



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 04 972 T2 2004.05.19**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 155 067 B1**

(51) Int Cl.⁷: **C08J 9/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 04 972.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/03682**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 913 450.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/47657**

(86) PCT-Anmeldetag: **11.02.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **17.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **03.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.05.2004**

(30) Unionspriorität:

119816 P 12.02.1999 US

(73) Patentinhaber:

The Dow Chemical Co., Midland, Mich., US

(74) Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**FIBIGER, F., Richard, Midland, US; SUH, W.,
Kyung, Midland, US; BARGER, A., Mark, Midland,
US; SCHOMAKER, A., Joseph, Midland, US;
LIANG, Wenbin, Sugarland, US; MACKEY, A.,
George, Midland, US; TUNG, C., Harvey, Newark,
US**

(54) Bezeichnung: **NANOVERBUNDGEGENSTÄNDE UND HERSTELLUNGSVERFAHREN DAFÜR**

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

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

Beschreibung

[0001] Diese Anmeldung unterliegt einem Regierungskontrakt der Vereinigten Staaten mit dem Department of Commerce (NIST)-Advanced Technology Program Project #70NANB7H3028 der.

[0002] Diese Erfindung betrifft Polymersysteme, die mit entlaminieren oder aufgeblättern Mehrschichtsilikaten verstärkt sind, d.h. Nanoverbundpolymersysteme.

[0003] Nanoverbundpolymere sind Zusammensetzungen, die eine relativ hohe Menge (jedoch relativ geringes Gewicht) aufgeblättern Mehrschichtsilikatmaterial umfassen, das in einem gegebenen Volumen einer kontinuierlichen Polymermatrix verteilt ist, U.S. Patent 5,717,000 von Seema V. Karande, Chai-Jing Chou, Jitka H. Solc und Kyung W. Suh, welches hier durch Bezugnahme vollständig aufgenommen wird. Wie in dem Patent 5,717,000 diskutiert und wie im Stand der Technik bekannt ist, zeigen Nanoverbundpolymere verbesserte physikalische Eigenschaften bei viel geringerem Volumenprozent Füllstoff als herkömmlich gefüllte Polymere. Wenn z.B. Nanoverbundpolymere zu einer Folie geformt werden, kann das aufgeblättern Mehrschichtsilikatmaterial in der Richtung parallel zur Folienoberfläche orientiert werden, was zu den Barriereigenschaften der Folie beiträgt, Vereinigte Staaten Patent 5,164,460, welches hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt wird.

[0004] Die vorliegende Erfindung hat zwölf Ausführungsformen. Die erste Ausführungsform ist ein verbessertes Verfahren zum Herstellen eines Strukturschaumpolymers, umfassend die Schritte des Dispergierens eines gaserzeugenden Materials in einem Fluidpolymer bei einem ersten Druck, gefolgt von einem zweiten Druck, der geringer als der erste Druck ist, wobei der Unterschied zwischen dem ersten Druck und dem zweiten Druck ausreichend ist, um Gasblasen in dem Fluidpolymer zu erzeugen. Die Verbesserung umfasst den Schritt des Dispergierens eines Mehrschichtsilikatmaterials mit dem Polymer, sodass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer sind als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten.

[0005] Die zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes Strukturschaumpolymer, das Gaszellen, die Polymerwände aufweisen, umfasst. Die Verbesserung umfasst, dass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einfach-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer sind als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten.

[0006] Die dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes Verfahren zum Herstellen einer Mehrschichtpolymerfolie oder eines Mehrschichtpolymerfilms, umfassend die Schritte des Coextrudierens von Schichten aus mindestens zwei verschiedenen Polymeren oder mindestens zwei verschiedenen Schichten aus dem gleichen Polymer, um die Mehrschichtpolymerfolie oder den Mehrschichtpolymerfilm zu bilden. Die Verbesserung umfasst den Schritt des Dispergierens eines Mehrschichtsilikatmaterials mit mindestens einem Polymer, sodass mindestens ein Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer sind als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0007] Die vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbesserter Mehrschichtpolymerfilm, eine verbesserte Mehrschichtpolymerfolie oder ein verbesserter Mehrschichtpolymerschlauch, wobei die Schichten mindestens zwei verschiedene Polymere oder mindestens zwei Schichten des gleichen Polymers umfassen. Die Verbesserung umfasst, dass mindestens ein Polymer, in welchem Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten darin dispergiert ist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer sind als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0008] Die fünfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes Pultrusionsverfahren, umfassend die Schritte des Imprägnierens eines Verstärkungsfaserbündels mit einem Polymer und Bilden eines Strukturprofils. Die Verbesserung umfasst den Schritt des Dispergierens eines Mehrschichtsilikatmaterials mit dem Polymer, sodass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer sind als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0009] Die sechste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes Pultrusionsstrukturprofil, umfassend ein Verstärkungsfaserbündel, das mit einem Polymer imprägniert ist. Die Verbesserung umfasst, dass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0010] Die siebte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes Druckformverfahren, umfassend den Schritt des Druckformens einer mit extrudierter Faser verstärkter Polymervorform. Die Verbesserung umfasst den Schritt des Dispergierens eines Mehrschichtsilikatmaterials mit dem Polymer, sodass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0011] Die achte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbesserter Gegenstand, wobei der Gegenstand hergestellt ist durch Druckformen einer mit extrudierter Faser verstärkten Polymervorform. Die Verbesserung umfasst, dass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0012] Die neunte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes Verfahren zum Herstellen von stranggeschäumtem Polymer, umfassend die Schritte des Extrudierens eines Polymers durch mehrere Öffnungen, um Stränge zu bilden und dann Koaleszieren der Stränge. Die Verbesserung umfasst den Schritt des Dispergierens eines Mehrschichtsilikatmaterials mit dem Polymer, sodass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0013] Die zehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbesserter Strangschäumpolymergegenstand. Die Verbesserung umfasst, dass das Polymer, darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0014] Die elfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes SCORIM-Verfahren zum Formen bzw. Gießen eines Polymers in einen Gegenstand, umfassend den Schritt des Einbringens des Polymers in eine Form durch einen hin- und herbewegten Strom. Die Verbesserung umfasst den Schritt des Dispergierens eines Mehrschichtsilikatmaterials mit dem Polymer, sodass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0015] Die zwölfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein verbesserter SCORIM-Formpolymergegenstand. Die Verbesserung umfasst, dass das Polymer darin dispergierte Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten aufweist, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten sind.

[0016] In jeder der obigen Ausführungsformen ist ein wichtiger Vorteil der vorliegenden Erfindung die Orientierung der Ebene der Schichten aus Silikatmaterial. Im Spezielleren weisen die meisten der Schichten aus Silikatmaterial im Wesentlichen die gleiche Orientierung auf (innerhalb eines Winkels von dreißig Grad zur Hauptoberfläche des hergestellten Materials oder zur Grenzfläche einer Mehrschichtstruktur) und diese Orientierung verbessert die Eigenschaften des Produkts. In der Strukturschaumpolymerausführungsform ist die Orientierung parallel zur Zellwand, wobei z.B. etwa 70% der Schichten innerhalb von dreißig Grad parallel zur der Zellwand sind. In der Mehrschichtpolymerfolien-, Mehrschichtpolymerfilm- oder Mehrschichtpolymer-schlauch-Ausführungsform ist die Orientierung parallel zur Hauptoberfläche in der Folie, dem Film oder Schlauch. In der Pultrusionsausführungsform ist die Orientierung parallel zum Faserbündel. In der Druckfor-

mungsausführungsform ist die Orientierung parallel zu den Verstärkungsfasern. In der Strangschäumpolymerausführungsform werden die Schichten aus Silikatmaterial zum Teil durch das anfängliche Extrusionsverfahren vor dem Schäumen orientiert und weiter parallel zur Zellwand während dem Schäumen orientiert. In der SCORIM-Ausführungsform ist die Ausrichtung parallel zur Ebene des zu formenden Teils. Ein anderer wichtiger Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass ihre Gegenstände relativ groß (mehr als ein Kilogramm) im Vergleich zu Gegenständen sein können, die nach dem Stand der Technik hergestellt werden. Die Menge Mehrschichtsilikatmaterial, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ist vorzugsweise zwischen einem und zwanzig Gewichtsprozent.

[0017] Der Ausdruck "Mehrschichtsilikatmaterial" ist in der Nanoverbundtechnik allgemein bekannt und umfasst Phyllosilikattone und Schichtsilikate. Veranschaulichend für derartige Materialien sind Smectittonmineralien, wie etwa Montmorillonit-, Nontronit-, Beidellit-, Hectorit-, Saponit-, Sauconit- und Vermiculit-Tonmineralien. Dieser Ausdruck umfasst auch Illitmineralien, wie etwa Ledikit und Schichtsilikate, wie etwa Magadit und Kenyait. Bevorzugte Mehrschichtsilikatmaterialien sind Phyllosilikate des 2 : 1-Typs mit einer negativen Ladung auf den Schichten, im Bereich von 0,25 bis 1,5 Ladungen pro Formeleinheit und einer entsprechenden Anzahl austauschbarer Kationen in den Zwischenschichtplätzen. Bevorzugter sind Smectit-Tonmineralien, wie etwa Montmorillonit, Nontronit, Beidellit, Hectorit, Saponit, Sauconit und die Schichtsilikate Magadit und Kenyait.

[0018] Die Technik, die verwendet wird, um ein Mehrschichtsilikatmaterial in einem Polymer zu dispergieren oder "aufzublättern" ist in der vorliegenden Erfindung nicht kritisch, solange die Volumenprozent des Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschicht-Silikatmaterials, das so dispergiert oder "aufgeblättert" wird, größer als die Volumenprozent des Silikatmaterials sind, das mehr als fünf Schichten aufweist, welches dispergiert oder "aufgeblättert" wird. Zum Beispiel kann eine derartige Dispersion durchgeführt werden durch Polymerisieren von einem oder mehreren Monomeren mit einem behandelten Mehrschichtsilikatmaterial, wie im Vereinigte Staaten Patent 5,973,053 beschrieben, welches hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt wird, z.B. durch Schmelzmischen eines behandelten Mehrschichtsilikatmaterials mit einem Polymer, wie im Vereinigte Staaten Patent 5,385,776, welches hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt wird, beschrieben. Die Volumenprozent von Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach-, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten wird hier durch Elektronenmikroskopieuntersuchung einer repräsentativen Probe bestimmt, worin jede Schicht hier per Definition das gleiche Volumen aufweist.

[0019] Der Ausdruck "Strukturschaumpolymer" und eine Lehre grundsätzlicher Inhalte dieses Verfahrens und Artikel können in der Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Band 15, 1989, S. 771–797 gefunden werden, welche hier vollständig durch Bezugnahme eingebracht wird, und welche aus patentbezogener Sicht verschieden von den Schäumen ist, die in dem Vereinigte Staaten Patent 5,717,000 diskutiert werden. Die Minimaldichte eines derartigen Schaumprodukts ist häufig begrenzt durch die Fähigkeit der Zellwände den Belastungen zu widerstehen, welche während der Verwendung angewendet werden. Herkömmliche Füllstoffe mit relativ großer Größe, wie Talk, können verwendet werden, um die Zellwände zu verstärken. Jedoch kann dies zu vorzeitigem Bruch der Zellwand führen, wenn die Wanddicke die Größe der Füllstoffteilchen erreicht. Dies kann die untere Dichte eines Schaums begrenzen, welche hergestellt werden kann. Zusätzlich ist eine Erhöhung der Schmelzfestigkeit des Polymers für dünnere Zellwände wünschenswert und herkömmliche Füllstoffe ändern die Schmelzfestigkeit nicht wesentlich. Die Orientierung der Idealerweise einschichtig geformten Nanofüllstoffe der vorliegenden Erfindung (und die Tatsache, dass wenn sie einmal ausgerichtet sind, sie sich über einen Querschnitt von weniger als einigen Nanometer über die Dicke der Zellwände erstrecken), kann diese Schwierigkeiten umgehen und zu Schaumprodukten mit geringerer Dichte mit guten Belastbarkeitseigenschaften führen. Das hohe Aspektverhältnis der Nanofüllstoffe der vorliegenden Erfindung erhöht auch dramatisch die Polymerschmelzfestigkeit und erzeugt Zusammensetzungen, worin die Zellwand die maximale Verstärkung sowohl im geschmolzenen als auch verfestigten Zustand erfährt. Daher kann ein Schaum mit geringerer Dichte hergestellt werden, welcher ähnliche Leistungsfähigkeit wie hochdichte Produkte aufweist.

[0020] Der Ausdruck "Mehrschichtpolymerfolie, Mehrschichtpolymerfilm oder Mehrschichtpolymerschlauch" ist definiert in und eine grundsätzliche Lehre in Bezug auf dieses Verfahren und Artikel hierzu werden gefunden in der Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Band 7, 1987, S. 106–127, welche hier durch Bezugnahme vollständig eingebracht wird, und in den Vereinigte Staaten Patenten 3,576,707, 4,122,138, 5,443,874, 5,129,544, 5,441,781, 4,005,967, 3,739,052, 3,947,204 und 3,884,606, welche alle hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt werden. Das Mehrschichtcoextrusionsverfahren ist kommerziell verwendet worden, um einzigartige Gegenstände, Schläuche, Folien und Filme mit 3 bis 10 Schichten herzustellen. Es erlaubt die Herstellung von Produkten mit Schichten, die dünner sind als diejenigen, die als eine einzelne Schicht hergestellt und gehandhabt werden können. Die Schichten können individuell spezifische Beiträge zur Gesamtstruktur liefern, wie etwa Barriereigenschaften, mechanische Festigkeit, Bedruckbarkeit oder Adhäsion. Das Mehrschichtextrusionsverfahren der vorliegenden Erfindung kann natürlich mit anderen Verfahren gekoppelt werden, wie etwa Festphasenformen, Blasformen, Streckblasformen, Spritzblasformen und Thermoformen, um Formgegenstände herzustellen.

[0021] Das Mehrschichtcoextrusionsverfahren nach dem Stand der Technik weist die Schwierigkeiten der Abstimmung der Rheologie getrennter Schichten auf. Nicht übereinstimmende Rheologie kann zu geringer Zwischenschichtadhäsion, gewellter Grenzfläche und in extremen Fällen zu einem Aufbrechen der Grenzfläche führen. Daher können schlechte optische Eigenschaften und verschlechterte physikalische Eigenschaften erzeugt werden. Es wäre ebenfalls vorteilhaft, die Dicke der einzelnen Schichten zu verringern, um Materialkosten einzusparen. Die Verringerung der Dicke erfordert verbesserte Leistungsfähigkeit als auch sehr gleichförmige Schichtstrukturen. Herkömmliche Füllstoffe mit relativ großer Größe, wie Talk, können nicht allgemein in Schichten unter 50 Mikrometer Dicke verwendet werden, da derartige herkömmliche Füllstoffe Defekte und Flussinstabilitäten erzeugen. Extrusionsformverfahren liefern häufig verbesserte Festigkeit in der Maschinen-(Extrusions)-Richtung, sind jedoch schwächer in der Querrichtung. Mechanische Verfahren, wie etwa Formen unter Rotation, sind entwickelt worden, um dieses Problem zu lösen, jedoch erfordern sie eine zusätzliche Spezialausstattung. Ein einfaches Verfahren zum Aufrechterhalten biaxialer Festigkeit ist gewünscht.

[0022] In dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird gefunden, dass das leichte Ausrichten der plättchenartigen Nanofüllstoffe ein Verfahren liefert, um die Eigenschaften sowohl in dünnen Schichten als auch relativ dicken Schichten in einem Mehrschichtcoextrusionsgegenstand zu optimieren. Die plättchenartigen Nanofüllstoffe der vorliegenden Erfindung verleihen Schichten mit geringer Viskosität zusätzliche Schmelzfestigkeit, was zu gleichförmigerer Schichtdicke führt, sind klein genug, sodass sie selbst die dünnste Einzelschicht nicht stören und das Bildungsverfahren bewirkt einen hohen Orientierungsgrad der Plättchen, wobei die Leistungsfähigkeit des erzeugten Gegenstands maximiert wird. Die kleine Größe der Plättchen macht sie transparent, sodass sie in Anwendungen verwendet werden können, in welchen Klarheit erforderlich ist. Die biaxiale Natur der Plättchenverstärkung liefert zusätzliche Festigkeit in der Querrichtung, welche inhärent schwach aufgrund des Herstellungsverfahrens ist.

[0023] Die Verbundstoffe dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind besonders anwendbar in mehrschichtigen Automobilkraftstofftanks, Benzineinfüllschläuche und Einfüllstutzen für Automobile (automotive gas filler tube/neck), Kraftstoffförderleitungen und in hohlen Mehrschichtformen, wie etwa Flaschen für kohlenensäurehaltige Getränke. In diesen Fällen können die Nanofüllstoffe der vorliegenden Erfindung in diese Schichten, die für die gewünschte Eigenschaft, z.B. Barriere für Gase oder Dämpfe, verantwortlich sind, eingebracht werden. Der Nanofüllstoff der vorliegenden Erfindung liefert verbesserte Leistung und Klarheit; die Orientierung, die den Nanoteilchen im Extrusionsverfahren verliehen wird, maximiert die Leistungsfähigkeit. Im Falle von Brennstofftanks oder anderen großen Gegenständen kann die Mehrschichtfolie bzw. der Mehrschichtfilm extrudiert werden, gefolgt durch Thermoformen getrennter Hälften und Zusammenschmelzen der Hälften, um eine komplette Struktur zu bilden. Im Falle anderer großer Gegenstände kann ein Mehrschichtschlauch (oder "Schlauchstück") extrudiert werden, gefolgt von einem Blasformen des Schlauchstücks in eine Form mit der gewünschten Gestalt. Durchhängen des Schlauchstücks während der Extrusion und vor dem Blasformen kann Schwierigkeiten bei der Reproduzierbarkeit zum Steuern des Verfahrens bewirken. Das hohe Aspektverhältnis der Nanofüllstoffe liefert eine wesentliche Verstärkung der Polymerschmelze und verringert dadurch das Durchhängeproblem eines großen Schlauchstücks. Andere Anwendungen dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen halbsteife Behältnisse für Lebensmittel und Industriematerialien, Hinweistafeln (Signage), Geräte- und Möbelverkleidungen und Vorrichtungen. Die Anzahl von Schichten kann fünf bis zehn oder mehr als zehn Schichten sein. Zusätzlich kann der hergestellte Gegenstand mehr als ein Kilogramm wiegen.

[0024] Coextrusion ist kommerziell verwendet worden, um einzigartige Filme, Folien und Schläuche herzustellen, welche aus wenig Schichten, wie etwa 3 Schichten, bis 1000 Schichten bestehen, worin die einzelnen Schichten weniger als 100 Nanometer sein können. Die plättchenartigen Füllstoffe sind in diesen Folien durch das Extrusionsverfahren stark orientiert, was zur Flussstabilität während der Extrusion beiträgt, wodurch intaktere Schichten erzeugt werden. Umso dünner die Schichten sind, umso größer ist die Orientierung und umso größer ist daher die Verstärkung. Die Orientierung der Nanofüllstoffe verbesserte auch Barriere- und mechanische Gesamtleistungsfähigkeit. Im Gegensatz zu herkömmlichen Füllstoffen erlaubt die Dünne der Nanofüllstoffe der vorliegenden Erfindung deren Vorliegen ohne die optischen Eigenschaften der Folien (oder Filme oder Schläuche) zu stören.

[0025] Anwendungen dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen Barriereverpackung für Lebensmittel und Arzneimittel, Dekorationsfolien, nichtmetallische Spiegel für Fahrzeuge und Konstruktionsanwendungen, transparente Ultraviolettlicht- oder Infrarotlicht-reflektierende Oberflächen für Fenster usw.

[0026] Der Ausdruck "Pultrusion" ist definiert in und eine grundsätzliche Lehre bezüglich seines Verfahrens und Artikel werden gefunden in der Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Band 4, 1986, S.3-9 und 34-36, welche hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt werden. Die Praxis dieser Verfahren kann ein geringes Modul in einer Richtung senkrecht zur Faserrichtung (außerachsig) und geringe Leistungsfähigkeit aufgrund des Verlustes der Bindung zwischen den Verstärkungsfasern und dem Matrixmaterial erzeugen. Der Verlust der Bindung, was einer fehlenden Übereinstimmung des Koeffizienten der thermischen Expansion (CLTE) zwischen den Verstärkungsfasern und dem Matrixharz zuzuschreiben ist, kann besonders schlecht bei

Kohlefasern sein.

[0027] Ein Gegenstand dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Verbesserung der außerachsiges Festigkeit des Verbundmaterials durch Nanoverbundmaterialien mit den Plättchen mit hohem Aspektverhältnis. Diese verbesserte Leistungsfähigkeit kann mehr zum Ausdruck kommen, wenn die Dicke des Verbundstoffs verringert ist, aufgrund der Ausrichtung der Nanoverbundplättchen über die Scherung, die in dem Pultrusionsverfahren induziert wird. Die Verringerung der CLTE der Matrix aufgrund des Vorliegens des Nanofüllstoffs erzeugt eine bessere Übereinstimmung von CLTEs zwischen Kohlefasern und dem Matrixharz, was zu einer intakteren Grenzfläche führt. Die Leistungsfähigkeit ist überraschend, da sie dazu neigt, nicht mit herkömmlichen Füllstoffmaterialien, wie etwa Talk oder Calciumcarbonat, stattzufinden. Diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann mit thermoplastischen und thermohärtbaren Harzen verwendet werden, wird jedoch häufig mit thermohärtbaren Harzen praktiziert, wie Epoxiden, Vinylestern, Vinylethern und Urethanen. Anwendungen umfassen z.B. intermodale Behälter, Gebäudewände und Platten, Strukturprofile für Brücken, Automobilverkleidungen, Autotürenverkleidung/Module und Automobilstoßfänger.

[0028] Der Ausdruck "Druckformen" ist definiert in und eine grundsätzliche Lehre bezüglich des Verfahrens und Artikel werden gefunden in der Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Band 4, 1986, S. 79–85, 104 und 108, welche hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt werden. Ein Hauptproblem von Teilen, die Trägerrippen aufweisen, welche hergestellt sind durch Druckformen einer extrudierten faserverstärkten Polymervorform, kann das "Durchscheinen" der Trägerrippen sein, wenn die Wanddicke des Teils unter etwa 2 Millimeter verringert ist.

[0029] Die Verwendung eines Nanoverbundstoffs der vorliegenden Erfindung in der extrudierten faserverstärkten Polymervorform verringert das Rippen"durchscheinen" durch Verringern des thermischen Expansionskoeffizienten des Polymers, sodass er besser mit demjenigen der Glasfasern übereinstimmt. Das Extrusionsverfahren kann die Orientierung des dispergierten Nanofüllstoffs der vorliegenden Erfindung durch die Verwendung von Multispaltdüsen optimieren. So wird der Koeffizient der linearen Expansions-(CLTE)-Verringerung durch das Extrusionsverfahren optimiert. Die Verwendung eines Nanoverbundstoffs der vorliegenden Erfindung kann auch eine Klasse A-Oberflächenbeschaffenheit der Gegenstände erzeugen, dass der Verwendung von herkömmlichen Füllstoffmaterialien überlegen ist. Die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist besonders geeignet zum Herstellen von Automobilteilen, wie etwa Türverkleidungen, Seitenverkleidungen, Frontendmodule und Instrumentenbrettstrukturmodule.

[0030] Der Ausdruck "Strangschäumpolymer" ist definiert in und eine grundsätzliche Lehre bezüglich seines Herstellungsverfahrens und Artikel werden in den Vereinigte Staaten Patenten 5,527,573, 4,801,484, 5,206,082 und 4,824,720 gefunden, von welchen jedes hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt wird. Die Dichte von Strangschäumen kann gegenüber Standardschäumen weiter verringert werden unter Verwendung von Nanoverbundstoffen, da die Nanofüllstoffplättchen der vorliegenden Erfindung durch das anfängliche Faserextrusionsverfahren vor dem Schäumen optimal orientiert werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Füllstoffen macht die geringe Größe der Nanofüllstoffe der vorliegenden Erfindung dieses zusätzliche Dünnermachen der Zellwand möglich. Die zusätzliche Orientierung des Nanofüllstoffs der vorliegenden Ausführungsform verbessert auch die Polymerschmelzrheologie, was zu verbesserter Schaumstabilität führt. Die resultierende höhere Formstabilität und Schlagfestigkeit macht die gemäß dieser Erfindung hergestellten Schäume gut geeignet für Automobilstoßfänger, Dachauskleidungen, Isolierungsplatten und Automobilinnenraumsäulen.

[0031] Der Ausdruck "SCORIM" (Shear Controlled Orientation in Injection Molding) ist definiert in und eine grundsätzliche Lehre bezüglich seines Verfahrens und Artikel werden gefunden in den Vereinigte Staaten Patenten 4,994,220, 5,059,368, 4,925,161 und 5,160,466, von welchen jedes hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt wird. Die einzigartigen Eigenschaften des plättchenartigen Nanofüllstoffs der vorliegenden Erfindung erzeugt einen hohen Ausrichtungsgrad über einen großen Querschnitt mit minimaler statistischer Verteilung der Teilchen, selbst während einem ausgedehnten Kühlzyklus. So können größere Teile durch SCORIM-Injektionsformen gebildet werden. Zusätzlich können die Nanofüllstoffe der vorliegenden Erfindung sowohl für Verstärkung als auch für Rheologiemodifikation einer oder mehrerer der Schichten in einem Spritz- oder Cospritzgeformten Teil verwendet werden. Anwendungen dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen Kühlehrankauskleidungen, Automobilarmaturen Bretter, Behälter und Waschmaschinenwannen.

BEISPIEL 1

[0032] Coextrudierte Folien aus Nanoverbundpolyolefinverbindungen werden unter Verwendung einer Coextrusionsanlage hergestellt, die aus zwei 19 Millimeter-Einschneckenextrudern besteht, die ausgestattet sind mit Zahnradschnecken (1,2 cm³/Umdrehung Pumpkapazität). Diese Extruder liefern zwei unabhängige Schmelzströme in einen Coextrusionseinspeisungsblock, der einen Anfangszweischichtschmelzstrom liefert (d.h. der erste Verbundstoffstrom). Dieser erste Verbundstoffstrom wird nachfolgend durch eine Reihe von Zweikanalschichtvervielfachern (in der Ausgestaltung ähnlich denjenigen, die von Schrenk et al. in U.S. 5,202,074 ge-

lehrt werden, welche hier vollständig durch Bezugnahme eingeführt wird) geführt, um einen zweiten Verbundstoffstrom mit einer erhöhten Anzahl von Schichten gemäß der folgenden Gleichung zu erzeugen:

$$N = 2(2^n)$$

worin: N = die Gesamtanzahl von Schichten n = die Anzahl von Schichtverfältigungsstufen.

[0033] Der zweite Verbundstoffstrom wird nachfolgend durch eine Düse mit flexibler Lippe mit einer Weite von 350 Millimeter und auf eine gekühlte Formtrommel geführt, um einen dünnen Film bzw. eine dünne Folie herzustellen.

[0034] Die verwendeten Materialien sind Engage EG8200 Marken-Polyolefinelastomer von Dupont-Dow Elastomers; PRIMACOR 3460 Marken-Poly(ethylenoacrylsäure) von The Dow Chemical Company; PRIMACOR 1430 Marken-Poly(ethylenoacrylsäure) von The Dow Chemical Company; und Claytone HY, mit quaritärem Ammonium behandeltes Marken-Montmorillonit-Mehrschichtsilikatmaterial von Southern Clay Products.

[0035] Die beiden PRIMACOR-Qualitäten und Claytone HY werden unter Verwendung eines Werner Pfeiderer ZSK30 coextrudierenden Doppelschneckenextruders in den folgenden Gewichtsverhältnissen vorge-mischt:

Material	Gew.-%
PRIMACOR 1430	80
PRIMACOR 3460	16
Claytone HY	4

[0036] Diese Verbindung (Verbindung "A", ungefähr 0,8 Volumen-% Mehrschichtsilikat) wird dann mit dem Engage (gleiche Volumenverhältnisse) unter Verwendung des vorher beschriebenen Verfahrens unter den folgenden Bedingungen coextrudiert:

Extruder A

Material: Engage EG8200

eingestellte Extruderzylindertemperatur (°C)

Zone 1: 160

Zone 2: 185

Zone 3: 200

Zahnradpumpentemperatur: 200 °C

Extruderschneckengeschwindigkeit: 70 UPM

Pumpengeschwindigkeit: 35 UPM

Extruder B

Material: Verbindung A

eingestellte Extruderzylindertemperatur (°C)

Zone 1: 155

Zone 2: 175

Zone 3: 190

Zahnradpumpentemperatur: 190 °C

Extruderschneckengeschwindigkeit: 70 UPM

Pumpengeschwindigkeit: 35 UPM

Temperatur des Schichtvervielfachers: 192 °C

Düsentemperatur: 220 °C

[0037] Die extrudierten Folien (nominale Dicke 2,5 Mil) wurden dann auf Sauerstoffpermeabilität und Durchlässigkeit für sichtbares Licht gemäß den ASTM-Testverfahren D3985 bzw. D1003 getestet. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle gezeigt:

Probe	Zusammensetzung (Volumen-%)		Vervielfachungsstufen	Gesamtanzahl von Schichten	O ₂ -Durchlässigkeitsrate	Prozent Trübung
	EG8200	Verbindung A				
1	50	50	2	8	500	7
2	50	50	4	32	500	7
3	50	50	4	Gemisch*	785	32

*Hergestellt durch Extrudieren eines physikalischen Gemischs von EG8200 und

Verbindung A

Sauerstoffdurchlässigkeitsrateneinheiten: $\text{cm}^3 \cdot \text{mil} / 100 \text{ in}^2 \cdot \text{Tag} \cdot \text{atm}$.

BEISPIEL 2

[0038] Injektionsgeformte Proben aus Polypropylenstrukturschäumen werden hergestellt unter Verwendung einer Umkehrschneckeninjektionsformmaschine der Marke Arburg 170CMD, ausgestattet mit einem 18 mm-Injektionszylinder, einer mechanischen Abstelldüse und einer Plattenform (Formabmessungen: 65 Millimeter × 65 Millimeter × 6 Millimeter). Die Form wird über einen Angussverteiler mit voller Breite und voller Dicke gespeist.

[0039] Die spezifischen Materialformulierungen in Teilen pro Hundert sind in der folgenden Tabelle beschrieben:

NR	PP	3150	Claytone HY	FM1709H
I	71,0	25,0	---	4,0
II	64,3	22,1	9,6	4,0

[0040] Die Materialien werden von den folgenden Herstellern bezogen:

N702-35 Homopolymerpolypropylen (PP): The Dow Chemical Company

Polybond 3150 gepfropftes PP: Uniroyal Chemical

Claytone HY mit quarternärem Ammonium behandeltes Montmorillonit: Southern Clay Products (55 Gew.-% anorganisches mehrschichtiges Silikatmaterial)

FM1709H Treibmittel Equistar

[0041] Das Treibmittel ist auf Azobisformamidbasis und es ist in der Form eines Konzentrats in einem Polyolefinträger. Die in Formulierung II verwendeten PP/Polybond/Claytone HY-Materialien wurden als ein Konzentrat (76/23/10) bezogen, hergestellt unter Verwendung eines 25 mm-corotierenden Hochgeschwindigkeitszweischneckenextruders (ein 30 HP Krupp Werner Pfleiderer ZSK Mega-Compounder), der unter den folgenden Bedingungen betrieben wurde:

Schneckengeschwindigkeit: 1000 UPM

Extrusionsrate: 6,64 kg/h

Drehmoment: 35% des Maximums

eingestellte Zylindertemperaturen: 150°C

eingestellte Düsentemperatur: 190°C

Schmelzeausstoßtemperatur: 230°C

[0042] Die jeweiligen Materialien für jede Formulierung wurden eingewogen, physikalisch gemischt und dann direkt in die Einspeisung der Spritzgussmaschine eingeleitet. Die Gussbedingungen, die allgemein verwendet wurden, sind unten zusammengefasst.

Eingestellte Zylindertemperatur (°C)

Zone 1: 182

Zone 2: 210

Zone 3: 221

Düse: 221

Plastifizierungsgeschwindigkeit

(m/min): 10

Rückdruck (bar): 30 (I)

60 (II)

Schussgröße (cm³): 18

Füllzeit (s): 0,5

Rückdruck (bar): 25

Packungszeit (s): 1

Haltezeit (s): 130

Formtemperatur (°C): 19

[0043] Die Schaumproben zeigen eine Dichte von $26 \pm 1 \text{ lb/ft}^3$, was eine Dichteverringerng von 54% relativ zu dem festen Polymer darstellt. Die Schäume werden nachfolgend auf Druckeigenschaften getestet, indem im Allgemeinen das ASTM-Verfahren D1621-94 verfolgt wird. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

<u>Nr.</u>	<u>Druckmodul (ksi)</u>	<u>Streckspannung (psi)</u>
I	11,7	448
II	12,3	536

[0044] Das nanogefüllte Material zeigte eine Modul- und Dehnspannungsverbesserung von 5% und 20% re-

lativ zur ungefüllten Kontrolle. Das nanogefüllte Material zeigt auch verbesserte Nachdehnungseigenschaften.

BEISPIEL 3

[0045] Spritzgegossene Proben aus Glasfaser-verstärkten Polypropylenverbindungen werden unter Verwendung einer Injektionsspritzmaschine mit hin- und herbewegender (bzw. reziproker) Schnecke der Marke Arburg 170CMD, ausgestattet mit einem 18 mm Injektionszylinder und einer modifizierten Zugmehrfachform (tensile bar mold) des ASTM-Typs I hergestellt. Die spezifischen Materialformulierungen in Teilen pro Hundert sind in der folgenden Tabelle beschrieben:

Nr.	Homopolymer, gepfropft		Claytone	Glasfaser
	<u>H702-35</u>	<u>PB 3150</u>	<u>HY</u>	<u>R22Y-AA</u>
D	67	23	10	
E	60	21	9	10
F	47	16	7	30

[0046] Die Materialien werden von den folgenden Herstellern bezogen:

H702-35 Homopolymerpolypropylen (PP): The Dow Chemical Company

Polybond 3150: Uniroyal Chemical

Claytone HY, mit quarternärem Ammonium behandeltes Mehrschichtsilikat: Southern Clay Produkts (55 Gew.-% anorganisches Mehrschichtsilikat)

R22Y-11: Owens Corning Faiberglas

[0047] Die PP/Polybond/Claytone NY-Materialien, die in D-F verwendet werden, werden als Konzentrat (67/23/10) bereitgestellt, hergestellt unter Verwendung eines 25 mm-Hochgeschwindigkeits-Corotationsdoppelschneckenextruders (ein 30 HP Krupp Werner Pfleiderer ZSK Mega Compounder), der unter folgenden Bedingungen betrieben wird:

Schneckengeschwindigkeit: 1000 UPM

Extrusionsrate: 6,64 kg/h

Torsion: 35% des Maximums

eingestellte Zylindertemperatur: 150°C

eingestellte Düsentemperatur: 190°C Schmelzeaustragstemperatur: 230°C

[0048] Die jeweiligen Materialien für jede Formulierung werden eingewogen, physikalisch gemischt und dann direkt in die Einspeisung der Injektionsgussmaschine gegeben. Die Gussbedingungen, die im Allgemeinen verwendet wurden sind unten zusammengefasst.

Eingestellte Zylindertemperatur (°C)

Zone 1: 182

Zone 2: 204

Zone 3: 215

Düse: 215

Plastifizierungsgeschwindigkeit

(m/min): 5

Rückdruck (bar): 20

(200 für die Proben C und F)

Schussgröße (cm³): 16

Einfüllzeit (s): 11

Rückdruck (bar): 500

Packungszeit (s): 60

Formtemperatur (°C): 20

[0049] Die Proben werden nachfolgend hinsichtlich ihrer Biegeeigenschaften und des thermischen Expansionskoeffizienten (CTE) parallel zur Achsenlänge durch die allgemeinen ASTM-Verfahren D790 (Methode 1, Verfahren A) bzw. E831 (–30°C bis 30°C) getestet. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

<u>Probe Nr.</u>	<u>Biegemodul</u>	<u>Streckverformung</u>	<u>Streckspannung</u>	<u>CTE</u>
D	296,8	2,83	5230	47
E	472,5	2,87	6910	37
F	815,3	1,69	8590	27

Biegemodul in ksi

Streckverformung in Prozent

Streckspannung psi

CTE in $\mu\text{m pro m}\cdot\text{Grad C}$

BEISPIEL 4

[0050] 7,5 Teile pro Hundert (pph) Mehrschichtsilikatmaterial der Marke Closite 30 von Southern Clay Products werden in 5 Gallonen Derakane 411-350 (The Dow Chemical Company) bei 7 Grad C bis zur Homogenität gemischt. 1,5 pph eines Formtrennmittels (Axel PS 125) und 0,3 pph Luftfreisetzungsmittel (BYK 515) werden zugegeben, gefolgt von 0,1 g eines gemischten Katalysators, der Peracodox 16N, Trigonox 141 und Trigonox C enthält.

[0051] Eine Faserpackung, bestehend aus 7 Schichten (1 = Nexus Veil 110-039, 2 = Glasmatte (M8643, 1,5 oz), 3 = Glas-Roving 46 Stränge (PPG 2026, 113 Yield), 4 = Glasmatte, 5 = Glas-Roving, 6 = Glasmatte, 7 = Nexus Veil) wird mit dem Harz durch ein Tauchbad imprägniert und durch eine 15 × 3 mm Pultrusionsflachplattendüse gezogen. Das Aushärtungssystem besteht aus drei Acht-Zoll-Heizzonen (240°F, 280°F und 280°F). Die Fertigteile waren 3,94 mm dick, bestanden aus 52 Volumen-% Harz und 48 Volumen-% Glas mit einer Dichte von 1,4–1,5 g/cm³. Die Prüfkörper werden aus den Fertigteilen geschnitten und mit den folgenden Ergebnissen getestet: Zugfestigkeit: 72312 psi; Modul: 3410191 psi; Bruchspannung: 2,3%; Bruchdehnung: 2,28%.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Gegenstands, wobei der Gegenstand ein Nanoverbundpolymer umfasst, wobei der Gegenstand ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus einem Strukturschaumpolymer, einem Mehrschicht-Polymerfilm, einer -Folie oder einem -Schlauch und worin die Anzahl von Schichten zehn oder mehr ist, einem Pultrusionsstrukturprofil, einem Formpresspolymergegenstand, der aus einer Vorform aus einem extrudierten faserverstärkten Polymer gebildet ist, einem Strangschaumpolymergegenstand und einem durch das SCORIM-Verfahren gebildeten Gegenstand, umfassend die Schritte: Dispergieren eines Mehrschichtsilikatmaterials mit dem Polymer, so dass in dem Polymer Einzelschichten aus Silikatmaterial, Doppelschichten aus Silikatmaterial, Dreifachschichten aus Silikatmaterial, Vierfachschichten aus Silikatmaterial, Fünffachschichten aus Silikatmaterial und Silikatmaterial mit mehr als fünf Schichten verteilt sind, wobei die Volumenprozent der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial größer sind als die Volumenprozent des Silikatmaterials mit mehr als fünf Schichten, um ein Nanoverbundpolymer zu bilden; wobei das Verfahren gekennzeichnet ist durch den Schritt des Bildens des Nanoverbundgegenstands durch das Strömenlassen des Nanoverbundpolymers, um die Ebenen der Einzel-, Doppel-, Dreifach-, Vierfach- und Fünffachschichten aus Silikatmaterial zu orientieren, so dass mehr als die Hälfte der Ebenen gemäß Bestimmung durch Elektronenmikroskopie innerhalb von dreißig Grad die gleiche Orientierung aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, worin die Gewichtsprozent des Mehrschichtsilikatmaterials, das in dem Polymer verteilt ist, im Bereich von 1 bis zwanzig Prozent sind.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1–2, worin die Gewichtsprozent des im Polymer dispergierten Mehrschichtsilikatmaterials im Bereich von zwei bis zehn Prozent sind.
4. Gegenstand, hergestellt durch das Verfahren nach den Ansprüchen 1–3.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen