

(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
29. November 2012 (29.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/159723 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/002127
- (22) Internationales Anmeldedatum: 18. Mai 2012 (18.05.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2011 102 342.2 24. Mai 2011 (24.05.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **C. CRAMER, WEBEREL, HEEK-NIENBORG, GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Eper Strasse 45, 48619 Heek (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **CRAMER, Johannes** [DE/DE]; Wichum 22, 48619 Heek (DE).
- (74) Anwalt: **KOHLSTEDDE, Eva**; Buse-Mentzel-Ludewig, Kleiner Werth 34, 42275 Wuppertal (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,

BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: MULTI-LAYER FABRIC, USE THEREOF AND METHOD FOR PRODUCING COMPOSITES

(54) Bezeichnung : MEHRLAGENGeweBE, SEINE VERWENDUNG SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON COMPOSITEN

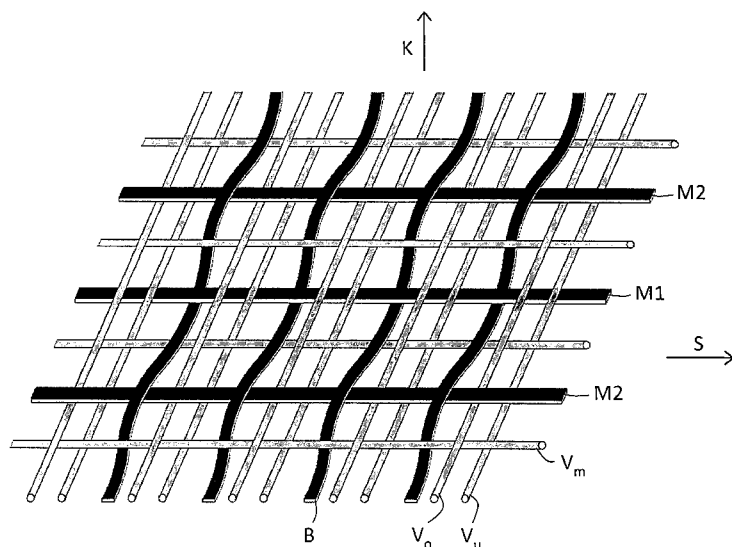


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a multi-layer fabric consisting of several double layers, wherein each double layer is made up of two layers, that is a layer of structured reinforcing threads Vo, Vm, Vu, such as for example carbon fibre threads, and a layer of structured thermoplastic matrix threads M1, M2, such as for example PEEK threads. Several double layers are connected to one another by binding threads B. Furthermore, the invention relates to the use of the multi-layer fabric as a semi-finished product and for producing composites, and to a method for producing composites using a special multi-layer fabric having an "Advanced Synchron Weave" laid fabric structure.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mehrlagengewebe aus mehreren Doppellagen, wobei jede Doppellage aus zwei Schichten aufgebaut ist, nämlich einer Schicht aus strukturiert angeordneten Verstärkungsfäden Vo, Vm, Vu, wie beispielsweise Kohlenstofffäden, und einer Schicht aus strukturiert angeordneten thermoplastischen Matrixfäden M1, M2, wie beispielsweise PEEK-Fäden. Mehrere Doppellagen sind durch Bindefäden B miteinander verbunden. Des Weiteren umfasst die Erfindung die

Verwendung des Mehrlagengewebes als Halbzeug und zur Herstellung von Compositen sowie ein Verfahren zur Herstellung von Compositen unter Verwendung eines besonderen Mehrlagengewebes mit einer Gelegegewebestruktur „Advanced Synchron Weave“.

Mehrlagengewebe, seine Verwendung sowie Verfahren zur Herstellung von
Compositen

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mehrlagengewebe, seine Verwendung als
10 Halbzeug und zur Herstellung von Compositen sowie ein Verfahren zur
Herstellung von Compositen unter Verwendung dieses Mehrlagengewebes.

Seit vielen Jahren sind faserverstärkte Kunststoffprodukte oder Faser-
Kunststoff-Verbunde oder Composite bekannt, die in den verschiedensten
15 Bereichen Verwendung finden. Üblicherweise wird ein solcher
Faserverbundwerkstoff gebildet, indem ein Fasergewebe, ein Fasergelege oder
ein anderes textiles Flächengebilde aus Verstärkungsfäden mit einer
Kunststoffmatrix verbunden wird. Die mechanischen und thermischen
Eigenschaften lassen sich durch die geeignete Kombination von
20 Verstärkungsfäden und Kunststoffmatrix sowie durch deren Faservolumenanteil
gezielt einstellen, d.h. konstruieren. Die Verstärkungsfäden bewirken die
mechanischen Festigkeitswerte des Verbundes. Die Matrix fixiert diese
Verstärkungsfäden und macht auf diese Weise die mechanischen Eigenschaften
der Verstärkungsfäden nutzbar. Grundsätzlich unterscheidet man faserverstärkte
25 Kunststoffe mit thermoplastischer Matrix oder mit duroplastischer Harzmatrix.
Eine thermoplastische Matrix besteht im Gegensatz zur duroplastischen Matrix
nur aus einer Komponente, dem Thermoplast, was die Herstellung eines
faserverstärkten Verbundes vereinfacht. Ein solcher Verbund ist darüber hinaus
nachträglich umformbar und auch schweißbar. Zur Herstellung wird das textile
30 Flächengebilde, beispielsweise ein Kohlenstoffgewebe, mit der
thermoplastischen Matrix beaufschlagt, mehrere beschichtete Gewebelagen in
eine Plattenpresse geschichtet und dort unter entsprechenden Temperatur- und
Druckbedingungen zu einer Verbundplatte gepresst. Um Lufteinschlüsse zu
vermeiden, wird die Vorrichtung gegebenenfalls evakuiert. Die
35 thermoplastische Matrix kann hierbei auch in Form von dünnen Folien bzw.

Filmen zwischen einzelne Gewebelagen eingelegt werden (Filmstacking) oder es werden mit der Matrix beschichtete Gewebelagen eingesetzt.

Für die Beschichtung des Gewebes sind verschiedene Verfahren bekannt. So
5 kann die Thermoplastmatrix in definierter Menge als Pulverbeschichtung auf die Gewebeerseite aufgebracht werden. Durch ein Ansintern verkleben diese Matrixpulverpartikel mit den Verstärkungsfäden des Gewebes. Der Prozess wird für die Unterseite des Gewebes wiederholt und so ein trockenes Vorprodukt (Dry Prepreg) erhalten. Ein trockenes Halbzeug erhält man auch
10 durch das Wirbelsinterverfahren. Hierbei werden Pulverpartikel der thermoplastischen Matrix in einem Wirbelkasten fluidisiert und diese Pulverteilchen lagern sich zwischen die Filamente des in die Wirbelschicht eingebrachten Gewebes ein.

15 Auch eine Flüssigbeschichtung ist möglich, hierzu wird die thermoplastische Matrix in einem Lösungsmittel aufgelöst bzw. dispergiert und das textile Flächengebilde imprägniert; anschließend muss jedoch das Lösungsmittel wieder entfernt werden, was nachteilig ist.

20 Es hat sich jedoch gezeigt, dass Vorprodukte, die nach diesen bekannten Beschichtungsverfahren hergestellt wurde, in nachteiliger Weise zu Compositen führen, die einen Anteil an Porosität aufweisen und nicht homogen sind. Die in den Compositen enthaltenen Poren werden durch Luftblasen gebildet, die während der Herstellung des Verbundprodukts nicht entweichen können. Da die
25 Matrix auch die Aufgabe hat, die Verstärkungsfäden in der gewünschten Kraftlinie zu halten, führt Porosität im Verbundprodukt zu einem veränderten Biege-E-Modul. An den Stellen des faserverstärkten Verbundprodukts, wo Luftblasen eingeschlossen sind, d.h. die Verstärkungsfäden nicht vollständig in der Matrix eingebettet sind, können die Verstärkungsfäden bei Belastung
30 leichter ausgelenkt werden, was sich eigenschaftsmindernd auswirkt.

Zum Herstellen eines bekannten Verbundprodukts werden mehrere Lagen imprägnierter textiler Flächengebilde in einer Presse aufeinander geschichtet

und die Matrix unter Temperatureinwirkung geschmolzen. Diese aufgeschmolzene Matrix wird aufgrund des angewandten Drucks beim Verpressen durch die aufeinander geschichteten Faserlagen gequetscht, wodurch die Luft zwischen den Faserlagen und innerhalb der Faserlagen seitlich rausgepresst wird, also quer zur Pressrichtung. Durch die Beschichtung der Gewebelagen sind bei jeder Gewebelage unterschiedliche Bedingungen und unterschiedliche Entlüftungswege für die Luft angelegt. Darüber hinaus kann nicht sichergestellt werden, dass sich die Matrix gleichmäßig in der Pressform verteilt, was beim Verpressen in nachteiliger Weise zur Dislokation von Fasern aus einer gewünschten Position führt. Da die Verstärkungsfäden je nach Anwendungsfall in gewünschten Kraftlinien ausgerichtet sind, bedeutet das Wegpressen der Verstärkungsfäden oder einzelner Filamente aus diesen Kraftlinien eine Minderung der mechanischen Eigenschaftsmerkmale des entstehenden Bauteils.

15
Ferner ist es bekannt ein Hybridgarn, also ein Zweikomponentengarn, aus Verstärkungsfäden und thermoplastischen Matrixfäden herzustellen und dieses Hybridgarn zu einer Gewebelage zu verweben. Ein solches Hybridgarn wird beispielsweise durch Vermischen sowie Verwirbeln von Filamenten der beiden unterschiedlichen Materialien und durch ein Ausspinnen unter hohem Druck durch eine Düse gewonnen (Commingle-Verfahren). Da die Filamente in den Hybridfäden nicht ausgerichtet sind, haben faserverstärkten Produkte, die aus Geweben mit diesen Hybridfäden hergestellt werden, ein geringeres Biege-E-Modul im Vergleich zu den nach den vorgenannten Beschichtungsverfahren hergestellten Produkten. Das Dokument DE 42 29 546 A1 beschreibt die Möglichkeit, den Matrixbildner in Form von Fasern oder Garnen bereit zu stellen, insbesondere in Form eines Hybridgarns. In einem Beispiel wird aus einem Hybridgarn ein Gewebe erzeugt, welches zwei Lagen umfasst. Nachteilig ist, dass die vergleichsweise dicken Hybridfäden beim Verweben an den Fadenverkreuzungen stärker aus einer gewünschten Kraftlinie abgelenkt werden als die Verstärkungsfäden bei den bekannten Geweben, was die mechanischen Eigenschaften zusätzlich verschlechtert.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung eines Verbundproduktes zeigt das Dokument EP 0 392 939 B1. Hier wird eine thermoplastische Gewebestruktur vorgeschlagen, welche durch Einwirkung von Wärme zur Erzielung steifer Gegenstände verformt werden kann. Diese Gewebestruktur besteht aus
5 zumindest zwei aufeinander gelegten Gewebelagen, nämlich einer Lage Verstärkungsgewebe und einer Matrixlage aus thermoplastischen Fäden. Mittels Binfäden werden je zwei benachbarte Lagen miteinander verwebt. Für die Verbindung zweier Lagen müssen verhältnismäßig viele Abbindepunkte vorgesehen werden, um eine Verschiebbarkeit der Lagen zueinander zu
10 verhindern. An diesen Abbindepunkten werden die Verstärkungsfäden aus ihrer Wirkungslinie heraus gebogen, was bezüglich der gewünschten Eigenschaften des Produktes nachteilig ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein trockenes Vorprodukt aus einem
15 textilen Flächengebilde und einer thermoplastischen Matrix (Dry Thermoplastic Prepreg) zur Verfügung zu stellen, welches zu Compositen mit verbesserten mechanischen Eigenschaften verpresst werden kann.

Diese Aufgabe wird mit einem Mehrlagengewebe mit den Merkmalen des
20 Anspruchs 1 erfüllt. Ein besonders vorteilhaftes Mehrlagengewebe lässt sich in vorteilhafter Weise gemäß Anspruch 17 zu einem unporösen Composit verpressen. Bei dem Mehrlagengewebe handelt es sich um ein Gewebe, umfassend mehrere Doppellagen, vorzugsweise zwei bis zehn Doppellagen, wobei die jeweiligen Doppellagen aus zwei unterschiedlichen Schichten
25 bestehen. Das Mehrlagengewebe umfasst damit vorzugsweise vier bis zwanzig Schichten. Eine Schicht einer Doppellage, beispielsweise die obere Schicht, enthält strukturiert angeordnete, gleiche oder unterschiedliche Verstärkungsfäden (Strukturbildner). Die andere Schicht der Doppellage, beispielsweise die untere Schicht, enthält strukturiert angeordnete, gleiche oder
30 unterschiedliche thermoplastische Matrixfäden (Matrixbildner). Die die Schichten und Doppellagen verbindenden Binfäden bestehen aus dem gleichen Material wie die Matrixfäden und/oder wie die Verstärkungsfäden. Die Binfäden verbinden dabei mehrere Doppellagen, vorzugsweise alle

Doppellagen. Jede Doppellage enthält damit einerseits Verstärkungsfäden und andererseits Matrixfäden.

Die Doppellagen sind vorzugsweise so angeordnet, dass alle oberen Schichten
5 der Doppellagen aus Verstärkungsfäden bestehen und alle unteren Schichten der Doppellagen aus Matrixfäden bestehen. Je nach Anzahl der Doppellagen hat ein solches textiles Mehrlagengewebe eine Gesamtdicke zwischen 0,20 mm und 65 mm.

10 Die Verstärkungsfäden in der einen Schicht der Doppellage bilden die Armierung für das herzustellende faserverstärkte Halbzeug und sind entsprechend einer gewünschten Kraftwirkung ausgerichtet. Die Verstärkungsfäden werden bevorzugt ohne Fadenumlenkung in der Schicht angeordnet, d.h. als gerade ausgerichtete Kettfäden oder gerade ausgerichtete
15 Schussfäden oder in einer ansonsten gewünschten Richtung, d.h. sie liegen ohne Welligkeit (ohne crimp) in einer Schicht der Doppellage. Für diese Verstärkungsfäden sind Garne, Spinnfasergarne, Kompaktgarne, Endlosfasergarne, Stapelfasergarne, Zwirne, Monofilamente oder Multifilamente einsetzbar. Die Garnstärke liegt dabei in einem Bereich
20 zwischen 66 dtex und 32000 dtex. Diese Verstärkungsfäden können aus anorganischen Fäden bestehen, beispielsweise aus Kohlenstoff, aus Keramik wie beispielsweise Glas, aus Basalt oder anderen Silikaten, aus Siliziumcarbid, aus Metallen wie Stahl, Aluminium oder Titan. Die Verstärkungsfäden können auch aus organischen hochfesten Fäden bestehen, beispielsweise aus Aramid
25 wie Kevlar oder aus Polyvinyl-2,6-benzobisoxazol (PBO), auch bekannt unter dem Handelsnamen Zylon, aus hochverstrecktem Polyethylen wie DYNEEMA oder aus organischen Hochtemperaturthermoplasten.

Die zweite Schicht einer Doppellage besteht aus Matrixfäden, die beim späteren
30 Verpressen des erfindungsgemäßen Mehrlagengewebes aufschmelzen und die Verstärkungsfäden gleichmäßig benetzen und einbetten. Die Matrix schützt auch die Verstärkungsfäden im Verbundprodukt vor Umwelteinflüssen. Für derartige Matrixfäden können Garne, Spinnfasergarne, Kompaktgarne,

Endlosfasergarne, Stapelfasergarne, Zwirne, Hybridgarne in Form von Kern-Mantel-Fäden, Monofilamente oder Multifilamente aus thermoplastischen Polymeren eingesetzt werden. Dient das Mehrlagengewebe zur Herstellung eines Composites, welches mittels eines Pressvorgangs erhalten werden soll, werden bevorzugt Multifilamente für die Matrixfäden eingesetzt, da diese Multifilamentfäden beim Verpressen als Entlüftungskanäle fungieren können. Der Schmelzbereich dieser Matrixfäden liegt vorzugsweise zwischen 50°C und 480°C. Die Garnstärke liegt dabei in einem Bereich zwischen 66 dtex und 32000 dtex. Die Matrixfäden aus thermoplastischen Polymeren sind insbesondere Matrixfäden aus Polypropylen (PP), aus Polyethylen (PE) oder auch aus expandiertem Polyethylen (EPE) sowie aus fluoriertem Ethylen-Propylen (FEP), aber auch aus Polyester wie beispielsweise Polyethylenterephthalat (PET), aus Polyethersulfon (PES), aus Polyphenylensulfid (PPS) z. B. Ryton, aus Polybutylenterephthalat (PBT). Des Weiteren kommen in Betracht Polyamide wie beispielsweise PA 11, PA 12, PA 6.10, PA 6, PA 6.6, PA 4.1, aber auch aus Polybenzimidazol (PBI). Matrixfäden können des Weiteren bestehen aus Polyvinylidenchlorid (PVDC) wie z. B. SARAN, aus Polyvinylidenfluorid (PVDF), aus Perfluoroxylalkan (PFA), aus Polyetherimid (PEI) wie z. B. Ultem, aus Polyetherketon (PEK) wie beispielsweise Polyetheretherketon (PEEK).

Je nach dem gewünschten Anwendungsfall werden für das Mehrlagengewebe gleiche oder unterschiedliche Verstärkungsfäden bzw. gleiche oder unterschiedliche Matrixfäden eingesetzt. Die unterschiedlichen Verstärkungsfäden können innerhalb einer Schicht vorgesehen sein. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel werden gleiche erste Verstärkungsfäden in einer Schicht und dazu unterschiedliche Verstärkungsfäden in einer weiteren Schicht einer anderen Doppellage verarbeitet. Dies bedeutet bei einem Mehrlagengewebe mit acht Doppellagen werden beispielsweise die erste, dritte, fünfte und siebente Doppellage mit Verstärkungsfäden einer Art und die zweite, vierte, sechste und achte Doppellage mit Verstärkungsfäden einer weiteren Art eingesetzt, wobei sich die Arten sowohl hinsichtlich der Fadenart also auch hinsichtlich der Materialart unterscheiden können. In gleicher Weise gilt dies

für die Matrixfäden. Durch die Verwendung unterschiedlicher Verstärkungsfäden ist ein gezielter Einsatz von Verstärkungs-fäden, insbesondere zur Erreichung eines vorgegebenen Beanspruchungsprofils für das herzustellende Bauteil möglich.

5

Für die einzelnen Schichten einer Doppellage des Mehrlagengewebes wird zur strukturierten Anordnung der Verstärkungsfäden in einer Schicht und zur strukturierten Anordnung der Matrixfäden in einer weiteren Schicht gezielt eine Gewebestruktur ausgewählt. Je nach dem gewünschten Anwendungsfall werden
10 für das Mehrlagengewebe gleiche oder unterschiedliche Gewebestrukturen für die unterschiedlichen Doppellagen ausgewählt. Der Unterschied kann in einer anderen Struktur, d.h. Anordnung der Fäden, bestehen oder aber bei gleicher Struktur in einer unterschiedlichen Fadendichte. Zur strukturierten Anordnung der Verstärkungsfäden in den jeweiligen Schichten und zur strukturierten
15 Anordnung der Matrixfäden in den weiteren Schichten des Mehrlagengewebes wird bevorzugt die Gewebestruktur „Advanced Synchron Weave“ gemäß dem Dokument EP 0 408 830 B1 ausgewählt. Es sind jedoch auch weitere Strukturen neben dem „Advanced Synchron Weave“ möglich. Durch eine Gewebestruktur kann genau vorher festgelegt werden, welche Menge Matrix in Form von
20 Matrixfäden einen Verstärkungsfaden später einbetten soll. Dies kann durch die Anzahl und Dicke der Matrixfäden und/ oder durch die Anzahl und Dicke der Verstärkungsfäden beeinflusst werden. Jeder der strukturiert angeordneten Matrixfäden in einer Schicht ist in einer vorbestimmten Lage zu einem Verstärkungsfaden der benachbarten Schicht mit den strukturiert angeordneten
25 Verstärkungsfäden in dem Mehrlagengewebe angeordnet.

Der Faservolumenanteil der Verstärkungsfäden in einem mehrlagigen textilen Mehrlagengewebe kann 15% bis 85% betragen und damit der Faservolumenanteil der Matrixfäden 85% bis 15%. Für ein unporöses,
30 faserverstärktes Produkt beträgt der Faservolumenanteil der thermoplastischen Matrixfäden abhängig von der Dichte des eingesetzten Thermoplasts für die Matrixfäden vorzugsweise 40 bis 60%. Bei Verwendung eines Thermoplasts geringer Dichte, wie Polyethylen (PE), beträgt der Faservolumenanteil der

thermoplastischen Matrixfäden beispielsweise 40% und bei Verwendung eines Thermoplasts hoher Dichte beträgt der Faservolumenanteil der thermoplastischen Matrixfäden eher 60%.

- 5 Das erfindungsgemäße Mehrlagengewebe kann jedoch auch zur Herstellung von Produkten mit gewünschter Porosität (Porencomposite) verwendet werden, die beispielsweise als Filter oder Förderbänder eingesetzt werden. Hierbei wird ein Faservolumenanteil der thermoplastischen Matrixfäden unter 40% gewählt, ein Mindestfaservolumenanteil der Matrixfäden von 15% sollte zur Erzielung eines
10 homogenen Produkts jedoch eingehalten werden.

Es ist auch möglich den Faservolumenanteil der thermoplastischen Matrixfäden größer als 60% zu wählen. Dies bedeutet, das faserverstärkte Verbundprodukt enthält mehr Matrix als für die porenfreie Einbettung der Verstärkungsfäden
15 notwendig wäre, sie wird zur äußeren Phase des Systems. Dieser hohe Faservolumenanteil an Matrixfäden wird für solche Produkte gewählt, die eine größere Dehnbarkeit aufweisen sollen. Ein Faservolumenanteil an Verstärkungsfäden von mindestens 15% und damit ein Faservolumenanteil an Matrixfäden von höchstens 85% sollte für eine sinnvolle Nutzung des
20 Verbundprodukts jedoch eingehalten werden.

Bekannte Webtechniken (Double-Face-Webtechnologie) ermöglichen die Herstellung eines Mehrlagengewebes mit zehn Doppellagen, d.h. mit zehn Schichten aus Verstärkungsfasern und weiteren zehn Schichten aus
25 Matrixfäden, also insgesamt zwanzig Schichten. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird für die einzelnen Schichten des Mehrlagengewebes zur strukturierten Anordnung der Verstärkungsfäden in den jeweiligen Schichten und zur strukturierten Anordnung der Matrixfäden in den weiteren Schichten gezielt die Gelegegewebestruktur „Advanced Synchron Weave“ ausgewählt, so
30 dass insbesondere ein Mehrlagengewebe mit einer geschlossenen und glatten Oberfläche beim Weben erhalten wird. Diese Gelegegewebestruktur „Advanced Synchron Weave“ ist in dem Dokument EP 0 408 830 B1 beschrieben. Hierbei sind die Verstärkungsfäden in Kettrichtung und/oder in Schussrichtung, d.h.

ohne Einbindung (ohne crimp), vorgesehen. Bei einem entsprechenden Anforderungsprofil können die Verstärkungsfäden sowohl als Kettfäden und/oder als Schussfäden und/oder in einer anderen Ausrichtung – beispielsweise diagonal dazu – vorgesehen werden, so dass sich diese Verstärkungsfäden in gewünschter Kraftlinienausrichtung befinden. Ein auf diese Art gewebtes Mehrlagengewebe besitzt eine Oberseite, auf der die Verstärkungsfäden sichtbar sind und eine Unterseite, auf der die Matrixfäden zu sehen sind. Die mehrere Doppellagen verbindenden Bindefäden bestehen aus Matrixfäden. Dabei werden mindestens zwei Doppellagen mittels der Bindefäden miteinander verbunden. Der Anteil der Bindefäden im Gewebe ist relativ gering, so dass sie in der Regel bei Betrachtung der Oberseite oder der Unterseite des Gewebes nur als punktförmige Einbindungen zu sehen sind. Die Bindefäden werden vorzugsweise durch alle Doppellagen geführt und verbinden somit alle Schichten des Mehrlagengewebes. Hierfür ist eine geringe Anzahl an Bindefäden notwendig. Trotz der geringen Anzahl an Bindefäden sind die Schichten der Doppellagen und die Doppellagen nicht gegeneinander verschiebbar. Ein solches Mehrlagengewebe, beispielsweise ein aus zehn Doppellagen aufgebautes Mehrlagengewebe, stellt ein einstückiges trockenes Vorprodukt (Dry Prepreg) dar, welches in einfachster Weise - ohne einen Beschichtungsvorgang - zu einer ebenen Verbundplatte verpresst werden kann. Bei dem bekannten Pressvorgang wird durch Wärme die Matrix, in diesem Fall die Schichten der Matrixfäden, aufgeschmolzen. Der Pressvorgang kann dann in einer bekannten Doppelbandpresse, einer Intervallpresse, einer Plattenpresse oder einem Autoklaven durchgeführt werden. Die Wärmeenergie zum Aufschmelzen der Matrix kann dabei durch Kontaktwärme, Strahlungswärme wie HF-Strahlung oder IR-Strahlung oder durch Ultraschall zugeführt werden. Nach dem Aufschmelzen der Matrixfäden und dem Verdichten des Mehrlagengewebes zu dem faserverstärkten Verbundprodukt kann ein kontrolliertes Abkühlen vorgenommen werden. Wird ein solches Mehrlagengewebe unter Wärmeeinwirkung zu einem Composit verpresst, werden die strukturiert angeordneten Verstärkungsfäden ohne Änderung ihrer Ausrichtung in der aufgeschmolzenen und wieder erstarrten Matrix eingebettet. Das Composit hat die Gestalt eines aus Verstärkungsfäden gebildeten, in einer

Matrix eingebetteten Geleges. Die Verstärkungsfäden des Composites liegen dabei in der gewünschten Kraftlinienausrichtung, ohne durch die ursprüngliche Gewebestruktur oder den Herstellungsvorgang aus ihrer Wirkrichtung herausgebogen worden zu sein.

5

Aufgrund der strukturierten Anordnung der Matrixfäden in einer gewählten Gewebestruktur, z.B. der Gelegegewebestruktur „Advanced Synchron Weave“, ist die Matrix bereits gleichmäßig in dem trockenen Vorprodukt (Dry Prepreg), dem Mehrlagengewebe, verteilt. Es ist genau festgelegt, welche Menge Matrix
10 in Form von Matrixfäden einen Verstärkungsfaden später einbetten soll. Jeder der strukturiert angeordneten Matrixfäden in einer Schicht ist in einer vorbestimmten Lage zu einem Verstärkungsfaden der benachbarten Schicht mit den strukturiert angeordneten Verstärkungsfäden in dem Mehrlagengewebe angeordnet. Durch diese ideale, gleichmäßige Verteilung der Matrixfäden ist
15 sichergestellt, dass jedes Filament der Verstärkungsfäden beim Aufschmelzen mit der Matrix benetzt wird (Mikroimprägnierung), ohne dass beim Verpressen Verstärkungsfäden oder Filamente aus der gewünschten Kraftlinie weggepresst werden. Darüber hinaus werden durch die gewählte Struktur für das Mehrlagengewebe, z.B. durch die Gewebestruktur, gerichtete Wege zur
20 Entlüftung geschaffen. Bei der Verwendung von Multifilamenten, insbesondere für die Matrixfäden, bilden diese zusätzlich quasi Entlüftungskanäle.

Nachfolgend wird anhand einer Prinzipskizze, siehe Figur 1, eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrlagengewebes beschrieben.
25 Die Erfindung ist nicht auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt. Es handelt sich um ein Mehrlagengewebe mit einer Gelegegewebestruktur „Advanced Synchron Weave“. Die eingezeichneten Fäden sind der Übersicht halber mit gegenseitigem Abstand dargestellt. Hierbei sind die Matrixfäden M1, M2 in Schussrichtung S vorgesehen. Die Matrixfäden M1 bilden dabei die erste
30 Schicht der ersten Doppellage. Darüber sind die Verstärkungsfäden Vo, Vm, Vu der ersten Schicht der ersten Doppellage angeordnet. Diese aus Kohlenstofffasern gebildeten Verstärkungsfäden Vo, Vm, Vu sind in gerader Ausrichtung in der Schicht verlegt, nämlich die oberen Verstärkungsfäden Vo

und die unteren Verstärkungsfäden Vu in Kettrichtung K und die mittleren Verstärkungsfäden Vm in Schussrichtung S. Darüber ist bereits die zweite Schicht Matrixfäden M2 der zweiten Doppellage angedeutet. Die zweite Schicht an Verstärkungsfäden und die weiteren Doppellagen sind nicht mehr dargestellt, damit die Prinzipskizze übersichtlich bleibt. Die zweite Schicht an Verstärkungsfäden würde sich oberhalb der Matrixfäden M2 befinden. Darüber dann wieder eine Schicht Matrixfäden und oberhalb dieser dann wieder Verstärkungsfäden. Die Verbindung aller Schichten miteinander erfolgt durch die Binfäden B, die aus Polyetheretherketon (PEEK) wie die Matrixfäden bestehen. Insgesamt bilden 8 Schichten Matrixfäden und zwar Multifilamentfäden aus Polyetheretherketon (PEEK) und 8 Schichten Verstärkungsfäden, nämlich Monofilfäden aus Kohlenstoff die „Advanced Synchron Weave“-Struktur, eine Gelegegewebe-Struktur, die in einem Webvorgang erzeugt wird.

15

Die Verstärkungsfäden Vo, Vm, Vu sind dabei jeweils in gerader Ausrichtung in den Schichten verlegt, d.h. ohne Einbindung (ohne crimp), wodurch eine gewünschte Kraftlinienausrichtung der Verstärkungsfäden erreicht wird, ohne dass die Verstärkungsfäden aus dieser vorbestimmten Ausrichtung ausgelenkt werden. Bei der vorliegenden Gelegegewebe-Struktur für das Mehrlagengewebe sind insbesondere die Verstärkungsfäden quasi in Form eines Geleges in die Gewebestruktur eingebracht und alle Schichten werden in einem Webvorgang zu dem Mehrlagengewebe verwebt. Die Anordnung der Verstärkungsfäden ändert sich auch nicht beim Verpressen eines solchen Mehrlagengewebes zu einem Composit. Wird ein solches Mehrlagengewebe in eine Presse eingelegt und zu einer ebenen Compositplatte verdichtet, behalten die Verstärkungsfäden ihre gerade Ausrichtung, nämlich zum einen in Kettrichtung K und zum anderen in Schussrichtung S. Bei einem Pressvorgang schmelzen die thermoplastischen Matrixfäden aus PEEK auf, imprägnieren die Kohlenstofffäden und nach dem Abkühlen liegen die aus Kohlenstoff bestehenden Verstärkungsfäden Vo, Vm, Vu in der gleichen geraden Anordnung wie die Kettfäden Vo, Vu und die Schussfäden Vm des ursprünglichen Gelegegewebes jetzt als Gelege eingebettet in der PEEK-Matrix vor.

30

Soll dagegen ein unebenes Formteil hergestellt werden, beispielsweise eine gebogene Compositplatte, so wird beim Pressen auch gleichzeitig die gebogene Form gebildet, wozu die Pressenwerkzeuge entsprechend geformt sind. Dazu
5 wird das flexible Mehrlagengewebe beim Einlegen in die Presse so drapiert, dass die Verstärkungsfäden in gewünschter Ausrichtung, nämlich nicht mehr gerade sondern in diesem Fall bogenförmig ausgerichtet sind, um diese Ausrichtung im fertigen Bauteil einzunehmen.

10 Ein solches Composit besitzt eine äußerst hohe Homogenität und eine kaum nachweisbare Porosität, so dass dieses als unporös bezeichnet werden kann.

Besonders vorteilhaft sind diese erfindungsgemäßen Mehrlagengewebe auch zur Herstellung geformter faserverstärkter Verbundprodukte, wie gewölbter Platten
15 oder dreidimensionaler Bauteile, da sich das textile Mehrlagengewebe gut in einer Form drapieren lässt. Eine ebene Verbundplatte lässt sich aufgrund der thermoplastischen Matrix auch nachträglich umformen. Darüber hinaus lässt sich in einem Mehrlagengewebe durch die Auswahl der Verstärkungsfäden, der Fadenart und der Gewebestruktur gezielt eine gewünschte Festigkeit lokal
20 konstruieren.

Bei weiteren Ausführungen der Erfindung ist vorgesehen, zusätzlich Verstärkungsfäden in einer Zwischenschicht, beispielsweise zwischen die beiden Schichten der Doppellage als sogenannte Polfäden einzuarbeiten. Auf
25 diese Weise kann das Belastungsprofil für das gewünschte faserverstärkte Halbzeug zusätzlich in eine gewünschte Richtung verstärkt werden, wenn die als Polfäden eingesetzten Verstärkungsfäden in die gewünschte Richtung der Kraftlinien ausgerichtet sind.

30 Es ist damit durch die erfindungsgemäßen Mehrlagengewebe eine gezielte Konstruktion auch von faserverstärkten Hybridbauteilen möglich, nämlich durch die Auswahl unterschiedlicher Verstärkungsfäden bzw. Matrixfäden in einer Doppellage oder in unterschiedlichen Doppellagen, durch das Vorsehen

von Polfäden zwischen den Schichten einer Doppellage oder durch eine zusätzliche Einzellage als Zwischenlage zwischen zwei Doppellagen oder als Deckschicht.

- 5 Auf diese Weise hergestellte faserverstärkte Composite können beispielsweise als Außenhaut für Flugzeuge, Kraftfahrzeuge oder andere Fahrzeuge eingesetzt werden. Aus diesem Mehrlagengewebe hergestellte dreidimensional geformte Composite sind beispielsweise einsetzbar als Formstücke für Säurepumpen, Prothesen, Sportartikel oder als Strukturbauteile für Fahrzeuge. Der Vorteil
10 dieser Composite ist ihr leichtes Gewicht, ihre Medienbeständigkeit und ihre guten mechanischen Eigenschaften, u.a. kann ein vergleichsweise höheres Biege-E-Modul als bei Compositen aus Hybridgarn erreicht werden.

Die Anwendung des neuen Mehrlagengewebes als Halbzeug zur Herstellung
15 faserverstärkter Verbundkörper hat den Vorteil, dass nach dem Herstellen des Mehrlagengewebes kein Beschichtungsvorgang mehr notwendig ist, da die Matrixfäden bereits beim Weben des Mehrlagengewebe in das textile Produkt integriert werden. Ein solches Mehrlagengewebe kann also ohne Beschichtungsvorgang, ohne Herstellung einer Hybridfaser oder eines
20 Matrixfilms gebildet und unmittelbar in eine entsprechende Pressform eingelegt werden. Unter Aufschmelzung der Matrixfäden wird das Mehrlagengewebe zu dem gewünschten faserverstärkten Verbundkörper verformt und verdichtet werden. Damit wird bei der Herstellung eines faserverstärkten Verbundkörpers ein Arbeitsgang, beispielsweise der Beschichtungsvorgang, eingespart.

25

Das Mehrlagengewebe ist ein trockenes Vorprodukt, welches gut lagerfähig und hinsichtlich seiner Komponenten lagerstabil ist. In besonders vorteilhafter Weise ist bei dem erfindungsgemäßen Mehrlagengewebe eine gezielte Matrixverteilung aufgrund der gleichmäßig verteilten, strukturiert angeordneten
30 Matrixfäden und eine gezielte Anordnung der Verstärkungsfäden im Verbundkörper aufgrund der insbesondere ohne crimp eingebrachten Verstärkungsfäden möglich. Es wird beim Verpressen des Halbzeugs, nämlich des erfindungsgemäßen textilen Mehrlagengewebes, ein rascher

Wärmeübergang und eine vollkommene Entlüftung erzielt; Lufteinschlüsse bleiben vermieden. Die gleichmäßige Verteilung der Matrix in Form der strukturiert zu den Verstärkungsfäden angeordneten Matrixfäden hat eine feinste Mikroimprägnierung der einzelnen Filamente der Verstärkungsfäden
5 durch die geschmolzene Matrix zur Folge. Mit dem spezifischen Schmelzfluss der Matrix beim Verpressen des erfindungsgemäßen Mehrlagengewebes wird ein Auslenken von Verstärkungsfäden aus der idealen Kraftlinie vermieden und somit ein verbessertes Verbundprodukt erhalten.

Ansprüche

- 1.) Mehrlagengewebe, insbesondere zur Herstellung von Compositen, aus mehreren textilen Doppellagen, wobei jede Doppellage aus zwei Schichten besteht, nämlich einer Schicht aus strukturiert angeordneten gleichen oder unterschiedlichen Verstärkungsfäden sowie einer Schicht aus strukturiert angeordneten gleichen oder unterschiedlichen thermoplastischen Matrixfäden und wobei die Schichten der Doppellagen durch Binfäden, welche durch mehrere Doppellagen geführt sind, miteinander verbunden sind.
- 2.) Mehrlagengewebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bis zu 10 Doppellagen vorgesehen sind, wobei die Gesamtdicke des Mehrlagengewebes zwischen 0,20 mm und 65 mm liegt.
- 3.) Mehrlagengewebe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die gleichen Verstärkungsfäden und die gleiche Anordnung der Verstärkungsfäden für die eine Schicht jeder Doppellage und die gleichen Matrixfäden und die gleiche Anordnung der Matrixfäden für die andere Schicht jeder Doppellage verwendet wird.
- 4.) Mehrlagengewebe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedliche Verstärkungsfäden und/oder unterschiedliche Anordnungen der Verstärkungsfäden für die eine Schicht der Doppellagen und/oder unterschiedliche Matrixfäden und/oder unterschiedliche Anordnungen der Matrixfäden für die andere Schicht der Doppellagen verwendet werden.
- 5.) Mehrlagengewebe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungsfäden Garne, Spinnfasergarne, Kompaktgarne, Endlosfasergarne, Stapelfasergarne, Zwirne, Monofilamente oder Multifilamente mit Garnstärken von 66 dtex bis 32000 dtex sind und aus Kohlenstoff, aus Keramik wie beispielsweise

Glas, aus Basalt oder anderen Silikaten, aus Siliziumcarbid, aus Metallen wie Stahl, Aluminium oder Titan, aus Aramid wie beispielsweise Kevlar, aus Polyphenylen-2,6-benzobisoxazol (PBO) wie beispielsweise Zylon, aus hochverstrecktem Polyethylen wie beispielsweise DYNEEMA oder
5 aus anderen organischen Hochtemperatur-thermoplasten bestehen.

6.) Mehrlagengewebe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrixfäden Garne, Spinnfasergarne, Kompaktgarne, Endlos-fasergarne, Stapelfasergarne, Zwirne,
10 Monofilamente oder Multifilamente mit Garnstärken von 66 dtex bis 32000 dtex sind und aus thermoplastischen Polymeren mit einem Schmelzpunkt im Bereich zwischen 50°C und 480°C bestehen, vorzugsweise aus Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) auch z.B. expandiertes Polyethylen (EPE) oder fluoriertes Ethylenpropylen (FEP),
15 Polyester, Polyethersulfonen (PES), Polyphenylensulfiden (PPS, z.B. Ryton), Polyethylenterephthalaten (PET), Polyamiden (PA), Polyphenylensulfid (PPS), Polyvinylidenchloriden (PVDC, z.B. Saran), Polyvinylidenfluoriden (PVDF), Polyfluoroxyalkanen (PFA), Polybenzimidazol (PBI), Polyetherimiden (PEI z.B. Ultem),
20 Polyetherketon (PEK) wie beispielsweise Polyetheretherketon (PEEK).

7.) Mehrlagengewebe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass für die Schichten eine Gewebestruktur gewählt wird, die zu einer geschlossenen und glatten Oberfläche führt, vorzugsweise eine Gewebestruktur
25 „Advanced Synchron Weave“ gewählt wird, bei der die Verstärkungsfäden in gerader Ausrichtung in der jeweiligen Schicht als Kettfäden und/ oder Schussfäden verlegt sind.

8.) Mehrlagengewebe einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bindefäden aus dem gleichen Material wie die Verstärkungsfäden
30 und/ oder wie die Matrixfäden bestehen.

- 9.) Mehrlagengewebe nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Binde­fäden Multifilament­fäden sind und aus dem gleichen Material wie die Matrix­fäden bestehen.
- 5 10.) Mehrlagengewebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht mit den Verstärkungs­fäden einen Faservolumenanteil von 15% bis 85% und die Schicht mit den Matrix­fäden ein Faservolumenanteil von 85% bis 15% besitzt.
- 10 11.) Mehrlagengewebe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den zwei Schichten mindestens einer Doppellage Pol­fäden eingearbeitet sind, wobei die Pol­fäden aus Matrix­fäden oder Verstärkungs­fäden bestehen.
- 15 12.) Mehrlagengewebe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Doppellagen mindestens eine Zwischenlage aus Matrix­fäden oder Verstärkungs­fäden vorgesehen ist.
- 13.) Verwendung eines Mehrlagengewebes nach den Ansprüchen 1 bis 12 als
20 Halbzeug.
- 14.) Verwendung eines Mehrlagengewebes nach den Ansprüchen 1 bis 12 zur Herstellung von nichtporösen, leichtgewichtigen, ebenen oder gewölbten Compositen, wie beispielsweise Sportartikel, Säurepumpen oder
25 Prothesen, insbesondere mit einem Faservolumenanteil der Verstärkungs­fäden von 40% bis 60%.
- 15.) Verwendung eines Mehrlagengewebes nach den Ansprüchen 1 bis 12 zur Herstellung von geformtem, nichtporösem, leichtgewichtigen Bauteilen,
30 wie beispielsweise eines Automobilteils, Kotflügel, Stoßstange, Kardanwellenabdeckung, insbesondere mit einem Faservolumenanteil der Verstärkungs­fäden von 40% bis 60%.

16.) Verwendung eines Mehrlagengewebes nach den Ansprüchen 1 bis 12 zur Herstellung von porösen Produkten zur Anwendung als Filter oder als Förderbänder, wobei insbesondere der Faservolumenanteil der Matrixfäden zwischen 15% und 40% liegt.

5

17.) Verfahren zur Herstellung von nichtporösen, leichtgewichtige Compositen mit den Verfahrensschritten:

- 10 - Herstellen eines Mehrlagengewebes mit einer Gelegegewebestruktur „Advanced Synchron Weave“, welches mehrere Doppellagen umfasst, wobei eine Doppellage je eine Schicht aus strukturiert angeordneten, jedoch ohne Einbindung ausgerichteten Verstärkungsfäden sowie je eine Schicht aus strukturiert angeordneten, thermoplastischen Multifilament-Matrixfäden enthält und alle Schichten mittels Bindefäden verbunden sind,
- 15 - Einführen des Mehrlagengewebes in eine Pressvorrichtung, wobei die Verstärkungsfäden eine vorbestimmte Ausrichtung einnehmen,
- anschließendes Erwärmen des textilen Mehrlagengewebes auf eine dem Fließbereich der Matrixfäden entsprechende Schmelztemperatur, wobei unter Einwirken von Pressdruck das Mehrlagengewebe zu
20 einem homogenen, kompakten faserverstärkten Verbundkörper verdichtet und gegebenenfalls verformt wird und wobei die im Mehrlagengewebe eingeschlossene Luft entweicht,
- Abkühlen des Verbundkörpers zur Erzielung des gewünschten Composites, in welchem die in der vorbestimmten Ausrichtung
25 vorgesehenen Verstärkungsfäden in Form eines Geleges in der aus dem Material der Matrixfäden gebildeten thermoplastischen Matrix eingebettet sind.

30 18.) Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Pressvorrichtung eine Doppelbandpresse oder eine Intervallpresse oder eine Plattenpresse oder ein Autoklav ist.

- 19.) Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Erwärmen durch Energiezufuhr mittels Kontaktwärme, Strahlungswärme wie beispielsweise HF-Strahlung oder IR-Strahlung oder mittels Ultraschall erfolgt.

1/1

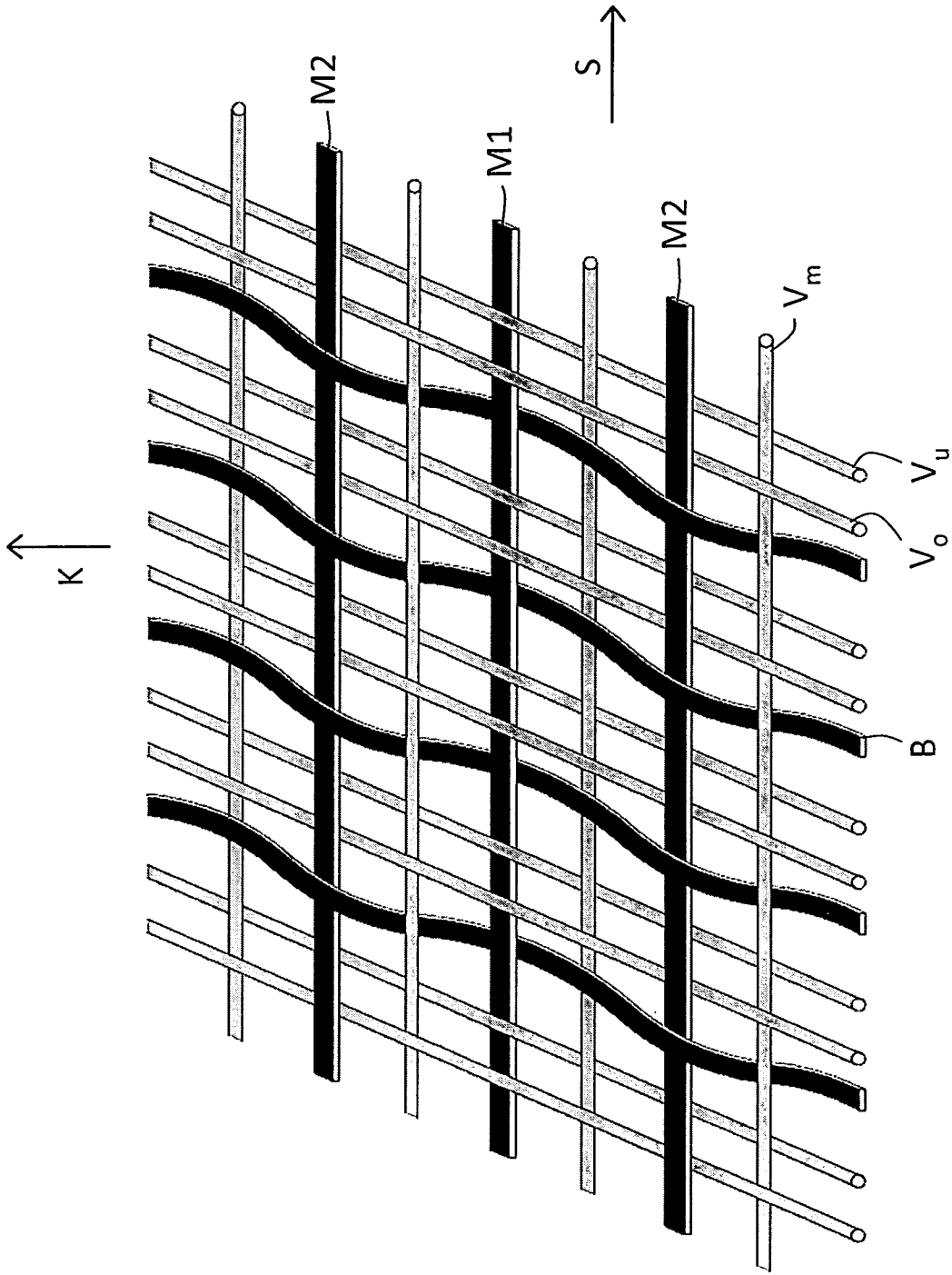


Fig. 1