eine chemisch reaktive Funktionalität aufweisen.
- 15 7. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Verstärkungsfasern B an der Oberfläche eine oder mehrere chemisch reaktive Funktionalitäten aus der Gruppe Hydroxy-, Ester- und Amino-Gruppen enthalten.
- 20 8. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Verstärkungsfasern B aus Glasfasern bestehen, welche als chemisch reaktive Funktionalität Silanol-Gruppen an der Oberfläche enthalten.
- 25 9. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Verstärkungsfasern B in Form eines Geleges, eines Gewebes, einer Matte, eines Vlieses oder eines Gewirkes in einem durch Maleinsäureanhydrid modifizierten Styrol-Copolymer als Formmasse A eingesetzt werden.
- 30 10. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Werkstoff-Schicht w eine Dicke von <100 mm, vorzugsweise von <10 mm, besonders von < 5 mm aufweist.
- 35 11. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Werkstoff-Schicht w eine Verrippung aufweist.

12. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die die Werkstoff-Schicht w mehr als drei Schichten enthält.
- 5 13. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die mindestens eine thermoplastische Schicht T und/oder mindestens eine Schaumstoff-Schicht S durch Lamination oder (Co-)Extrusion mit der Werkstoff-Schicht w verbunden sind.
- 10 14. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die thermoplastische Schicht T mit mindestens einer Kurz-, Lang- oder Endlosfaser S, insbesondere mit Carbon- oder Basaltfasern, verstärkt ist.
- 15 15. Faserverbund-Werkstoff W mit Sandwich-Struktur, enthaltend:
- A) mindestens eine thermoplastischen Werkstoff-Schicht w, enthaltend als Komponenten bei der Herstellung
- 20 a) mindestens eine thermoplastische Formmasse A als Matrix, b) mindestens eine Lage aus Verstärkungsfasern B, und c) optional mindestens ein Additiv C,
- wobei die mindestens eine Lage der Verstärkungsfasern B in die Matrix der thermoplastischen Formmasse A eingebettet ist, und
- 25 wobei die thermoplastische Formmasse A bei der Herstellung des Werkstoff-Schicht w mindestens eine chemisch reaktive Funktionalität aufweist, welche mit chemischen Gruppen der Oberfläche der Verstärkungsfasern B reagiert; und
- B) mindestens eine weitere thermoplastische Schicht T, die von der Schicht w verschieden ist, und/oder mindestens eine Schaumstoff-Schicht S, wobei diese weitere Schicht T und/oder S mit der Werkstoff-Schicht w dauerhaft verbunden ist.
- 30
16. Verwendung eines Faserverbund-Werkstoffs W mit Sandwich-Struktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei dieser aufgebaut aus:
- 35 A) 10 bis 70 Gew.-% thermoplastische Werkstoff-Schicht w, enthaltend
- a) 30 bis 95 Gew.-% der thermoplastischen Formmasse A,
- b) 5 bis 70 Gew.-% der Verstärkungsfasern B,
- c) 0 bis 40 Gew.-% mindestens eines Additivs C, und

- 5 B) 30 bis 90 Gew.-% mindestens einer weiteren thermoplastischen Schicht T und/oder mindestens einer Schaumstoff-Schicht S, wobei die Verstärkungsfasern B in Form eines Geleges, eines Gewebes, einer Matte, eines Vlieses oder eines Gewirkes in einem durch Maleinsäureanhydrid modifizierten Styrol-Copolymer als Formmasse A eingesetzt werden und wobei die Werkstoff-Schicht w optional mehr als drei Schichten enthält.

Fig. 1A

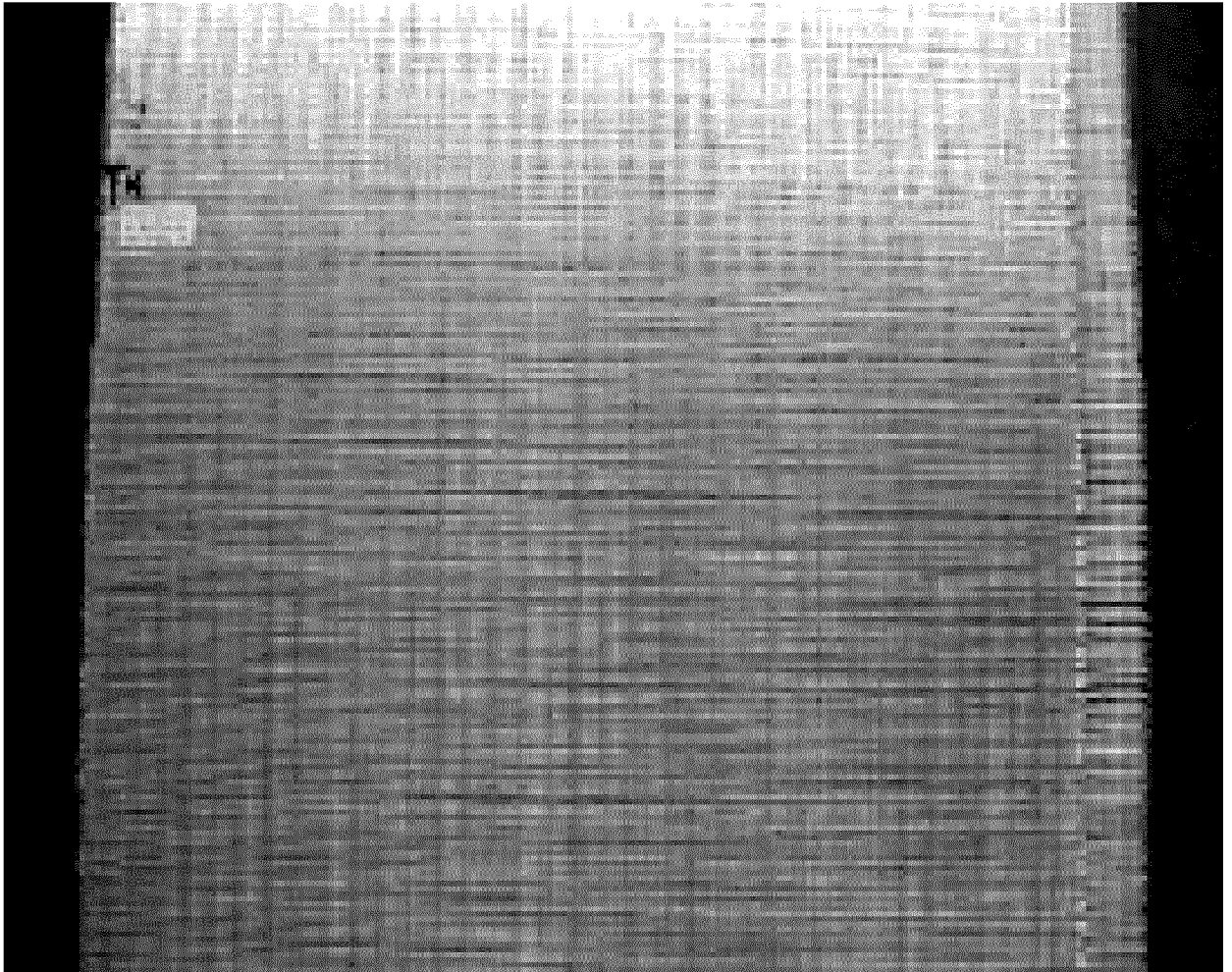


Fig. 1B

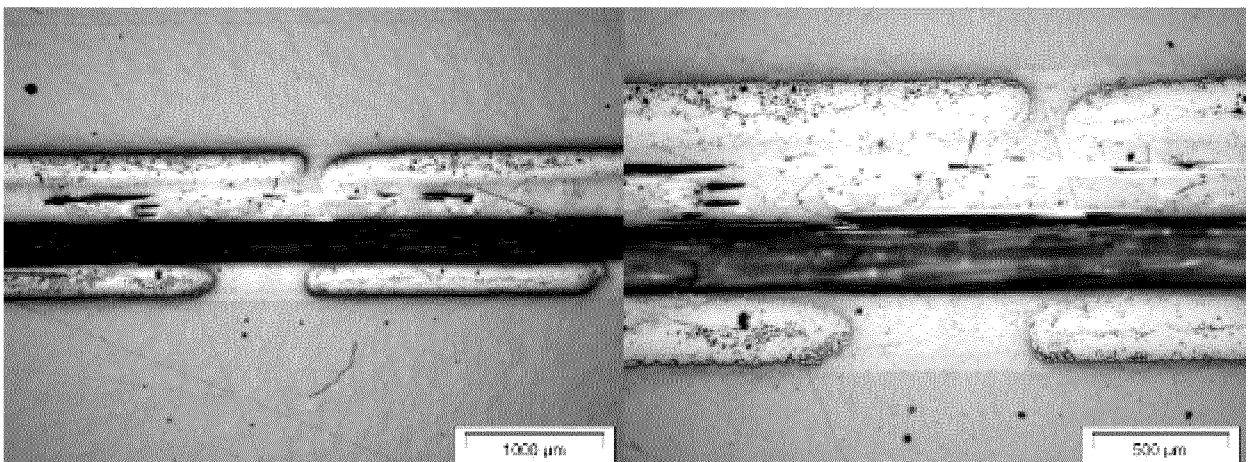


Fig. 1C

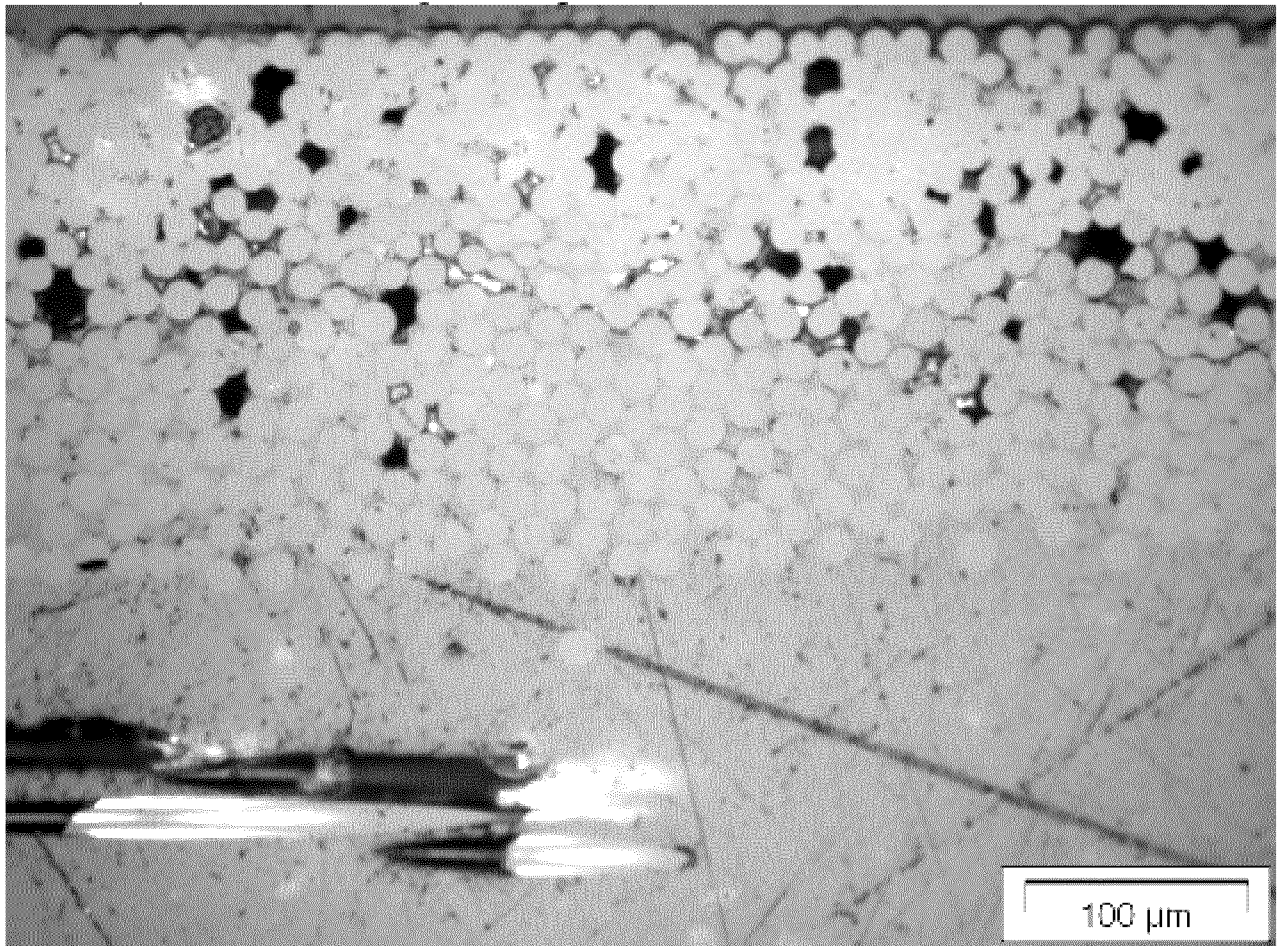


Fig. 2A

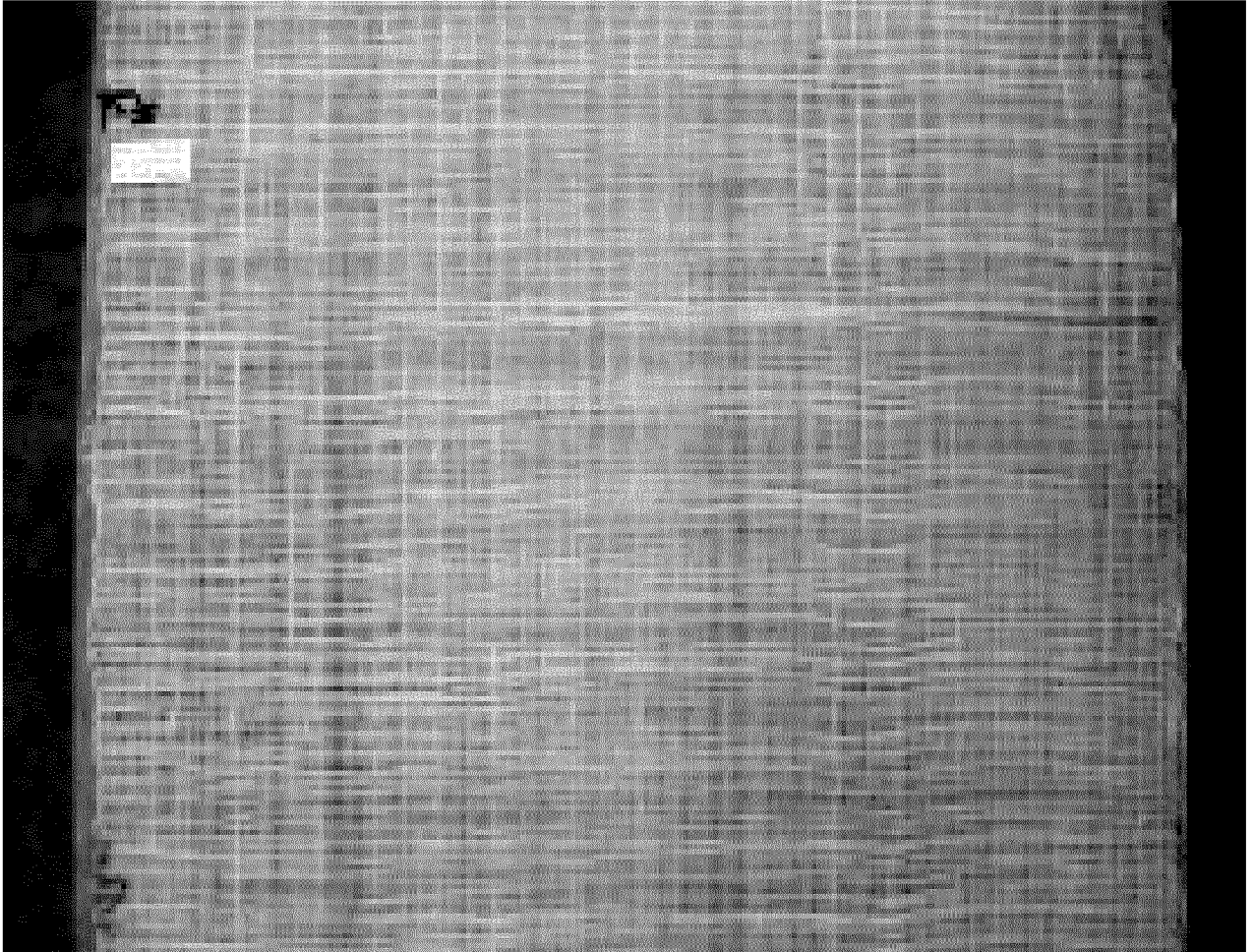


Fig. 2B

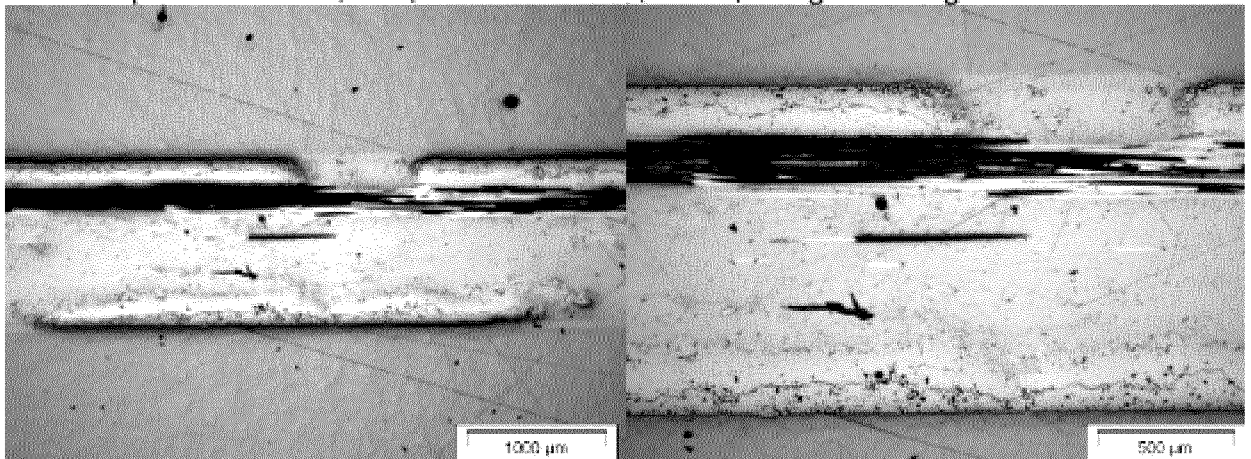


Fig. 2C

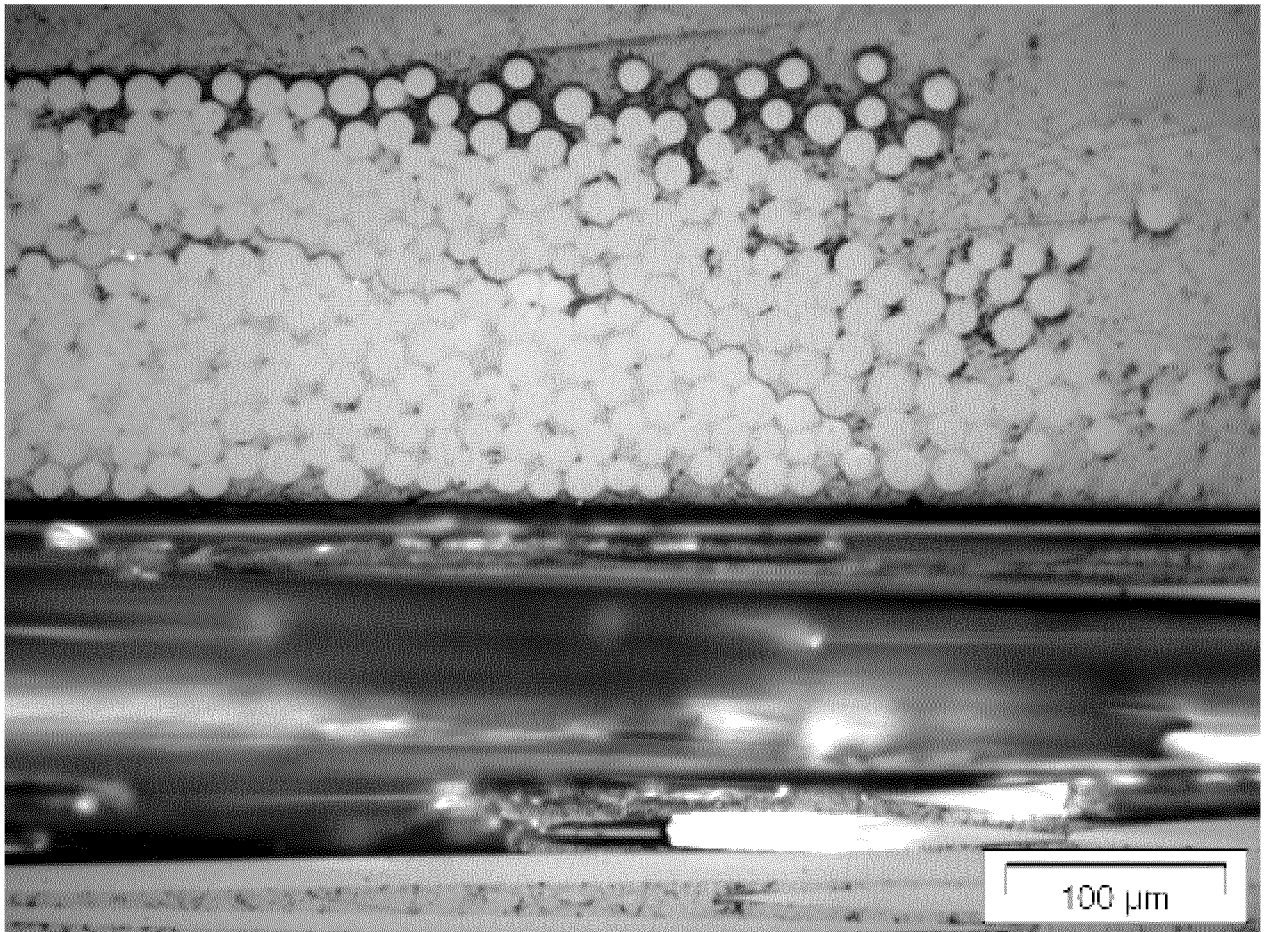


Fig. 3A

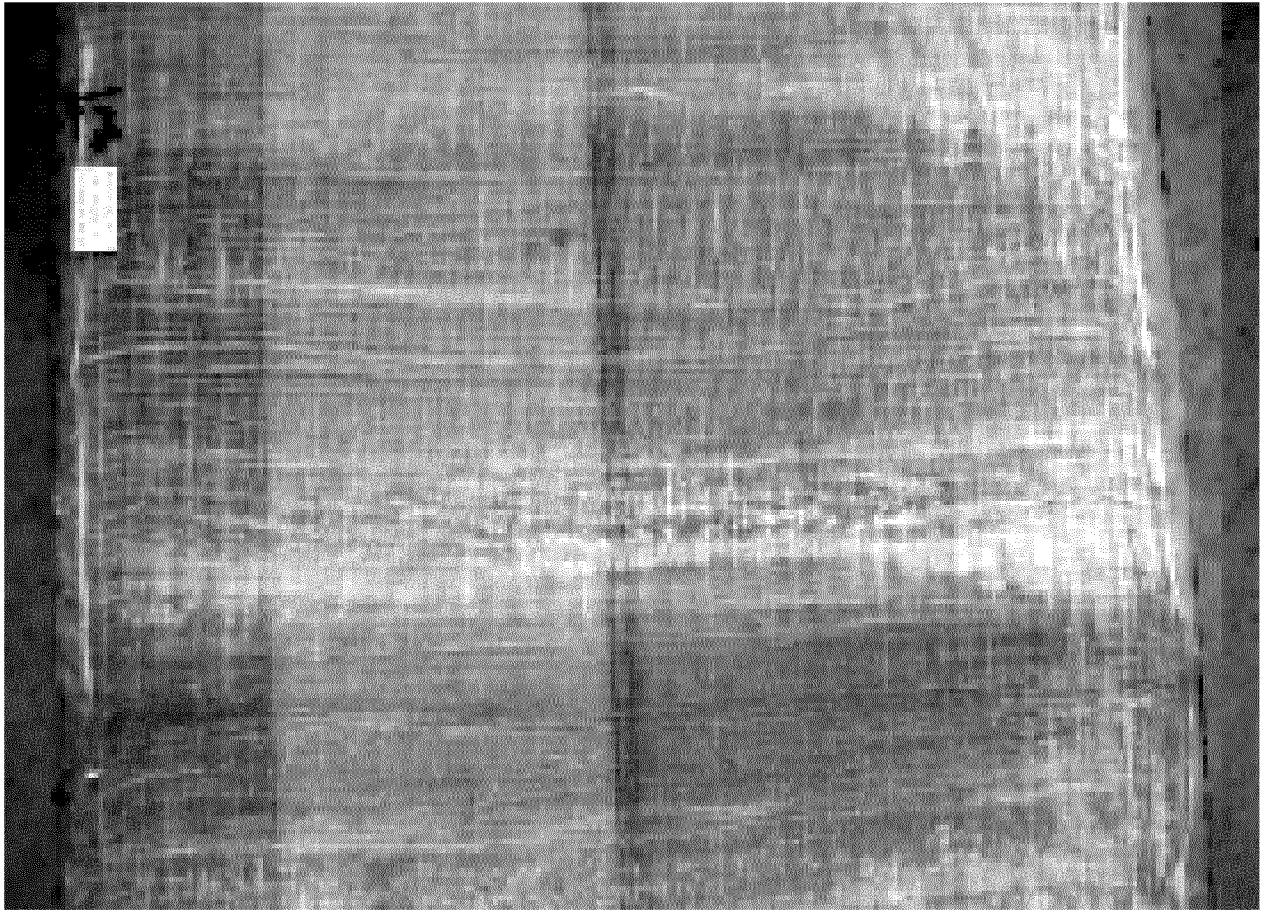


Fig.3B

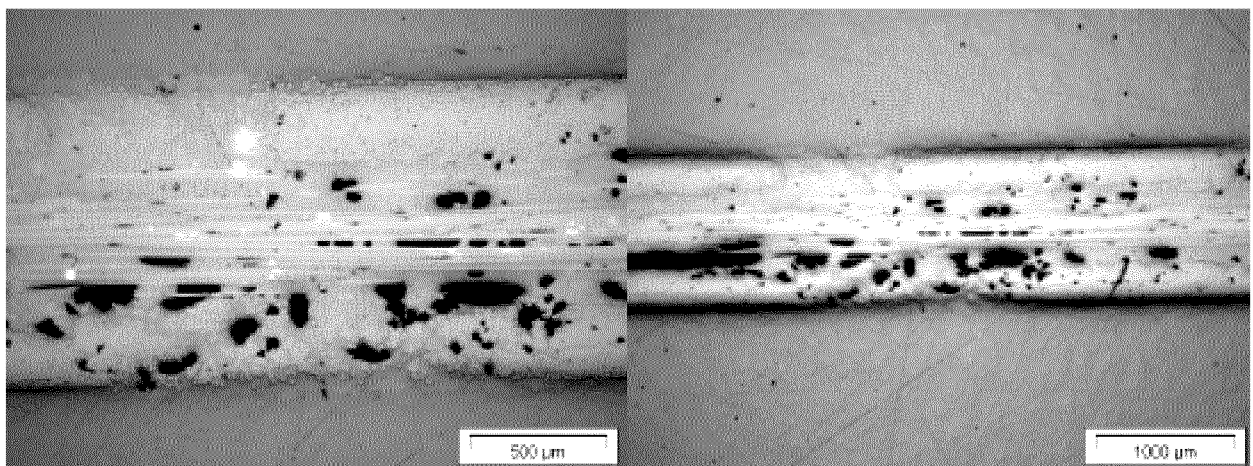


Fig. 3C

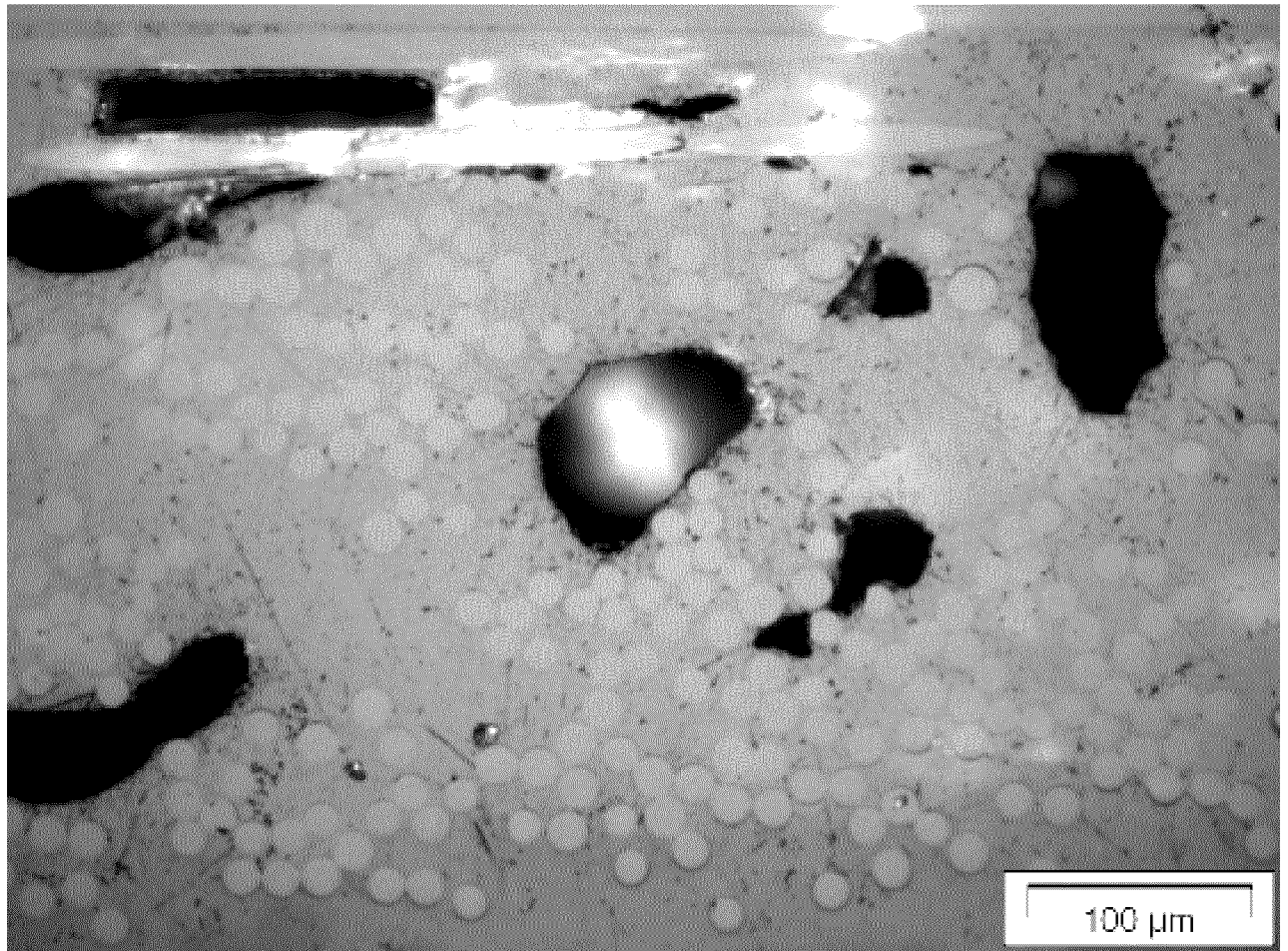


Fig. 4A

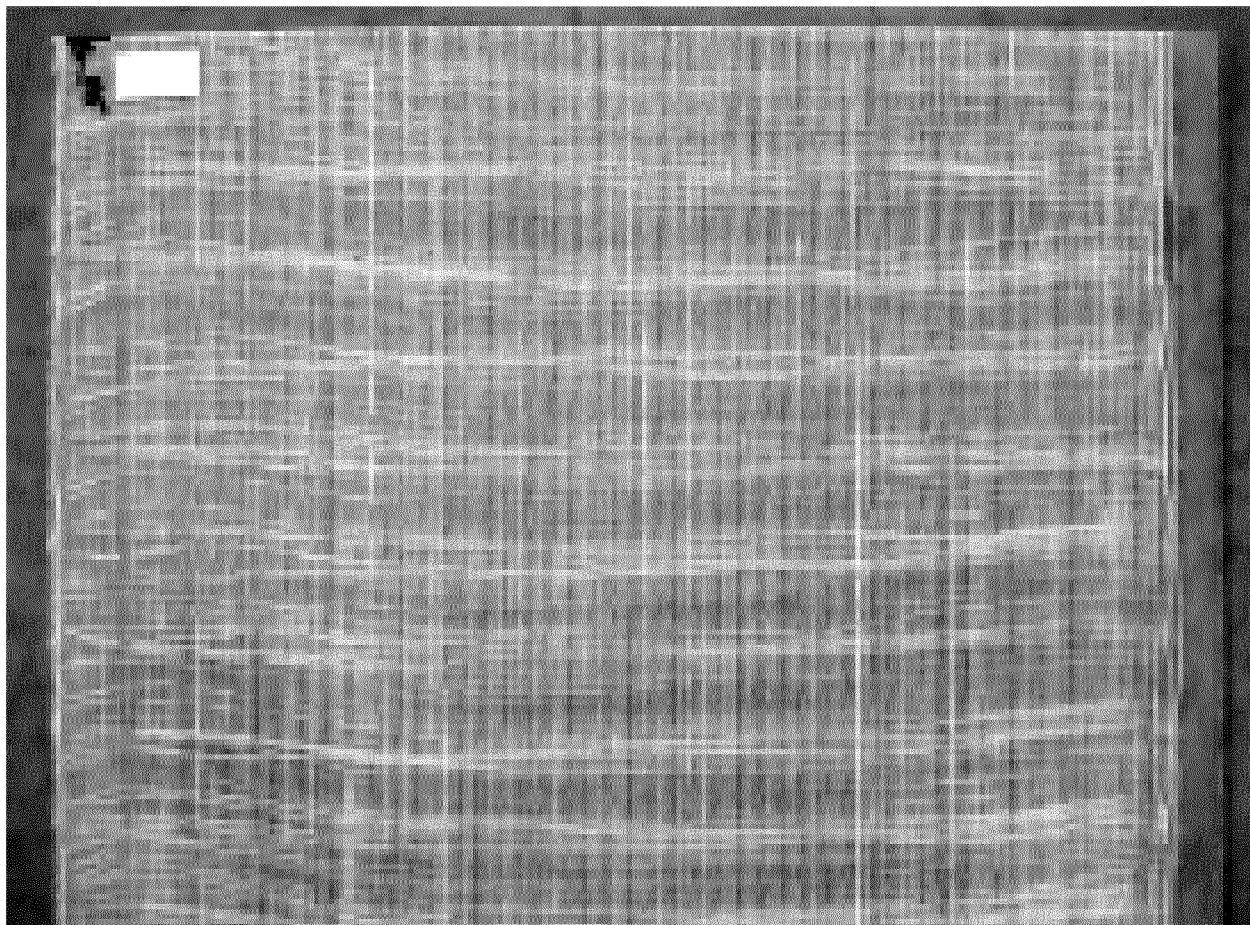


Fig. 4B

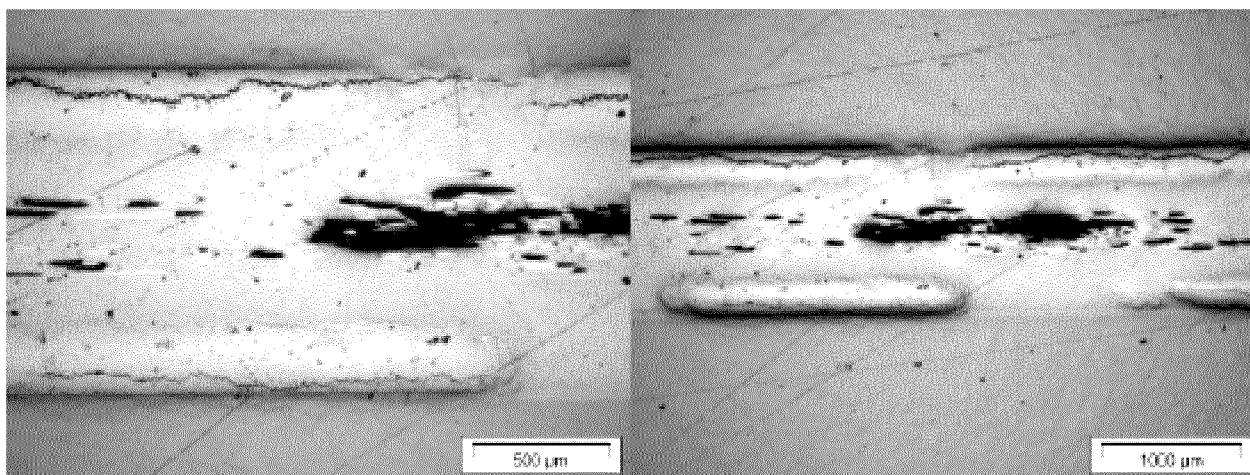


Fig. 4C

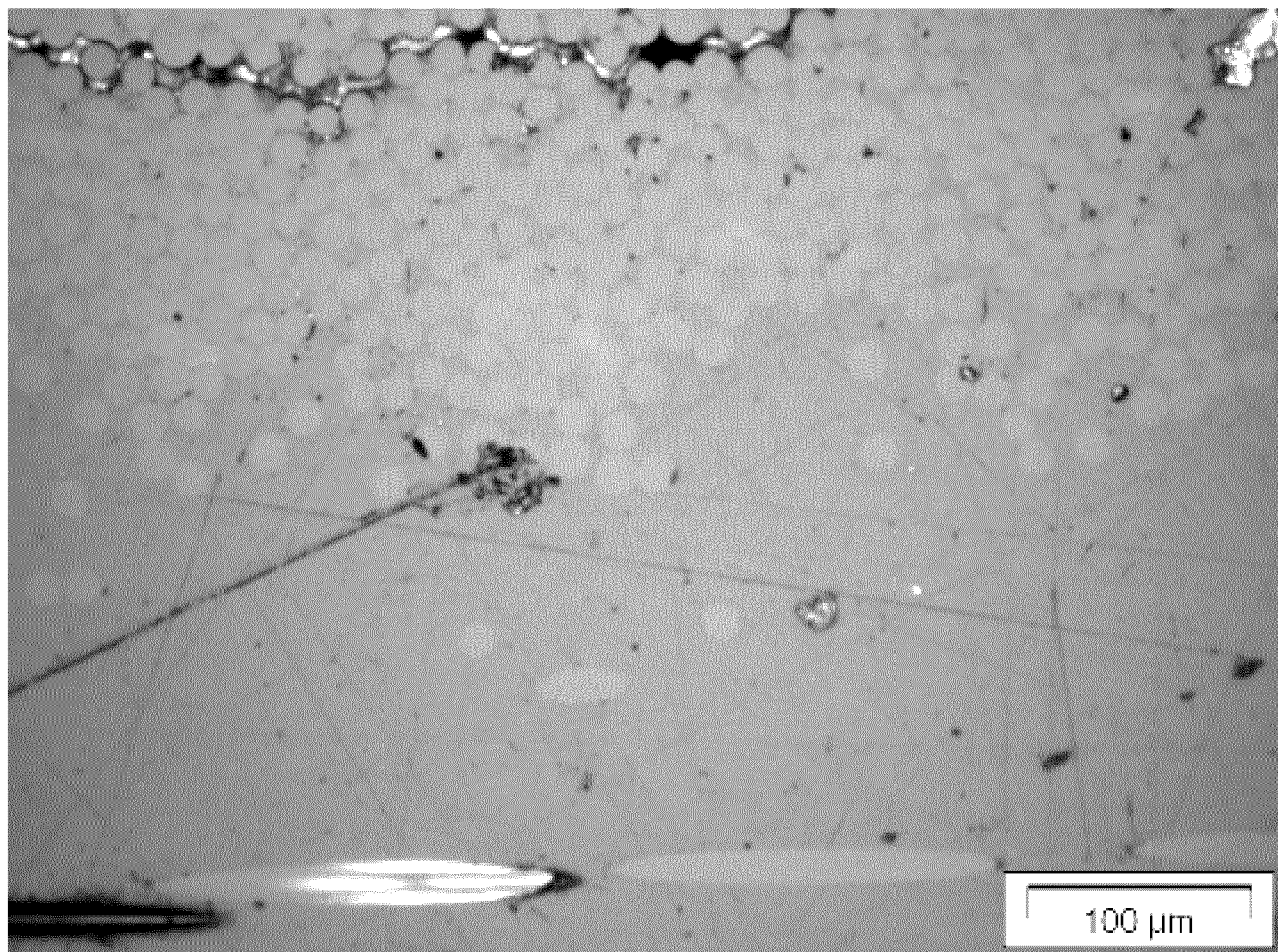


Fig. 5A

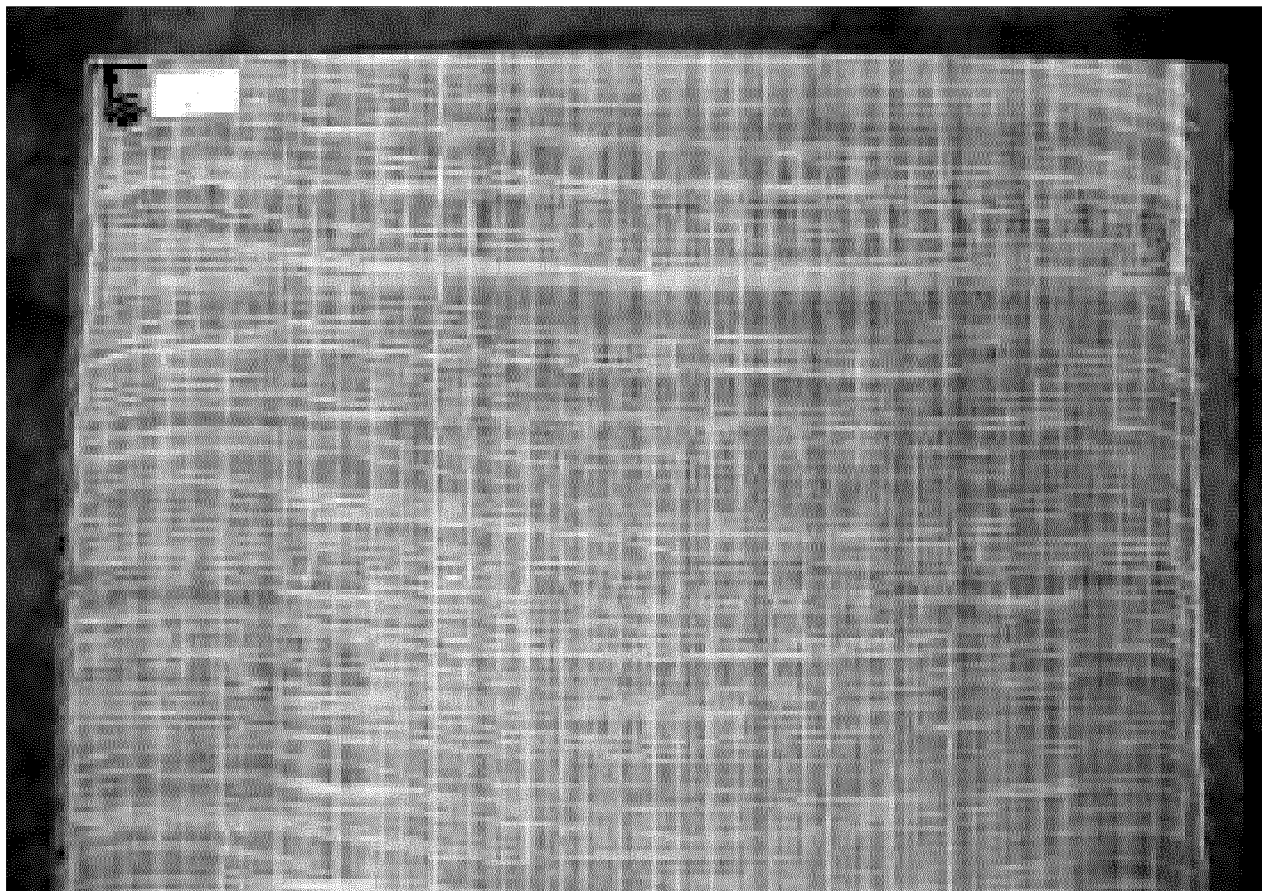


Fig. 5B

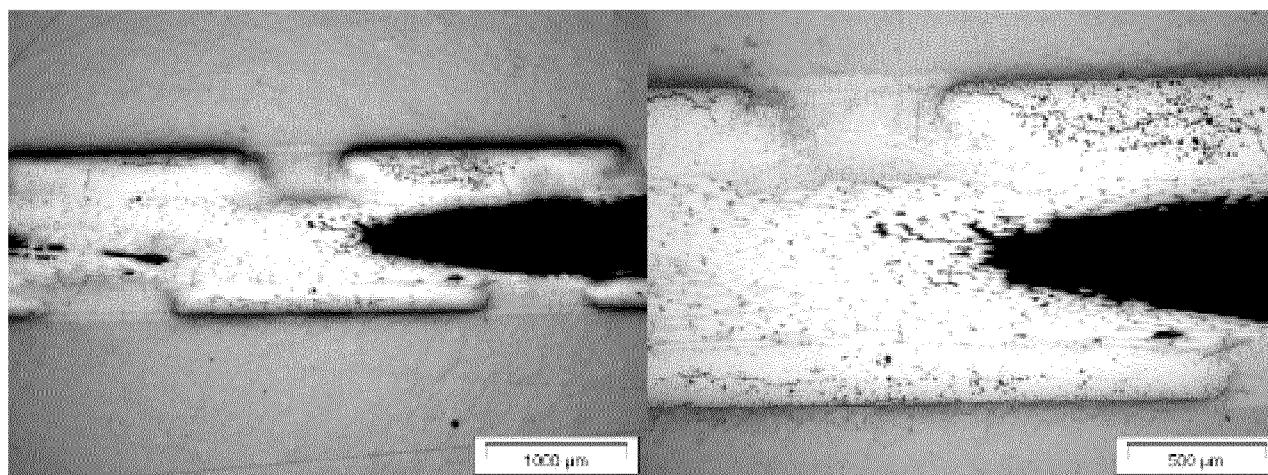


Fig. 5C

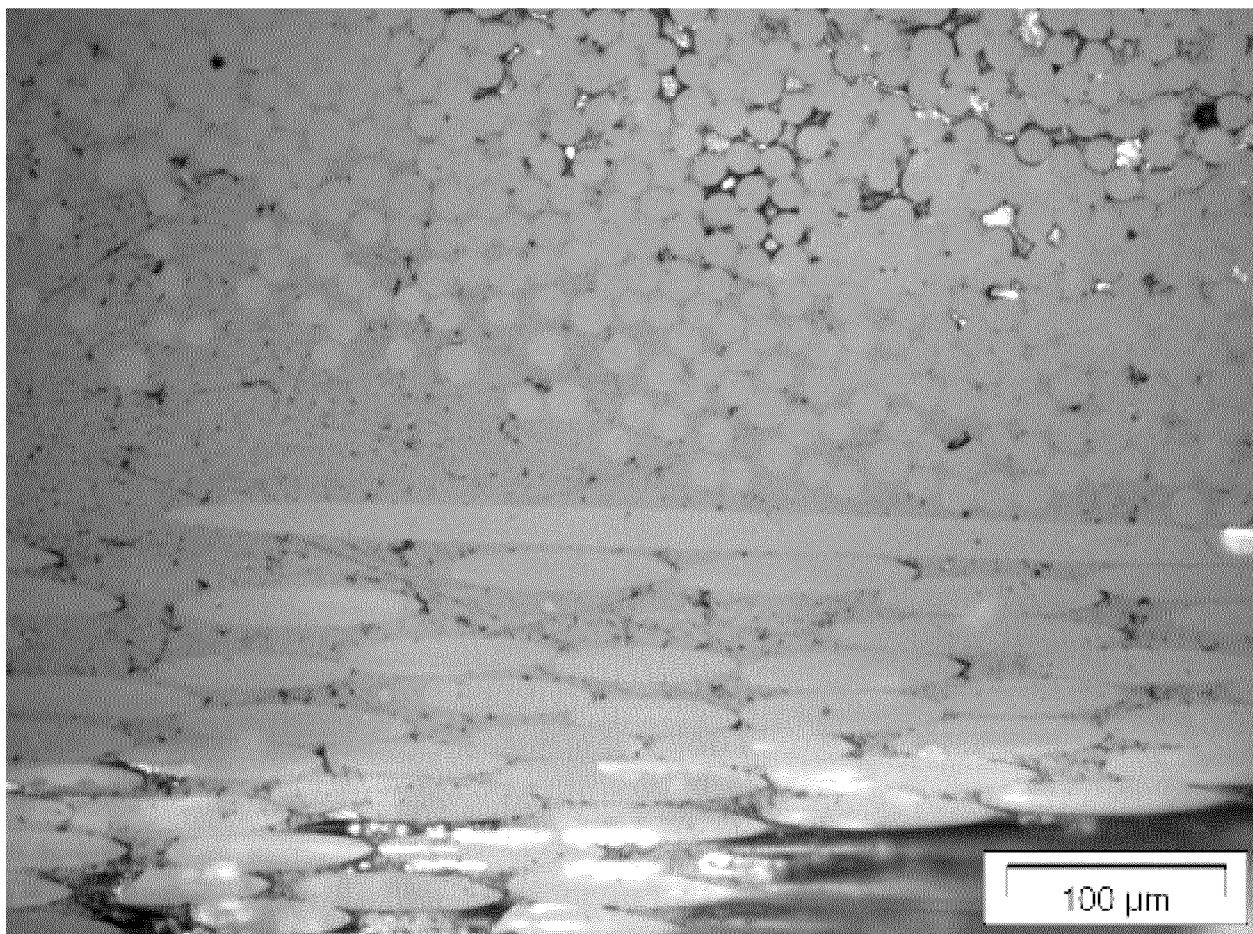


Fig. 6

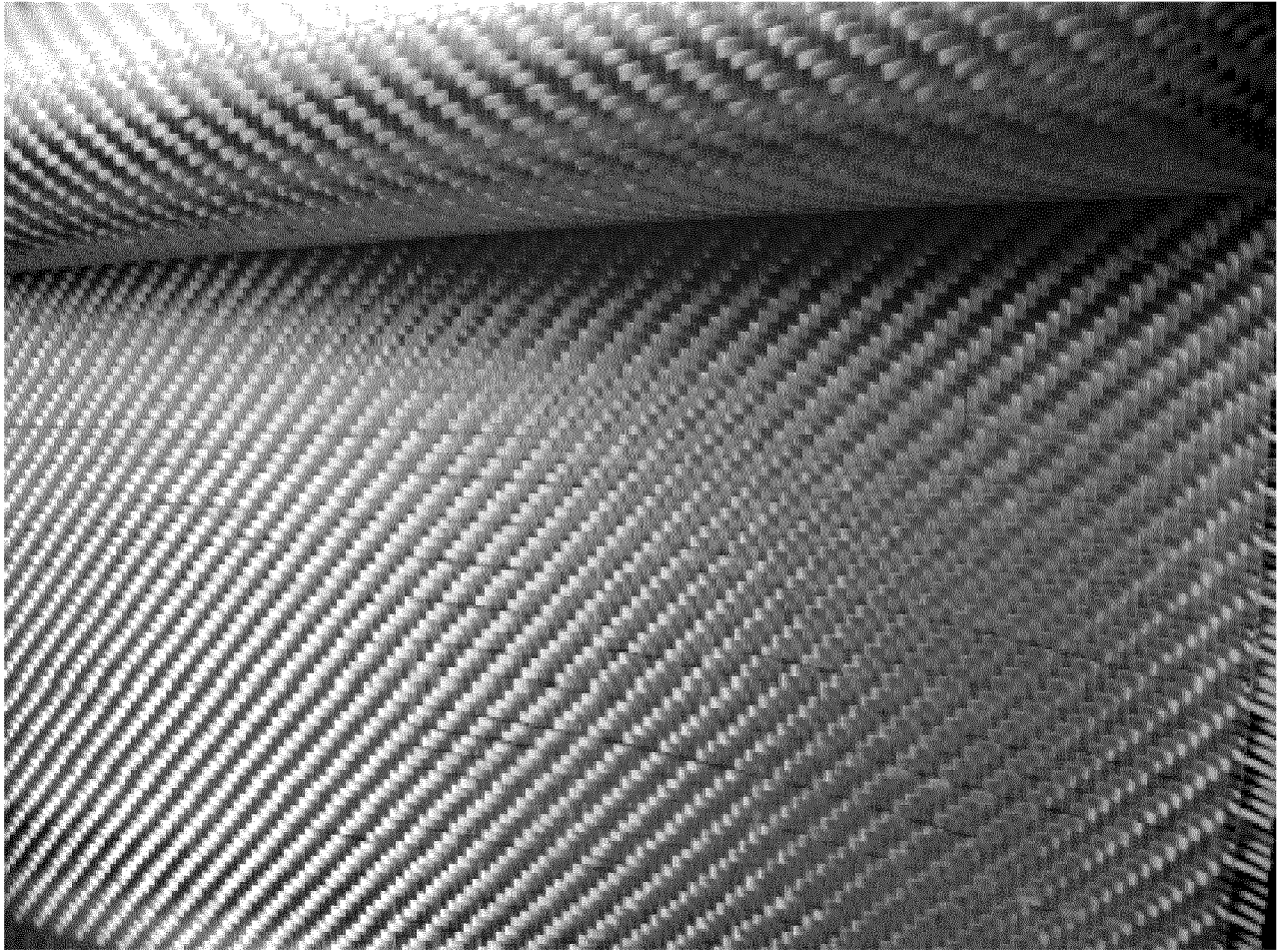
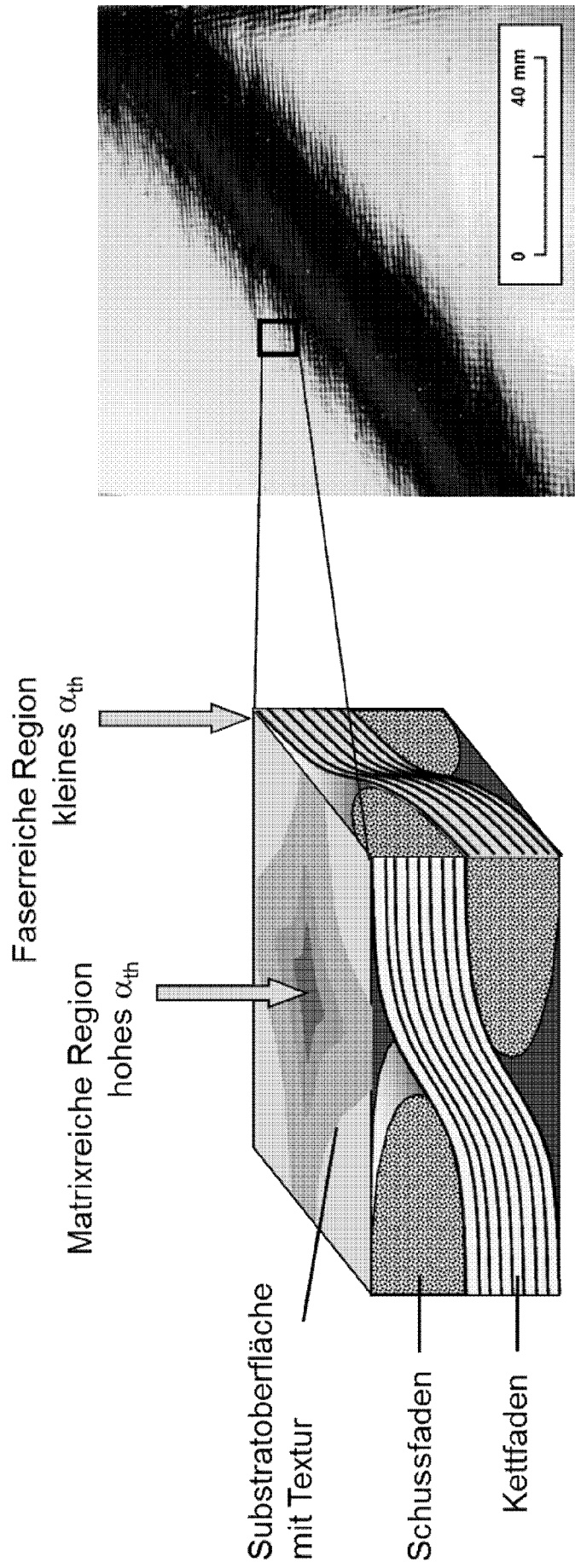


Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/059041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER					
INV.	B32B5/06	B32B5/22	B32B5/24	B32B5/26	B32B7/04
	B32B7/08	B32B27/30	B32B7/10	C08J5/08	C08K7/14
	C08L33/00	C08L35/00			
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC					

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B32B C08J C08K C08L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
T	US 5 271 982 A (VERPOEST IGNACE H J M [NL] ET AL) 21 December 1993 (1993-12-21) column 2, line 61 - column 3, lines 19-2, 44-51; claims 1-3,,10,16; figures 2-2 -----	1
T	EP 0 356 930 A2 (GOODRICH CO B F [US]) 7 March 1990 (1990-03-07) claims 1-3,5-10,13,16,18-20; figure 3 -----	1
T	US 6 743 742 B1 (LAROCCO MICHAEL C [US] ET AL) 1 June 2004 (2004-06-01) column 3, line 14; claims 1-5, 9; figures 1,5 -----	1
T	US 5 482 756 A (BERGER JEFFREY L [US] ET AL) 9 January 1996 (1996-01-09) column 3, lines 1-25; claims 1,6, 10-12,14-16; figure 1 -----	1
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 15 July 2016	Date of mailing of the international search report 21/07/2016
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Derz, Thomas
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/059041

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
T	DE 689 15 220 T2 (MITSUBISHI RAYON CO [JP]) 29 September 1994 (1994-09-29) page 5 - page 9, line 16; claims 1,4; figures 1a,2	1
Y	----- WO 2011/023541 A1 (BASF SE [DE]; BLINZLER MARKO [DE]; HERRMANN THORSTEN [DE]) 3 March 2011 (2011-03-03) page 6, lines 2-33 - page 11, line 8; claims 1, 2,4,5,7-9 page 4, lines 20-26	1-9,15
A	----- WO 2008/110539 A1 (BASF SE [DE]; WEBER MARTIN [DE]; SCHUERMANN H [DE]; FLEISCHHAUER MARTI) 18 September 2008 (2008-09-18) page 10, lines 18-22; claims 1,3-5,7,11	1-10,15
Y	----- DATABASE WPI Week 200545 2005 Thomson Scientific, London, GB; AN 2005-438394 XP002759035, -& JP 2005 146431 A (MITSUBISHI RAYON CO LTD) 9 June 2005 (2005-06-09) paragraphs [0008], [0009], [0029], [0043], [0064], [0068], [0073], [0076]; claims 1, 14-15	1-16
A	----- EP 1 923 420 A1 (BOND LAMINATES GMBH [DE]) 21 May 2008 (2008-05-21) paragraphs [0033], [0043] - [0044]; claims 1-3, 16-17	1,2
Y	----- DE 33 24 909 A1 (BAYER AG [DE]) 17 January 1985 (1985-01-17) page 11, line 1 - page 14, line 9; claim 1	1-4,7,8, 13-16
X	----- US 2002/094427 A1 (EDWARDS CHRISTOPHER M [US] ET AL) 18 July 2002 (2002-07-18) paragraphs [0005], [0006], [0013], [0020]; claims 1,4-6, 11, 14, 18	1,13-15
Y		2-12
X	----- US 6 165 604 A (EDWARDS CHRISTOPHER MICHAEL [GB] ET AL) 26 December 2000 (2000-12-26) example	1,2
X	----- US 2002/061968 A1 (YOSHIHARA NORI [JP] ET AL) 23 May 2002 (2002-05-23) paragraphs [0015], [0017] - [0018], [0022] - [0023], [0041] - [0045]; claims 1-2, 4; example 13A	1,13-15
	----- -/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/059041

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 700 952 A2 (ENICHEM SPA [IT]) 13 March 1996 (1996-03-13) claims 1-2,5; examples 1-10 -----	1,2,5, 13-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/059041

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5271982	A	21-12-1993	DE 9006958 U1 17-10-1991
			DE 9007289 U1 17-10-1991
			US 5271982 A 21-12-1993
EP 0356930	A2	07-03-1990	CA 1309938 C 10-11-1992
			EP 0356930 A2 07-03-1990
			JP H02169237 A 29-06-1990
			US 4888228 A 19-12-1989
US 6743742	B1	01-06-2004	US 6743742 B1 01-06-2004
			US 2004188027 A1 30-09-2004
US 5482756	A	09-01-1996	BR 9101203 A 05-11-1991
			CA 2036247 A1 30-09-1991
			DE 69119137 D1 05-06-1996
			DE 69119137 T2 28-11-1996
			EP 0451944 A2 16-10-1991
			ES 2086484 T3 01-07-1996
			JP 3130956 B2 31-01-2001
			JP H05229071 A 07-09-1993
			US 5482756 A 09-01-1996
DE 68915220	T2	29-09-1994	DE 68915220 D1 16-06-1994
			DE 68915220 T2 29-09-1994
			EP 0352770 A2 31-01-1990
			JP H0239927 A 08-02-1990
			US 5143569 A 01-09-1992
WO 2011023541	A1	03-03-2011	NONE
WO 2008110539	A1	18-09-2008	NONE
JP 2005146431	A	09-06-2005	NONE
EP 1923420	A1	21-05-2008	AT 423804 T 15-03-2009
			EP 1923420 A1 21-05-2008
			ES 2320264 T3 20-05-2009
			WO 2008058971 A1 22-05-2008
DE 3324909	A1	17-01-1985	DE 3324909 A1 17-01-1985
			EP 0134445 A1 20-03-1985
			JP H0412742 B2 05-03-1992
			JP S6036557 A 25-02-1985
			US 4547533 A 15-10-1985
US 2002094427	A1	18-07-2002	DE 10201457 A1 02-01-2003
			US 2002094427 A1 18-07-2002
US 6165604	A	26-12-2000	AT 294832 T 15-05-2005
			BR 9810497 A 26-12-2001
			CA 2294963 A1 14-01-1999
			DE 69830056 D1 09-06-2005
			DE 69830056 T2 19-01-2006
			EP 0993487 A2 19-04-2000
			JP 2002508021 A 12-03-2002
			KR 20010014389 A 26-02-2001
			TW 517068 B 11-01-2003
			US 5891560 A 06-04-1999

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/059041

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
				US 6165604 A	26-12-2000
				WO 9901501 A2	14-01-1999
US 2002061968	A1	23-05-2002		DE 60122078 T2	15-02-2007
				EP 1191079 A2	27-03-2002
				US 2002061968 A1	23-05-2002
EP 0700952	A2	13-03-1996		AT 186933 T	15-12-1999
				CA 2157543 C	22-02-2000
				CN 1127806 A	31-07-1996
				DE 69513466 D1	30-12-1999
				DE 69513466 T2	13-07-2000
				DK 0700952 T3	25-04-2000
				EP 0700952 A2	13-03-1996
				ES 2139125 T3	01-02-2000
				GR 3031976 T3	31-03-2000
				IT 1271002 B	26-05-1997
				JP H08193132 A	30-07-1996
				RU 2149932 C1	27-05-2000
				SG 46139 A1	20-02-1998
				US 5658510 A	19-08-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059041

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES					
INV.	B32B5/06	B32B5/22	B32B5/24	B32B5/26	B32B7/04
	B32B7/08	B32B27/30	B32B7/10	C08J5/08	C08K7/14
	C08L33/00	C08L35/00			

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTER GEBIETE
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B32B C08J C08K C08L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
T	US 5 271 982 A (VERPOEST IGNACE H J M [NL] ET AL) 21. Dezember 1993 (1993-12-21) Spalte 2, Zeile 61 - Spalte 3, Zeilen 19-2, 44-51; Ansprüche 1-3, 10, 16; Abbildungen 2-2	1
T	----- EP 0 356 930 A2 (GOODRICH CO B F [US]) 7. März 1990 (1990-03-07) Ansprüche 1-3, 5-10, 13, 16, 18-20; Abbildung 3	1
T	----- US 6 743 742 B1 (LAROCCO MICHAEL C [US] ET AL) 1. Juni 2004 (2004-06-01) Spalte 3, Zeile 14; Ansprüche 1-5, 9; Abbildungen 1, 5	1
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
15. Juli 2016	21/07/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Derz, Thomas
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
T	US 5 482 756 A (BERGER JEFFREY L [US] ET AL) 9. Januar 1996 (1996-01-09) Spalte 3, Zeilen 1-25; Ansprüche 1,6, 10-12,14-16; Abbildung 1 -----	1
T	DE 689 15 220 T2 (MITSUBISHI RAYON CO [JP]) 29. September 1994 (1994-09-29) Seite 5 - Seite 9, Zeile 16; Ansprüche 1,4; Abbildungen 1a,2 -----	1
Y	WO 2011/023541 A1 (BASF SE [DE]; BLINZLER MARKO [DE]; HERRMANN THORSTEN [DE]) 3. März 2011 (2011-03-03) Seite 6, Zeilen 2-33 - Seite 11, Zeile 8; Ansprüche 1, 2,4,5,7-9 Seite 4, Zeilen 20-26 -----	1-9,15
A	WO 2008/110539 A1 (BASF SE [DE]; WEBER MARTIN [DE]; SCHUERMANN H [DE]; FLEISCHHAUER MARTI) 18. September 2008 (2008-09-18) Seite 10, Zeilen 18-22; Ansprüche 1,3-5,7,11 -----	1-10,15
Y	DATABASE WPI Week 200545 2005 Thomson Scientific, London, GB; AN 2005-438394 XP002759035, -& JP 2005 146431 A (MITSUBISHI RAYON CO LTD) 9. Juni 2005 (2005-06-09) Absätze [0008], [0009], [0029], [0043], [0064], [0068], [0073], [0076]; Ansprüche 1, 14-15 -----	1-16
A	EP 1 923 420 A1 (BOND LAMINATES GMBH [DE]) 21. Mai 2008 (2008-05-21) Absätze [0033], [0043] - [0044]; Ansprüche 1-3, 16-17 -----	1,2
Y	DE 33 24 909 A1 (BAYER AG [DE]) 17. Januar 1985 (1985-01-17) Seite 11, Zeile 1 - Seite 14, Zeile 9; Anspruch 1 -----	1-4,7,8, 13-16
X	US 2002/094427 A1 (EDWARDS CHRISTOPHER M [US] ET AL) 18. Juli 2002 (2002-07-18) Absätze [0005], [0006], [0013], [0020]; Ansprüche 1,4-6, 11, 14, 18 -----	1,13-15
Y		2-12
X	US 6 165 604 A (EDWARDS CHRISTOPHER MICHAEL [GB] ET AL) 26. Dezember 2000 (2000-12-26) Beispiel -----	1,2
	-/--	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/061968 A1 (YOSHIHARA NORI [JP] ET AL) 23. Mai 2002 (2002-05-23) Absätze [0015], [0017] - [0018], [0022] - [0023], [0041] - [0045]; Ansprüche 1-2, 4; Beispiel 13A	1,13-15
X	----- EP 0 700 952 A2 (ENICHEM SPA [IT]) 13. März 1996 (1996-03-13) Ansprüche 1-2,5; Beispiele 1-10 -----	1,2,5, 13-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059041

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5271982	A	21-12-1993	DE 9006958 U1 17-10-1991
			DE 9007289 U1 17-10-1991
			US 5271982 A 21-12-1993
EP 0356930	A2	07-03-1990	CA 1309938 C 10-11-1992
			EP 0356930 A2 07-03-1990
			JP H02169237 A 29-06-1990
			US 4888228 A 19-12-1989
US 6743742	B1	01-06-2004	US 6743742 B1 01-06-2004
			US 2004188027 A1 30-09-2004
US 5482756	A	09-01-1996	BR 9101203 A 05-11-1991
			CA 2036247 A1 30-09-1991
			DE 69119137 D1 05-06-1996
			DE 69119137 T2 28-11-1996
			EP 0451944 A2 16-10-1991
			ES 2086484 T3 01-07-1996
			JP 3130956 B2 31-01-2001
			JP H05229071 A 07-09-1993
			US 5482756 A 09-01-1996
DE 68915220	T2	29-09-1994	DE 68915220 D1 16-06-1994
			DE 68915220 T2 29-09-1994
			EP 0352770 A2 31-01-1990
			JP H0239927 A 08-02-1990
			US 5143569 A 01-09-1992
WO 2011023541	A1	03-03-2011	KEINE
WO 2008110539	A1	18-09-2008	KEINE
JP 2005146431	A	09-06-2005	KEINE
EP 1923420	A1	21-05-2008	AT 423804 T 15-03-2009
			EP 1923420 A1 21-05-2008
			ES 2320264 T3 20-05-2009
			WO 2008058971 A1 22-05-2008
DE 3324909	A1	17-01-1985	DE 3324909 A1 17-01-1985
			EP 0134445 A1 20-03-1985
			JP H0412742 B2 05-03-1992
			JP S6036557 A 25-02-1985
			US 4547533 A 15-10-1985
US 2002094427	A1	18-07-2002	DE 10201457 A1 02-01-2003
			US 2002094427 A1 18-07-2002
US 6165604	A	26-12-2000	AT 294832 T 15-05-2005
			BR 9810497 A 26-12-2001
			CA 2294963 A1 14-01-1999
			DE 69830056 D1 09-06-2005
			DE 69830056 T2 19-01-2006
			EP 0993487 A2 19-04-2000
			JP 2002508021 A 12-03-2002
			KR 20010014389 A 26-02-2001
			TW 517068 B 11-01-2003
			US 5891560 A 06-04-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059041

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		US 6165604 A	26-12-2000
		WO 9901501 A2	14-01-1999

US 2002061968 A1	23-05-2002	DE 60122078 T2	15-02-2007
		EP 1191079 A2	27-03-2002
		US 2002061968 A1	23-05-2002

EP 0700952 A2	13-03-1996	AT 186933 T	15-12-1999
		CA 2157543 C	22-02-2000
		CN 1127806 A	31-07-1996
		DE 69513466 D1	30-12-1999
		DE 69513466 T2	13-07-2000
		DK 0700952 T3	25-04-2000
		EP 0700952 A2	13-03-1996
		ES 2139125 T3	01-02-2000
		GR 3031976 T3	31-03-2000
		IT 1271002 B	26-05-1997
		JP H08193132 A	30-07-1996
		RU 2149932 C1	27-05-2000
		SG 46139 A1	20-02-1998
		US 5658510 A	19-08-1997
