

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50799/2017
 (22) Anmeldetag: 20.09.2017
 (45) Veröffentlicht am: 15.11.2020

(51) Int. Cl.: **E04C 5/07** (2006.01)
B29B 11/16 (2006.01)
B29C 70/00 (2006.01)
D04H 13/00 (2006.01)

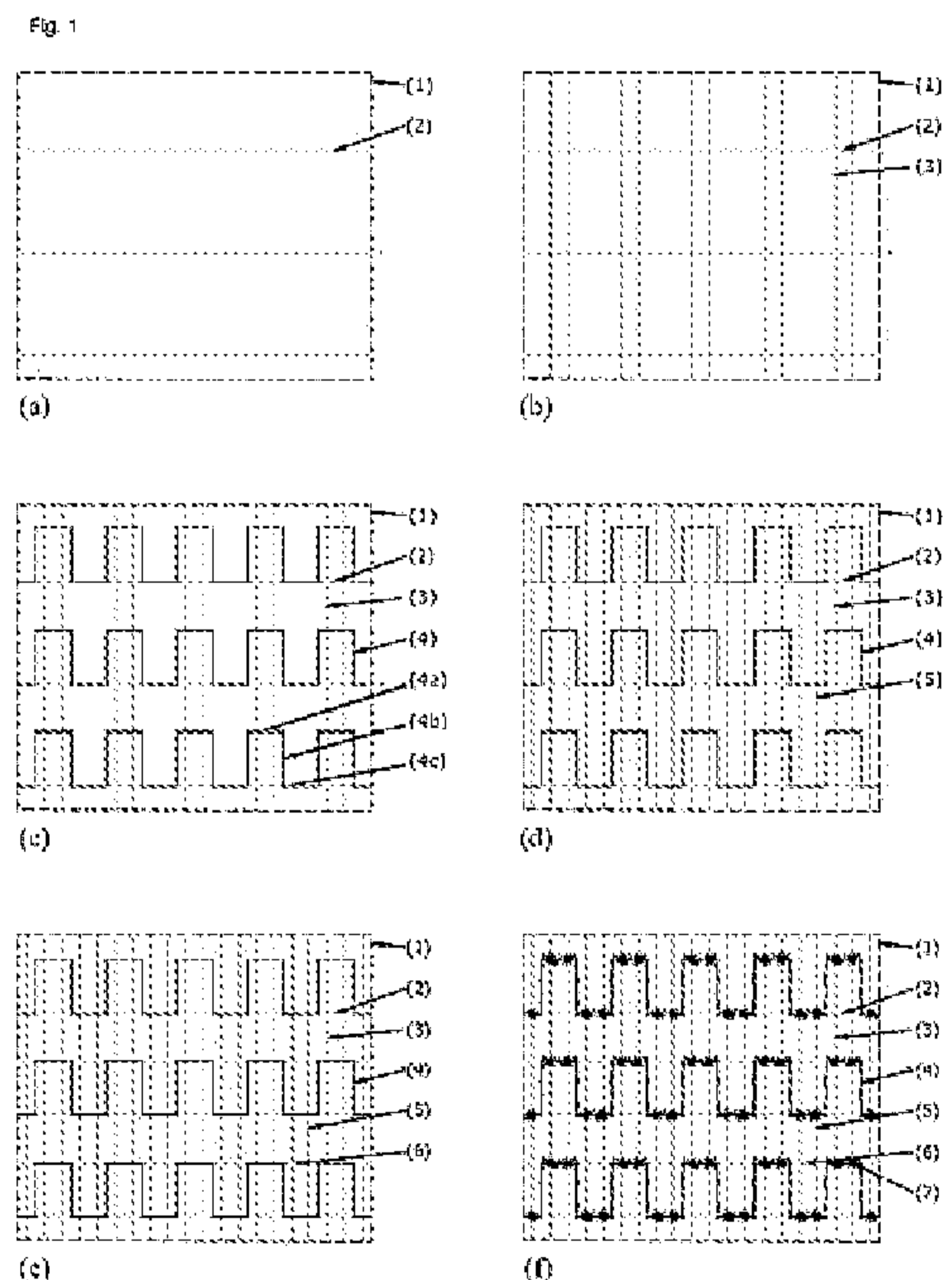
(56) Entgegenhaltungen:
 T. Gries, M. Raina, T. Quadflieg and O. Stolyarov.
 Manufacturing of textiles for civil engineering
 applications. In: Woodhead Publishing Series in
 Civil and Structural Engineering. Textile Fibre
 Composites in Civil Engineering, 2016, Nr. 60.
 Edited by T.C. Triantafillou. ISBN: 978-1-78242-
 446-8
 WO 2007010049 A1
 WO 0245932 A1
 EP 1094171 B1
 EP 0464803 A1

(73) Patentinhaber:
 Universität Innsbruck
 6020 Innsbruck (AT)

(74) Vertreter:
 Schwarz & Partner Patentanwälte OG
 1010 Wien (AT)

(54) **BEWEHRUNGSMATERIAL**

(57) Verfahren zur Herstellung einer Bewehrung, umfassend eine Gitterstruktur aus Rovings (2, 3, 4, 5, 6), gekennzeichnet durch die Schritte Bereitstellen eines flächigen Trägermaterials (1), Aufbringen von Rovings (2, 3, 4, 5, 6) auf das Trägermaterial (1), wobei die Rovings (2, 3, 4, 5, 6) Kreuzungspunkte (7) bilden, Fixieren von Kreuzungspunkten (7) mit einem Faden, wobei der Faden zumindest zwei Rovings (2, 3, 4, 5, 6) untereinander sowie mit dem Trägermaterial (1) verknüpft, Auflösen des Trägermaterials (1) mit einem Lösungsmittel für das Trägermaterial (1).



Beschreibung

BEWEHRUNGSMATERIAL

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bewehrung für eine aushärtende Matrix, insbesondere Beton, umfassend eine Gitterstruktur aus Rovings, wobei die Rovings in mehreren Bahnen angeordnet sind und Kreuzungspunkte bilden. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Bewehrung, insbesondere für eine aushärtende Matrix wie Beton, umfassend eine Gitterstruktur aus Rovings. Darüber hinaus betrifft die Erfindung Textilbeton, umfassend eine solche Bewehrung, die Herstellung von Textilbeton sowie Verwendungsmöglichkeiten der Bewehrung.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Beton ist der im Bauwesen am meisten verwendete Baustoff und er zeichnet sich durch eine hohe Druckfestigkeit aus. Da seine Zugfestigkeit nur ca. 10% der Druckfestigkeit beträgt, muss der Großteil der Betonbauteile mit einer Bewehrung ergänzt werden, welche zur Aufnahme von Zugkräften geeignet ist und im Betonverbund funktioniert. Als Bewehrung wird hauptsächlich Stahl verwendet, der jedoch nachteilig ist. Stahlkorrosion, welches die häufigste Schadensursache bei Stahlbetonbauteilen ist, führt zu einer begrenzten Lebensdauer. Um Stahlkorrosion zu verhindern, ist eine ausreichende Betonüberdeckung erforderlich, welche zu größeren Bauteilstärken und zu zusätzlichem Konstruktionseigengewicht führt.

[0003] Als alternatives Bewehrungsmaterial werden seit einiger Zeit auch Textilien unter Bildung von Textilbeton (Textile Reinforced Concrete - TRC) eingesetzt. Dabei werden dem Beton textile Fasern zur Aufnahme der Zugkräfte zugesetzt. Bei den Fasern handelt es sich um alkali- und korrosionsresistente Fasern wie beispielsweise Carbon oder AR Glas, welche in den Beton so eingearbeitet werden müssen, dass dieser die Fasern gleichmäßig umhüllt. Aus diesem Grund haben sich gitterförmige Verstärkungsstrukturen durchgesetzt, wobei es je nach Einsatzgebiet unterschiedlicher Verschiebe- und Drapierfähigkeiten bedarf.

[0004] Der Verbund wird bei den verwendeten Textilien hauptsächlich durch Reibschluss bestimmt, welcher durch die Textiloberfläche maßgeblich beeinflusst werden kann. Die fertigen textilen Verstärkungsstrukturen werden im Guss, Laminier- oder Spritzverfahren in die Betonstruktur eingebracht. Eigenschaften wie hohe Zugfestigkeiten, Abmessungen im Millimeterbereich sowie die Tatsache, dass die verwendeten Fasern nicht vor Korrosion geschützt werden müssen, sprechen für den Textilbeton.

[0005] Aus technischen und finanziellen Gründen besitzen textile Bewehrungen für eine alkalisch aushärtende Matrixebene ein- und zweidimensionale Formen wie Rovings, Vliese, Gelege und Gewebe. Diese werden je nach Erfordernis in mehreren Lagen eingebaut, welche mit Abstandhaltern positioniert werden.

[0006] In DE 10 2005 055 770 A werden zur textilen Armierung von Betonbauteilen Abstandsgewirke verwendet, welche gegenüberliegende Deckflächen miteinander verbinden. Je nach Bedarf kann auf den Einbau der Gewirke verzichtet werden, um somit einen Abwinkelungsbereich im Bauteil zu schaffen.

[0007] DE 10 2015 100 4538 B1 zeigt Textilbeton mit Rovings aus Carbonfasern, wobei die Carbonfasern mittels eines Rahmens zu einem Spanngelege verarbeitet und anschließend in Beton eingebracht werden. DE 10 2016 100 455 A1 zeigt eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Garnbewehrung für Textilbeton.

[0008] DE 10 2016 124 226 A1 zeigt Textilbeton sowie ein Verfahren zur Herstellung von Textilbeton, wobei ein Gitterträger aus einzelnen Fäden (z.B. Carbonfasern) gebildet wird. Hieraus lassen sich auch dreidimensional geformte Textilbetonelemente herstellen.

[0009] In EP 0 464 803 A1 und T. Gries et al. „Manufacturing of textiles for civil engineering applications“, Textile Fibre Composites in Civil Engineering; Woodhead Publishing, 2016, 3-24;

werden 3D Textilbewehrungen mit Rovings offenbart, bei welchen jeweils zwei Rovings mithilfe eines Garns durch Kettenwirkerei verbunden werden. Genauer gesagt, werden die Längs- und Querrovings der Textilstruktur mittels eines Kettgarns anhand dieser speziellen Stricktechnik verbunden. Die Verbindung der Rovings wird in einem aufwändigen Strickverfahren durchgeführt, für welches spezielle Kettenwirkmaschinen verwendet werden. Dieses Verfahren ermöglicht auch keine Verbindung der Rovings an einzelnen Kreuzungspunkten, da die Kettenwirkerei zwei Rovings immer entlang der gesamten Länge des Längs- oder Querrovings mit einem Kettgarn miteinander verbindet.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0010] Hinsichtlich der Zugfestigkeit erfüllt Textilbeton gemäß Stand der Technik nicht die erforderlichen Eigenschaften, um in allen Bereichen einen Ersatz für Stahlbeton bieten zu können. Zusätzlich zur ebenen Abtragwirkung von Bauteilen, welche mittels 2D Bewehrungen aufgenommen werden können, gibt es eine Vielzahl an räumlichen Spannungszuständen, welche dreidimensionale Bewehrungsstrukturen erfordern, beispielsweise Spaltzugbewehrungen, Durchstanzbewehrungen, Querkraftbewehrungen oder Querkzugbewehrungen. Daher ist auch die Gestaltung von gekrümmten, bewehrten Betonteilen mit Textilbeton derzeit mit Problemen bezüglich Zugfestigkeit behaftet.

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Bewehrung insbesondere für Betonteile bereitzustellen, bei welcher diese Probleme vermindert sind. Insbesondere soll eine Betonbewehrung bereitgestellt werden, die eine Zugfestigkeit vergleichbar mit Stahl oder höher aufweist, außerdem gekrümmte Bauteile erlaubt und einfach hergestellt werden kann.

[0012] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung einer Bewehrung, umfassend eine Gitterstruktur aus Rovings, gekennzeichnet durch die Schritte

- Bereitstellen eines flächigen Trägermaterials,
- Aufbringen von Rovings auf das Trägermaterial, wobei die Rovings Kreuzungspunkte bilden,
- Fixieren von Kreuzungspunkten mit einem Faden, wobei der Faden zumindest zwei Rovings untereinander sowie mit dem Trägermaterial verknüpft,
- Auflösen des Trägermaterials mit einem Lösungsmittel für das Trägermaterial.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Bewehrungsmaterial bereitgestellt, indem mittels Sticktechnik Rovings auf ein Trägermaterial aufgebracht werden, wobei das Trägermaterial anschließend aufgelöst wird. Durch die dadurch mögliche Positionierung und die Verbindung der Rovings mittels eines Fadens lassen sich auf einfache Weise sehr stabile Gerüststrukturen erstellen, welche gegenüber den Gelehen gemäß Stand der Technik deutlich stabiler sind und daher eine höhere Verstärkung in einem Betonbauteil gewährleisten. Außerdem lassen sich durch dieses Verfahren beliebige Strukturen an Bewehrungsmaterial herstellen.

[0014] Es kann vorgesehen sein, dass die Rovings in mehreren Bahnen angeordnet werden, wobei in einem ersten Schritt mehrere Querrovings auf dem Trägermaterial angeordnet werden, wobei in einem zweiten Schritt jeweils mehrere Längsrovings auf das Trägermaterial, auf welches bereits die Querrovings aufgebracht sind, aufgebracht werden, wobei sich Querrovings und Längsrovings kreuzen.

[0015] Die Materialablage der Rovings kann Richtungsunabhängig erfolgen - d.h. die Bahnen müssen nicht rechtwinkelig zueinander stehen. Das ergibt für 2D Bewehrungen den Vorteil, dass die verwendeten Fasermaterialien anisotrope Materialeigenschaften besitzen. Das heißt nur eine in Hauptzugrichtung wirkende Bewehrung erreicht die maximalen Materialkennwerte hinsichtlich Festigkeit und Steifigkeit. Das Einsparungspotential der erforderlichen textilen Bewehrung durch die Anpassung an die Hauptzugspannungsrichtung wird als sehr groß eingeschätzt. Das Material wird voll ausgenutzt und nur dort eingesetzt, wo es benötigt wird.

[0016] Gibt es zwei Hauptrichtungen an Belastungen, kann vorgesehen sein, dass die mehreren Querrovings zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet werden. Außerdem werden die

mehreren Längsrovings zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet. Querrovings und Längsrovings kreuzen sich in einem Winkel. Dieser Winkel ist auf die Hauptrichtungen der Belastungen angepasst.

[0017] Sind isotrope Materialeigenschaften gewünscht, werden nicht nur die mehreren Querrovings zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet und es werden die mehreren Längsrovings zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet. Die Querrovings und Längsrovings kreuzen sich außerdem in einem im Wesentlichen rechten Winkel.

[0018] Ein solches Verfahren liefert im ersten Schritt ein Bewehrungsmaterial, welches ein zweidimensionales Gitter darstellt. Aufgrund der Flexibilität kann es in beliebige Formen gebracht werden.

[0019] Weiters kann vorgesehen sein, dass auf die Querrovings und Längsrovings mehrere Bahnen Stegrovings aufgebracht werden, wobei die Stegrovings jeweils zumindest drei Abschnitte aufweisen, wobei der erste Abschnitt bereichsweise im Wesentlichen parallel zu Querrovings ist, der zweite Abschnitt bereichsweise im Wesentlichen parallel zu Längsrovings ist und der dritte Abschnitt bereichsweise im Wesentlichen parallel zu Querrovings ist, wobei sich der erste Abschnitt der Stegrovings und die Querrovings kreuzen. Dies ermöglicht zunächst ein stabileres Gitter. Es kann durch einen weiteren Verfahrensschritt, nämlich durch das zusätzliche Aufbringen von zweiten Längsrovings und zweiten Querrovings, wobei erste Längsrovings und zweite Längsrovings im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind und wobei erste Querrovings und zweite Querrovings im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, eine komplexere, dreidimensionale Struktur erzielt werden.

[0020] Wird zusätzlich vorgesehen, dass mit dem Faden Kreuzungspunkte fixiert werden, wobei die ersten Querrovings mit den zweiten Längsrovings und die zweiten Querrovings mit den ersten Längsrovings verbunden werden, so kann ein dreidimensionales Gitter erstellt werden.

[0021] Schließlich kann vorgesehen sein, dass nach dem Auflösen des Trägermaterials die ersten Querrovings und die zweiten Querrovings gegeneinander verschoben werden. Mit diesem Verfahren wird eine Bewehrung mit einer ersten Lage an Querrovings und Längsrovings, wobei die Kreuzungspunkte von Querrovings und Längsrovings mit einem Faden fixiert sind und eine zweite Lage Querrovings und Längsrovings, wobei die Kreuzungspunkte von Querrovings und Längsrovings mit einem Faden fixiert sind, gebildet. Durch das Verschieben der ersten gegen die zweite Lage, richtet sich die zweite Lage gegenüber der ersten auf. Über die Stegrovings, welche die erste Lage und die zweite Lage miteinander verbinden, hält das dreidimensionale Gerüst zusammen.

[0022] Bevorzugt ist außerdem vorgesehen, dass die Stegrovings so aufgebracht sind, dass der erste Abschnitt der Stegrovings mit den zweiten Querrovings und der dritte Abschnitt der Stegrovings mit den ersten Rovings bereichsweise annähernd übereinanderliegen und über eine oder mehrere sich in Richtung der jeweiligen Querrovings verlaufenden Verbindungen mit dem Faden erstrecken. Dies ermöglicht ein stabiles, ausgedehntes Gitter.

[0023] Um gekrümmte Bewehrungen herstellen zu können, kann weiters vorgesehen sein, dass die Länge der Querrovings oder Längsrovings abschnittsweise verändert wird, um so beim Aufrichten der einen Lage gegenüber der anderen Lage eine Krümmung zu erzeugen.

[0024] Es hat sich außerdem als vorteilhaft erwiesen, wenn der Faden aus einem Material besteht, welches bei Temperatureinwirkung schrumpft, wobei der Faden nach dem Fixieren einer Temperatureinwirkung unterzogen wird. Durch das Schrumpfen des Fadens wird der Verknüpfungspunkt der gekreuzten Rovings stabilisiert und die Bewehrung wird noch stabiler.

[0025] Weiters kann vorgesehen sein, dass die Rovings mit Hilfsfäden auf dem Trägermaterial fixiert werden. Dies erleichtert die genaue Verlegung der Rovings auf dem Trägermaterial, was in weiterer Folge zu stabileren Strukturen führt.

[0026] Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Rovings nach dem Auflösen des Trägermaterials mit einem aushärtenden Material, vorzugsweise einem Harz, behandelt werden.

[0027] Das Harz kann außerdem mit einer Beschichtung versehen werden. Bevorzugt handelt es sich um eine Beschichtung, welche eine höhere Rauigkeit als die Harzoberfläche aufweist. Dies gewährleistet eine bessere Verbindung mit dem Beton. Beispielsweise kann Sand, Quarz oder dergleichen auf die Oberfläche aufgebracht werden.

[0028] Aus dem genannten Verfahren ergibt sich auch eine erfindungsgemäße Bewehrung. Daher betrifft die Erfindung außerdem eine Bewehrung, umfassend eine Gitterstruktur aus Rovings, wobei die Rovings in mehreren Bahnen angeordnet sind und Kreuzungspunkte bilden, dadurch gekennzeichnet, dass Kreuzungspunkte mit einem Faden fixiert sind, wobei der Faden zumindest zwei Rovings untereinander verknüpft.

[0029] Die Bewehrung kann derart ausgebildet sein, dass mehrere Querrovings nebeneinander angeordnet sind und mehrere Längsrovings nebeneinander angeordnet sind, wobei sich Querrovings und Längsrovings kreuzen, wobei die Kreuzungspunkte von Querrovings und Längsrovings mit einem Faden fixiert sind.

[0030] Die Rovings können Richtungsunabhängig angeordnet sein - d.h. die Bahnen müssen nicht rechtwinkelig und parallel zueinander stehen. Das ergibt für 2D Bewehrungen den Vorteil, dass die verwendeten Fasermaterialien anisotrope Materialeigenschaften besitzen. Das heißt nur eine in Hauptzugrichtung wirkende Bewehrung erreicht die maximalen Materialkennwerte hinsichtlich Festigkeit und Steifigkeit. Das Einsparungspotential der erforderlichen textilen Bewehrung durch die Anpassung an die Hauptzugspannungsrichtung wird als sehr groß eingeschätzt. Das Material wird voll ausgenützt und nur dort eingesetzt, wo es benötigt wird.

[0031] Gibt es zwei Hauptrichtungen an Belastungen, kann vorgesehen sein, dass die mehreren Querrovings zueinander im Wesentlichen jeweils zueinander parallel angeordnet sind. Außerdem sind die mehreren Längsrovings zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet. Querrovings und Längsrovings kreuzen sich in einem Winkel. Dieser Winkel ist auf die Hauptrichtungen der Belastungen angepasst.

[0032] Sind isotrope Materialeigenschaften gewünscht, werden sind die mehreren Querrovings zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet und es sind die mehreren Längsrovings zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet. Außerdem kreuzen sich die Querrovings und Längsrovings in einem im Wesentlichen rechten Winkel.

[0033] In einer Ausführungsvariante ist die Bewehrung gekennzeichnet durch eine erste Lage an Querrovings und Längsrovings, wobei die Kreuzungspunkte von Querrovings und Längsrovings mit einem Faden fixiert sind und eine zweite Lage Querrovings und Längsrovings, wobei die Kreuzungspunkte von Querrovings und Längsrovings mit einem Faden fixiert sind, wobei Stegrovings vorgesehen sind, welche die erste Lage und die zweite Lage miteinander verbinden.

[0034] Die Fäden können aus einem Kunststoff, vorzugsweise einem thermoplastisch verformbaren Kunststoff, insbesondere aus Polypropylen oder Polyethylen, bestehen.

[0035] Die Rovings der Bewehrung können zur Erhöhung der Stabilität mit einer Auflage aus Kunststoff, vorzugsweise auf Epoxidbasis, versehen sein. Die Auflage aus Kunststoff, kann außerdem eine Beschichtung aus einem Material aufweisen, welches eine höhere Rauigkeit aufweist, als der Kunststoff.

[0036] Bevorzugt ist außerdem vorgesehen, dass die Stegrovings so aufgebracht sind, dass der erste Abschnitt der Stegrovings mit den zweiten Querrovings und der dritte Abschnitt der Stegrovings mit den ersten Rovings bereichsweise annähernd übereinanderliegen und über eine oder mehrere sich in Richtung der jeweiligen Querrovings verlaufenden Verbindungen mit dem Faden erstrecken. Dies ermöglicht ein stabiles, ausgedehntes Gitter.

[0037] Ein Aspekt der Erfindung betrifft Textilbeton, umfassend eine Bewehrung der vorgenannten Art.

[0038] Das Verfahren zur Herstellung von Textilbeton, umfasst die Schritte

- Bereitstellen einer Bewehrung der vorgenannten Art
- Einbetten der Bewehrung in Beton.

[0039] Das Bereitstellen der Bewehrung kann nach einem Verfahren zur Herstellung einer Bewehrung der vorgenannten Art erfolgen.

[0040] Die Bewehrung kann neben Textilbeton auch in anderen Bereichen verwendet werden. Eine Verwendung als Spaltzugbewehrung bei Vorspannungen oder als Durchstanzbewehrung bei Deckenelementen ist zum Beispiel denkbar. Diese Bewehrungen wären ebenfalls in Beton eingebettet.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0041] Nachfolgend sind weitere Details der Erfindung auch unter Zuhilfenahme von Figuren und der Beschreibung der Figuren zu finden.

[0042] Fig. 1 zeigt einen Ablageplan für eine ebene dreidimensionale Bewehrung.

[0043] Fig. 2 zeigt weitere Verfahrensschritte, welche an jene von Fig. 1 anschließen, in Seitenansicht zu Herstellung einer dreidimensionalen Bewehrung.

[0044] Fig. 3 zeigt das Prinzip des Aufspannverfahrens im Querschnitt einer ebenen dreidimensionalen Verstärkungsstruktur und die Positionierung des Funktionsmaterials.

[0045] Fig. 4 zeigt beispielhaft einen Querschnitt einer gekrümmten dreidimensionalen Verstärkungsstruktur und die Positionierung des Funktionsmaterials.

[0046] Fig. 1 zeigt ein Verfahren zur Herstellung einer Bewehrung, umfassend eine Gitterstruktur aus Rovings 2, 3, 4, 5, 6 umfassend die Schritte a bis f. In Schritt a wird zunächst ein flächiges Trägermaterial 1 bereitgestellt. Dabei handelt es sich um ein lösliches Material wie z.B. ein Cellulosegrundmaterial. Anschließend werden Rovings 2, 3, 4, 5, 6 auf das Trägermaterial 1 aufgebracht, sodass sich Rovings 2, 3, 4, 5, 6 an Kreuzungspunkten 7 kreuzen.

[0047] Die Rovings 2, 3, 4, 5, 6 werden in mehreren Bahnen angeordnet, wobei in einem ersten Schritt mehrere Querrovings 2 auf dem Trägermaterial 1 angeordnet werden (Schritt a). In einem zweiten Schritt (b) werden mehrere Längsrovings 3 auf das Trägermaterial 1 aufgebracht, auf welchem bereits die Querrovings 2 aufgebracht sind.

[0048] Die Querrovings 2 werden auf dem Trägermaterial 1 jeweils im Wesentlichen parallel und die Längsrovings 3 ebenfalls jeweils parallel angeordnet. Querrovings 2 und Längsrovings 3 schneiden sich etwa in einem rechten Winkel.

[0049] Auf die Querrovings 2 und Längsrovings 3 werden anschließend (Schritt c) mehrere Bahnen Stegrovings 4 aufgebracht werden, wobei die Stegrovings 4 jeweils zumindest drei Abschnitte 4a, 4b, 4c aufweisen, wobei der erste Abschnitt 4a bereichsweise parallel zu Querrovings 2 ist, der zweite Abschnitt 4b) bereichsweise parallel zu Längsrovings 3 ist und der dritte Abschnitt 4c bereichsweise parallel zu Querrovings 2 ist, wobei sich der erste Abschnitt der Stegrovings 4 und die Längsrovings 3 kreuzen.

[0050] Anschließend erfolgt das zusätzliche Aufbringen von zweiten Längsrovings 5 (Schritt d) und zweiten Querrovings 6 (Schritt e), wobei erste Längsrovings 5 und zweite Längsrovings 6 vorzugsweise parallel zueinander angeordnet sind und wobei erste Querrovings 2 und zweite Querrovings 6 vorzugsweise parallel zueinander angeordnet sind.

[0051] In Schritt f werden Kreuzungspunkte 7 mit einem Faden fixiert, wobei der Faden zumindest zwei Rovings untereinander sowie mit dem Trägermaterial 1 verknüpft.

[0052] Mit dem Faden werden Kreuzungspunkte 7 fixiert, wobei die ersten Querrovings 2 mit den zweiten Längsrovings 5 und die zweiten Querrovings 6 mit den ersten Längsrovings 3 verbunden werden. Außerdem werden die Stegrovings 4 in die Kreuzungspunkte 7 mitverbunden.

[0053] Anschließend können die Rovings 2, 3, 4, 5, 6 beschichtet werden.

[0054] Nach dem Auflösen des Trägermaterials 1 und Beschichten der Rovings 2, 3, 4, 5, 6 werden die ersten Querrovings 2 und die zweiten Querrovings 6 gegeneinander verschoben und die Beschichtung wird ausgehärtet.

[0055] Der Faden wird an einem Schritt durch Temperatureinwirkung geschrumpft.

[0056] Fig. 2 zeigt zusätzlich Aufspannleisten längs 8 und Aufspannleisten quer 9 zum Aufrichten des Gitters.

[0057] In Fig. 3 ist das aufgerichtete Gitter zu sehen.

[0058] Das mechanische Tragverhalten eines Betonbauteils im Bauwesen kann im Wesentlichen mithilfe von Druck- und Zugtrajektorien beschrieben werden. Im Unterschied zu plattenförmigen Bauteilen zeigen sich bei den meisten konturierten Bauteilen Zugspannungen in unterschiedlichen Raumrichtungen. Auch hoch belastete ebene plattenförmige Bauteile oder gekrümmte plattenförmige Bauteile weisen einen solchen Bedarf auf - Querkraft- oder Querkzugbewehrung. Des Weiteren ist bei örtlich hohen Lastbeanspruchungen der Bedarf an ein verdichtetes Bewehrungsnetz gegeben z.B. Aufhängungspunkte bei Platten. Eine effiziente und lastfallgerechte Bewehrungsführung verläuft in Richtung dieser Zugtrajektorien. Verstärkungsstrukturen in diesen Richtungen tragen wesentlich zur Steigerung der Tragfähigkeit und Erhöhung der Bauteilduktilität bei. Des Weiteren besitzen die am Markt positionierten ebenen Bewehrungen eine vordefinierte Form, Materialkombination und Bewehrungsmenge. Bauteile im Bauwesen zeichnen sich aber dadurch aus, dass sie sehr unterschiedlich in Größe und Form (z.B. Wandaussparungen) sowie deren Bewehrungsanordnung sein müssen. Daher wird derzeit viel Verlustmaterial durch Zuschnitts- und Verlegearbeiten sowie unflexiblen Bewehrungsanordnungen produziert.

[0059] Erfindungsgemäß werden die Rovings mittels sticktechnischen Textilverarbeitungsverfahren in Verbindung mit

- i) Tailored-Fiber-Placement (TFP)
- ii) Soutache

aufgebracht. Weiterführende Arbeitsschritte dienen der Verbesserung der rohen Bewehrung.

[0060] Bei beiden Textilverarbeitungsverfahren wird ein Funktionsmaterial in Form von Rovings 2, 3, 4, 5, 6 mittels eines Hilfsfadens (nicht gezeigt) auf ein ebenes (x-y Ebene) Trägermaterial 1 gestickt (siehe Fig. 1). Das Funktionsmaterial kann dabei winkelunabhängig und positionsgetreu abgelegt werden. Die Ablage erfolgt dabei lagenförmig auf dem Prinzip eines Geleges. Es können mehrere Lagen abgelegt und verstickt werden. Beispielsweise können 2 bis 5 Lagen, vorzugsweise 2 bis 3 Lagen abgelegt werden. Für die Herstellung einer ebenen oder gekrümmten, zweidimensionalen Verstärkungsstruktur wird das Funktionsmaterial in Knotenpunkten 7 mit einem Knotenfaden verstickt. Für die Herstellung einer ebenen oder gekrümmten, dreidimensionalen Verstärkungsstruktur mit Funktionsmaterial in mind. zwei zusammenhängenden Flächen wird dieses im ersten Schritt ebenfalls nach demselben Prinzip in der Ebene gefertigt. Das sich kreuzende Verstärkungsmaterial jeder Fläche wird miteinander mit einem Knotenfaden verstickt. Parallel dazu werden diese Flächen durch integrierte Funktionsmaterialien verbunden. In weiterer Folge wird dieses mit Stegmaterial 4 bezeichnet. Das Stegmaterial 4 umfasst jeweils eine Lage des Funktionsmaterials einer Fläche und wird in die sich kreuzenden Knoten mit einem Knotenfaden eingestickt. Als Funktions- und Stegmaterial kommen alle Materialien, welche im TFP oder Soutache Prozess verarbeitet werden können in Frage wie beispielsweise Naturfasern oder Kunstfasern die auch als Sensorfäden verwendet werden können. Als Knotenfäden können ebenfalls Materialien, die im TFP oder Soutache Prozess verarbeitet werden können, verwendet werden. Bevorzugt werden Polypropylen Fäden. Als Trägermaterial 1 oder Fixierfaden werden Materialien verwendet, die in späterer Folge chemisch oder thermisch zerstört werden können, ohne das Funktionsmaterial und die Knotenfäden zu zerstören oder zu schädigen.

[0061] Unter Berücksichtigung der endgültigen Verstärkungsstruktur und Form wird die Geometrie in die Ebene abgewickelt. Da eine Geometrie mit mehrdimensionaler Krümmung wie zum Beispiel eine Freiformfläche nicht exakt abwickelbar ist muss bei diesen ein Kompromiss eingegangen werden. Aufgrund der Einbautoleranzen im fertigen Bauteil stellt dies jedoch kein großes Hindernis dar. Das gestickte Halbzeug wird in einem thermischen oder chemischen Prozess vom Trägermaterial und den Fixierfäden getrennt. Die Verwendung von Polypropylen als Knotenfäden ermöglicht beim thermischen Auslösen einen Schrumpfprozess. Dadurch versteifen sich die Knoten und bewirken eine höhere Verschiebefestigkeit im Halbzeug. In weiterer Folge kann ein

Imprägnierungs- und Beschichtungssystem aufgebracht werden. Bevorzugt werden Zubereitungen auf wässriger oder Epoxidharz Basis. Der Auftrag kann auf bekannten Weisen, wie Gießen, Streichen, Tränken oder Tauchen funktionieren. Einen äußeren Abschluss bildet ein Film aus Sandkörnern. Dieser erhöht im Wesentlichen die Oberflächenrauigkeit. In experimentellen Ausziehversuchen konnten dadurch wesentlich höhere Haft- und Reibverbundwerte aufgezeichnet werden. Während der Trocknungszeit der Beschichtungen und Imprägnierungen erfolgt die schlussendliche Formgebung. Dabei muss im Besonderen auf eine gestreckte Lage aller Funktionsmaterialien geachtet werden, um spätere ungewollte Umlenkkräfte bei einer Zugbeanspruchung im Bauteil zu vermeiden.

[0062] Für die Herstellung von ebenen zwei- oder dreidimensionalen Verstärkungsstrukturen werden ebene Spannverfahren verwendet. Für die Herstellung von gekrümmten zwei- oder dreidimensionalen Verstärkungsstrukturen werden die gestickten Halbzeuge über eine endkonturnahe Form gespannt. Bei einer dreidimensionalen Verstärkungsstruktur wird die Struktur auseinander gespannt. Dabei sind mind. 2 Flächen durch normal dazu gerichtete Stegmaterialien verbunden. Diese bilden eine Schlaufe und umfassen im fertig gespannten Zustand jeweils das Funktionsmaterial einer Fläche. Im Aufspannprozess ist es besonders wichtig das Stegmaterial in gestreckter Form zu halten. Dabei wird mit einer steifen Stahleisenkonstruktion gearbeitet, welche aus Quer- und Längsleisten besteht. Diese werden in die freien Zwischenräume des schlaffen gestickten Halbzeugs eingelegt und anschließend im äußeren Bereich voneinander abgespreizt oder auseinandergezogen. Die fertigen textilen Halbzeuge können mithilfe eines solchen Herstellungsprozesses belastungsorientiert und effizient im Bauteil integriert werden. Eine dreidimensionale Verstärkungsstruktur konnte in experimentellen Untersuchungen wesentlich zur Erhöhung der Traglast in Bezug auf Querkräfte beitragen und die Duktilität des Gesamtbauteils erhöhen.

[0063] Fig. 3 und 4 demonstrieren, dass durch geeignete Wahl der Rovings auch gekrümmte Flächen möglich sind.

ANWENDUNGSBEISPIELE

BEISPIEL 1

[0064] Auf einem Baumwollgewebe als Trägermaterial werden Carbonrovings durch Soutache-Technik entsprechend der technischen Spezifikation positioniert. Als Positionierungsfäden werden Garne aus Polypropylenfasern verwendet. Nach Fertigstellung der Stickerei wird das Gewebe mit einer Lösung von Aluminiumchlorid und Weinsäure imprägniert und bei 180 °C thermisch behandelt. Hierdurch wird das Cellulosegrundmaterial chemisch-thermisch zerstört und kann anschließend mechanisch entfernt werden. Die zweidimensionale Stickerei wird anschließend mit Zweikomponenten Epoxidharz, z.B. Sikadur 300 bestrichen, wobei ein Auftrag von ca. 30 % des Eigengewichts von Carbon erreicht werden soll und in die geforderte Form gebracht. Hierzu wird die noch formbare Struktur über eine gekrümmte Form gespannt, welche der Einbaugeometrie im Beton entspricht. Anschließend wird die Bewehrung auf der Form ausgehärtet. Nach dem Erhärten der Bewehrung kann diese in die fertige Schalung eingebracht werden und einbetoniert werden.

BEISPIEL 2

[0065] Auf einem Polyvinylalkohol Vlies als Trägermaterial werden Carbonrovings durch Soutache-Technik entsprechend der technischen Spezifikation positioniert. Als Positionierungsfäden werden Garne aus Polypropylenfasern verwendet. Nach Fertigstellung der Stickerei wird das Vlies mit heißem Wasser ausgelöst und getrocknet. Wird bei höherer Temperatur z.B. 180 °C getrocknet so kann auch ein Verfestigen der Polypropylenfäden erreicht werden. Die zweidimensionale Stickerei wird anschließend mit Zweikomponenten Epoxidharz, z.B. Sikadur 300 bestrichen, wobei ein Auftrag von ca. 30 % des Eigengewichts an Carbon erreicht werden soll und in die geforderte Form gebracht. Hierzu wird die noch formbare Struktur über eine gekrümmte Form gespannt, welche der Einbaugeometrie im Beton entspricht. Anschließend wird die Bewehrung

rung auf der Form ausgehärtet. Nach dem Erhärten der Bewehrung kann diese in die fertige Schalung eingebracht werden und einbetoniert werden.

BEISPIEL 3

[0066] Durchführung entsprechend Anwendungsbeispiel 1, wobei als Bewehrungsmaterial Rovings aus AR-Glas anstelle der Carbon-Rovings verwendet werden.

BEISPIEL 4

[0067] Durchführung entsprechend Anwendungsbeispiel 2, wobei die fertige Carbonstruktur vor dem Einbau in die Schalung mit Epoxid-Harz besprüht wird und anschließend vor dem Aushärten der aufgesprühten Epoxidmasse mit Sand beaufschlagt wird, wodurch eine sehr gute Haftung zur Beton-Masse entsteht.

BEISPIEL 5

[0068] Auf einem Polyvinylalkohol Vlies als Trägermaterial werden Carbonrovings durch Soutache- Technik entsprechend der technischen Spezifikation positioniert. Als Positionierungsfäden werden Garne aus Polypropylenfasern verwendet. Nach Fertigstellung der Stickerei wird das Vlies mit heißem Wasser ausgelöst und bei höherer Temperatur z.B. 180 °C getrocknet um ein Verfestigen der Polypropylenfäden zu erreichen. Die zweidimensionale Stickerei wird anschließend mit einer geringen Menge an Zweikomponenten Epoxidharz, z.B. Sikadur 300 bestricken, wobei ein Auftrag von ca. 10 % des Eigengewichts an Carbon erreicht werden soll und in die geforderte Form gebracht. Hierzu wird die noch formbare Struktur über eine gekrümmte Form gespannt wird, welche der Einbaugeometrie im Beton entspricht. Anschließend wird die Bewehrung auf der Form ausgehärtet. Nach dem Erhärten der Bewehrung kann diese entnommen werden. Unmittelbar vor dem Einbetonieren in der fertigen Schalung wird die Bewehrung mit einem nasshärtenden Epoxid-Harz imprägniert, eingebracht und einbetoniert.

[0069] Die Erfindung betrifft gestickte ebene oder gekrümmte, zweidimensionale oder dreidimensionale Verstärkungsstrukturen. Diese bestehen aus veredelten alkali- und korrosionsresistenten endloslangen Hochleistungsfasern als Bewehrung und dienen zur Aufnahme von Zugkräften in einer alkalischen, aushärtenden Matrix, wie Beton. Eine gekrümmte Verstärkungsstruktur wird als Struktur mit eindimensionaler oder mehrdimensionaler Krümmung definiert. Eine dreidimensionale Verstärkungsstruktur wird als Struktur aus mind. zwei zusammenhängenden ebenen oder gekrümmten Verstärkungsstrukturen definiert. Letztere werden durch integrierte, lastaufnehmende Verbindungsstrukturen auf Abstand abgehalten.

[0070] Des Weiteren betrifft die Erfindung die Herstellung von belastungsorientierten gestickten Strukturen, welche durch das Aufsticken von Funktionsmaterial in mehreren Ebenen, mittels TFP Aufbau (Tailored-Fiber-Placement) oder Soutache Aufbau, auf einen Träger fixiert werden, der in weiterer Folge thermisch oder chemisch zerstört wird.

[0071] Außerdem betrifft die Erfindung die Knotenausführung (Stickknoten, Material und Auslöse Prozess) einer Verstärkungsstruktur, die Anordnung des Funktionsmaterials, den Herstellungsprozess einer dreidimensionalen Verstärkungsstruktur sowie die Erweiterungsmöglichkeiten von zusätzlichen Funktionen im Stickprozess (Integration Abstandshalter zur Schalung, Integration Licht- und Stromleitende Materialien, Integration Befestigungselemente)

[0072] Schlussendlich betrifft die Erfindung veredelte Hochleistungsfasern, deren Oberflächenbeschaffenheit einen kraftschlüssigen Verbund zur aushärtenden Matrix ergeben.

[0073] Im Stand der Technik wird auf verschiedene technische Aspekte im Erfindungsgebiet eingegangen. Unter anderem fällt auf, dass hoch effiziente und belastungsorientierte textile Verstärkungsstrukturen für eine breite und vielfältige Anwendung im Bauwesen, wie dem konstruktiven Betonbau, nicht vorhanden sind beziehungsweise den Anforderungen zu wenig entsprechen. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, belastungsgerechte - in Hauptzugspannungsrichtung angeordnete alkali- und korrosionsresistente Materialien in einer zweidimensionalen oder

dreidimensionalen Verstärkungsstruktur für eine alkalische aushärtende Matrix, wie Beton, bereitzustellen.

[0074] Diese Erfindung dient als Ersatz der Stahlbewehrungen von komplizierten, stark beanspruchten Bauteilen und ist in vielen Bereichen des Bauwesens einsetzbar, wie beispielsweise im Fertigteilbau, Hoch- und Tiefbau. Sie kann auch in Kombination mit herkömmlichen Bewehrungsmaterialien (schlaffer Stahl, Spannstahl, Stäbe aus Basalt oder Carbon usw.) die Armierung eines Betonbauteils ergänzen und/oder zusätzliche Funktionen (Sensorik) in das Bauteil integrieren.

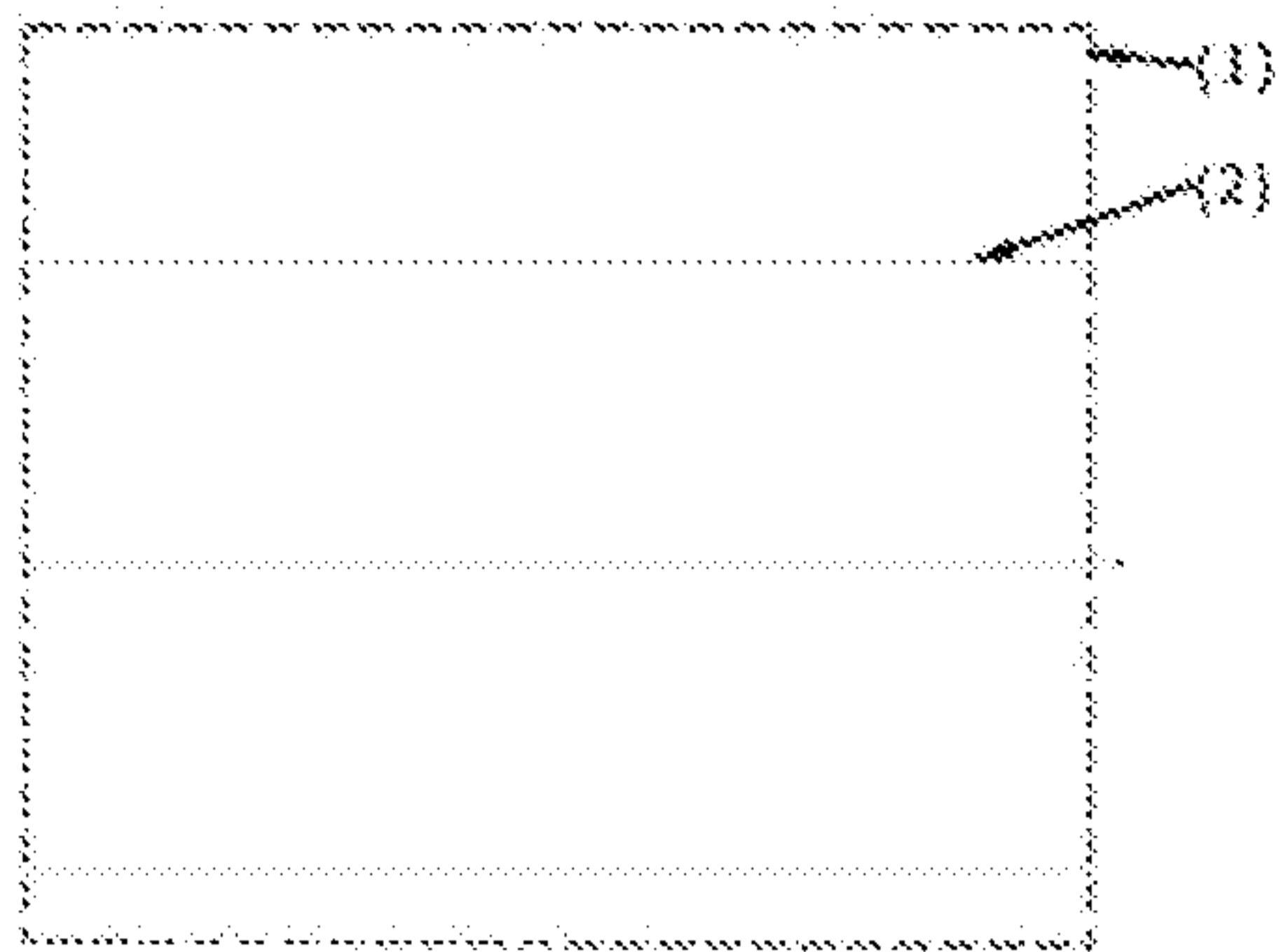
Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Bewehrung, umfassend eine Gitterstruktur aus Rovings (2, 3, 4, 5, 6), **gekennzeichnet durch** die Schritte
 - Bereitstellen eines flächigen Trägermaterials (1),
 - Aufbringen von Rovings (2, 3, 4, 5, 6) auf das Trägermaterial (1), wobei die Rovings (2, 3, 4, 5, 6) Kreuzungspunkte (7) bilden,
 - Fixieren von Kreuzungspunkten (7) mit einem Faden, wobei der Faden zumindest zwei Rovings (2, 3, 4, 5, 6) untereinander sowie mit dem Trägermaterial (1) verknüpft,
 - Auflösen des Trägermaterials (1) mit einem Lösungsmittel für das Trägermaterial (1).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rovings (2, 3, 4, 5, 6) in mehreren Bahnen angeordnet werden, wobei in einem ersten Schritt mehrere Querrovings (2) auf dem Trägermaterial (1) angeordnet werden, wobei in einem zweiten Schritt jeweils mehrere Längsrovings (3) das Trägermaterial, auf welches bereits die Querrovings (2) aufgebracht sind, aufgebracht werden, wobei sich Querrovings (2) und Längsrovings (3) kreuzen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Querrovings (2) auf dem Trägermaterial (1) jeweils im Wesentlichen parallel und die Längsrovings (3) jeweils parallel angeordnet werden, wobei sich Querrovings (2) und Längsrovings (3) etwa in einem rechten Winkel schneiden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die Querrovings (2) und Längsrovings (3) mehrere Bahnen Stegrovings (4) aufgebracht werden, wobei die Stegrovings (4) jeweils zumindest drei Abschnitte (4a, 4b, 4c) aufweisen, wobei der erste Abschnitt (4a) bereichsweise im Wesentlichen parallel zu Querrovings (2) ist, der zweite Abschnitt (4b) bereichsweise im Wesentlichen parallel zu Längsrovings (3) ist und der dritte Abschnitt (4c) bereichsweise im Wesentlichen parallel zu Querrovings (2) ist, wobei sich der erste Abschnitt der Stegrovings (4) und die Längsrovings (3) kreuzen.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch** das zusätzliche Aufbringen von zweiten Längsrovings (5) und zweiten Querrovings (6), wobei erste Längsrovings (3) und zweite Längsrovings (5) vorzugsweise im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind und wobei erste Querrovings (2) und zweite Querrovings (6) vorzugsweise im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.
6. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit dem Faden Kreuzungspunkte (7) fixiert werden, wobei die ersten Querrovings (2) mit den zweiten Längsrovings (5) und die zweiten Querrovings (6) mit den ersten Längsrovings (3) verbunden werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Auflösen des Trägermaterials (1) die ersten Querrovings (2) und die zweiten Querrovings (6) gegeneinander verschoben werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Faden aus einem Material besteht, welches bei Temperatureinwirkung schrumpft, wobei der Faden nach dem Fixieren einer Temperatureinwirkung unterzogen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rovings (2, 3, 4, 5, 6) nach dem Auflösen des Trägermaterials (1) mit einem aushärtenden Material, vorzugsweise einem Harz, behandelt werden.
10. Bewehrung, umfassend eine Gitterstruktur aus Rovings (2, 3, 4, 5, 6), wobei die Rovings (2, 3, 4, 5, 6) in mehreren Bahnen angeordnet sind und Kreuzungspunkte (7) bilden, **dadurch gekennzeichnet**, dass Kreuzungspunkte (7) mit einem Faden fixiert sind, wobei der Faden zumindest zwei Rovings (2, 3, 4, 5, 6) untereinander verknüpft.

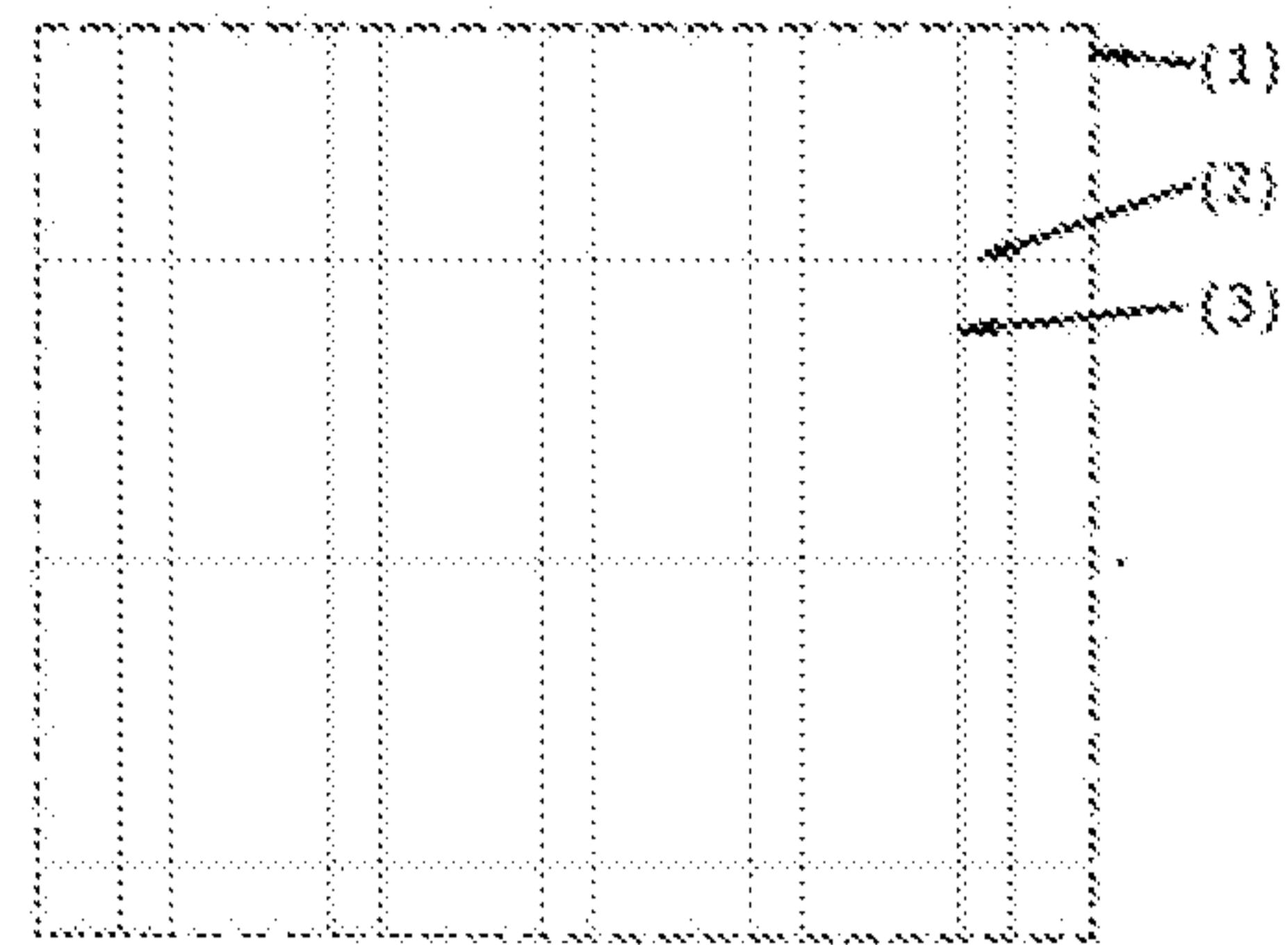
11. Bewehrung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Querrovings (2) angeordnet sind und mehrere Längsrovings (3) angeordnet sind, wobei sich Querrovings (2) und Längsrovings (3) kreuzen und wobei Kreuzungspunkte (7) von Querrovings (2) und Längsrovings (3) mit einem Faden fixiert sind.
12. Bewehrung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Querrovings (2) jeweils zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet sind und mehrere Längsrovings (3) jeweils zueinander im Wesentlichen parallel angeordnet sind, wobei Querrovings (2) und Längsrovings (3) in einem Winkel, vorzugsweise im Wesentlichen rechtwinkelig, zueinander angeordnet sind.
13. Bewehrung nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, **gekennzeichnet durch** eine erste Lage an Querrovings (2) und Längsrovings (5), wobei die Kreuzungspunkte von Querrovings (2) und Längsrovings (5) mit einem Faden fixiert sind und eine zweite Lage Querrovings (6) und Längsrovings (3), wobei die Kreuzungspunkte von Querrovings (6) und Längsrovings (3) mit einem Faden fixiert sind, wobei Stegrovings (4) vorgesehen sind, welche die erste Lage und die zweite Lage miteinander verbinden.
14. Bewehrung nach Anspruch einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fäden aus einem Kunststoff, vorzugsweise einem thermoplastisch verformbaren Kunststoff, insbesondere aus Polypropylen oder Polyethylen, bestehen.
15. Bewehrung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rovings mit einer Beschichtung aus Kunststoff, vorzugsweise auf Epoxidbasis, versehen sind.
16. Härtende Matrix, vorzugsweise Textilbeton, umfassend eine Bewehrung nach einem der Ansprüche 10 bis 15.
17. Verfahren zur Herstellung von Textilbeton, umfassend die Schritte
 - Bereitstellen einer Bewehrung nach einem der Ansprüche 10 bis 15
 - Einbetten der Bewehrung in Beton.
18. Verfahren zur Herstellung von Textilbeton, umfassend die Schritte
 - Bereitstellen einer Bewehrung nach einem Verfahren zur Herstellung einer Bewehrung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
 - Einbetten der Bewehrung in Beton.
19. Verwendung einer Bewehrung gemäß einem der Ansprüche 10 bis 14 zur Herstellung einer aushärtenden Matrix, vorzugsweise Textilbeton.
20. Verwendung einer Bewehrung gemäß einem der Ansprüche 10 bis 14 als Spaltzugbewehrung bei Vorspannungen oder als Durchstanzbewehrung bei Deckenelementen.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

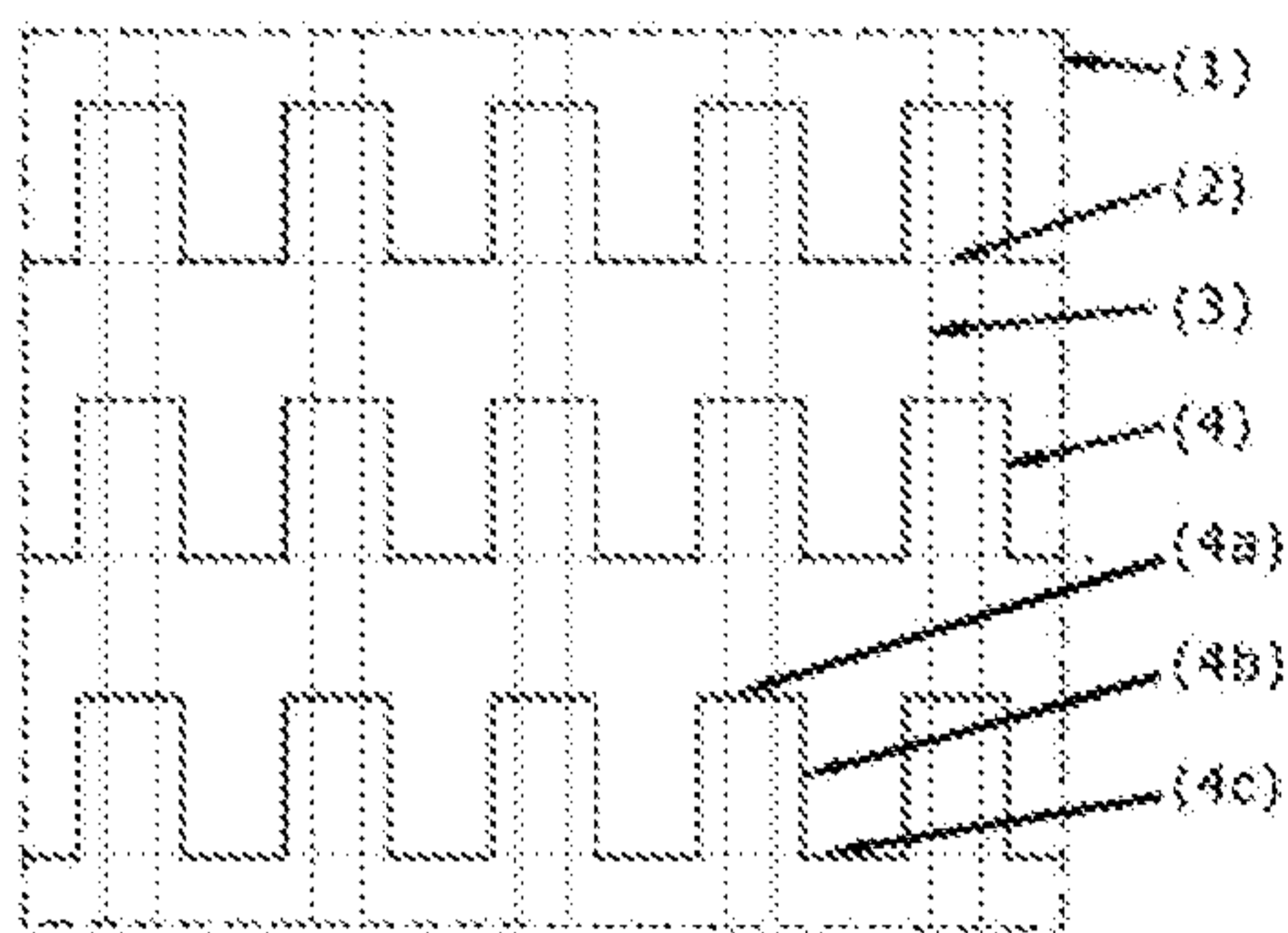
Fig. 1



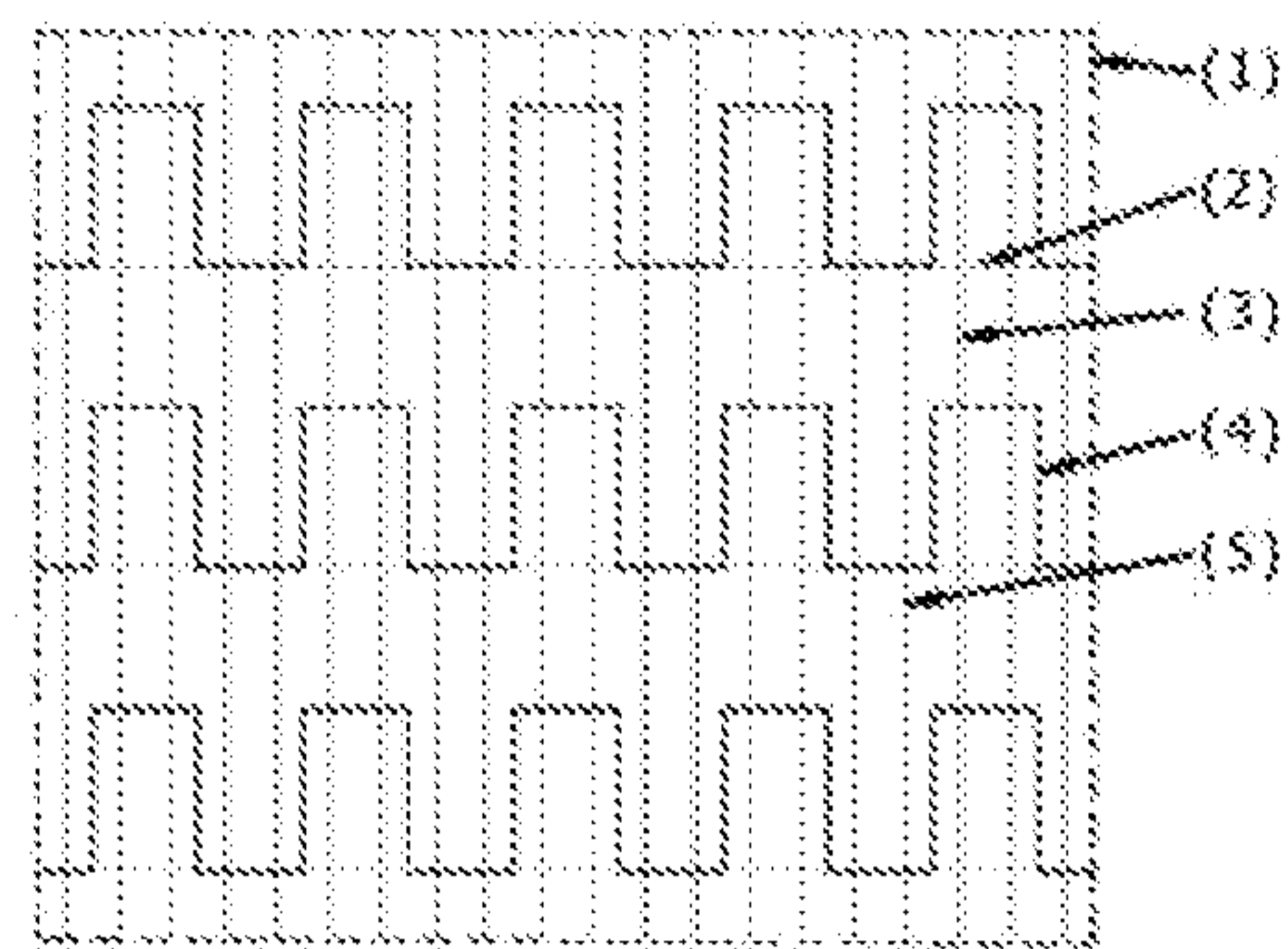
(a)



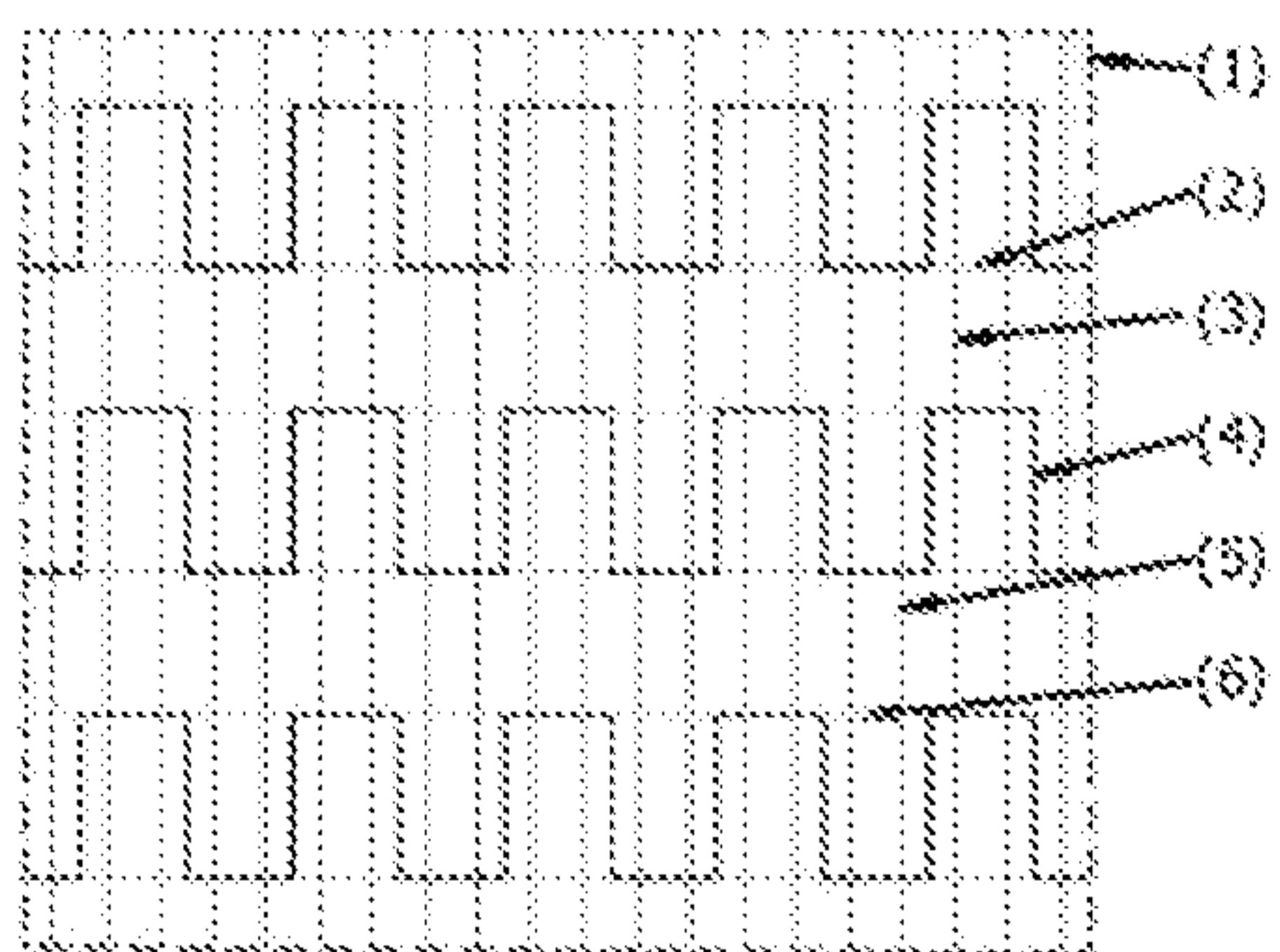
(b)



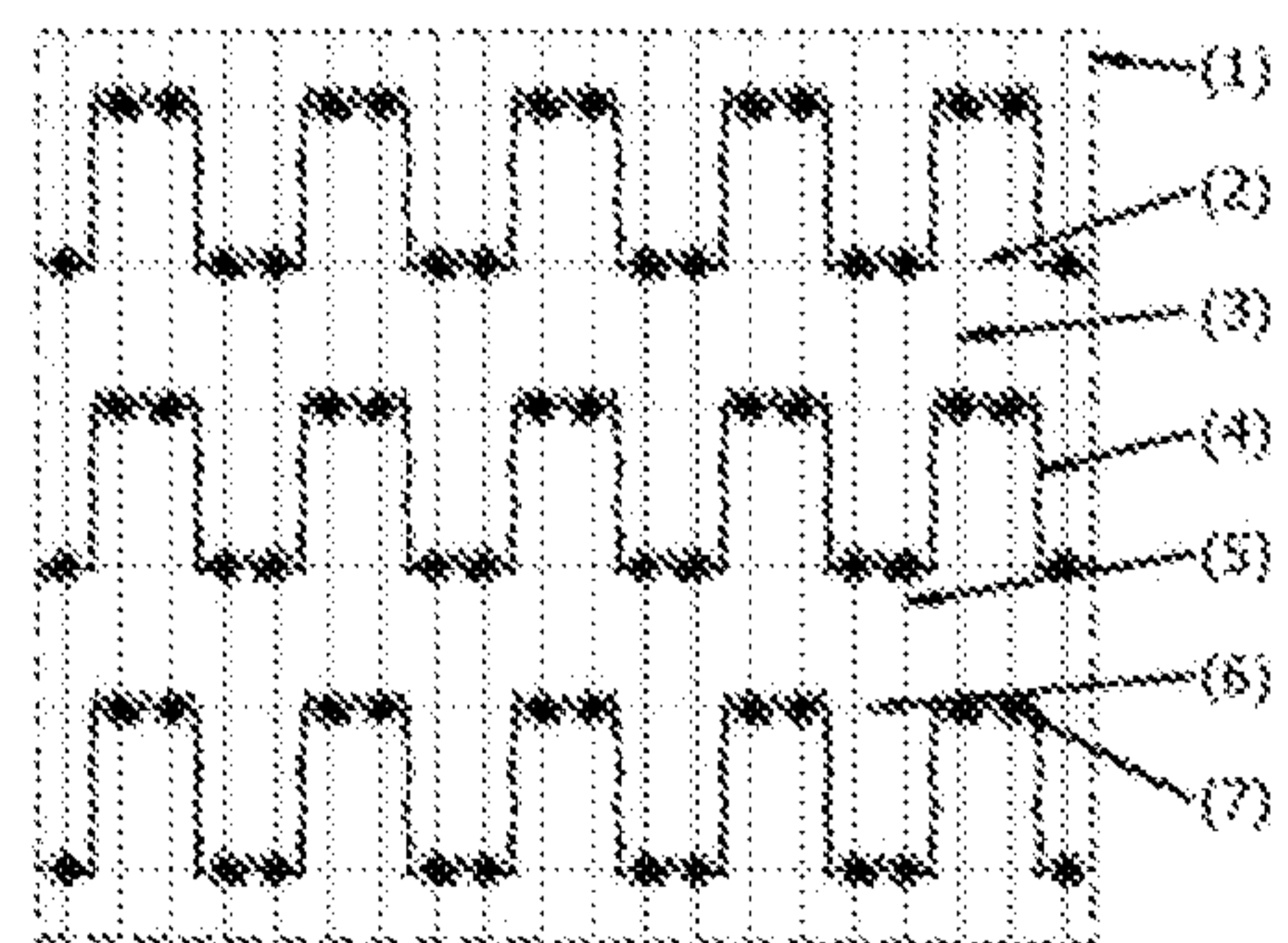
(c)



(d)

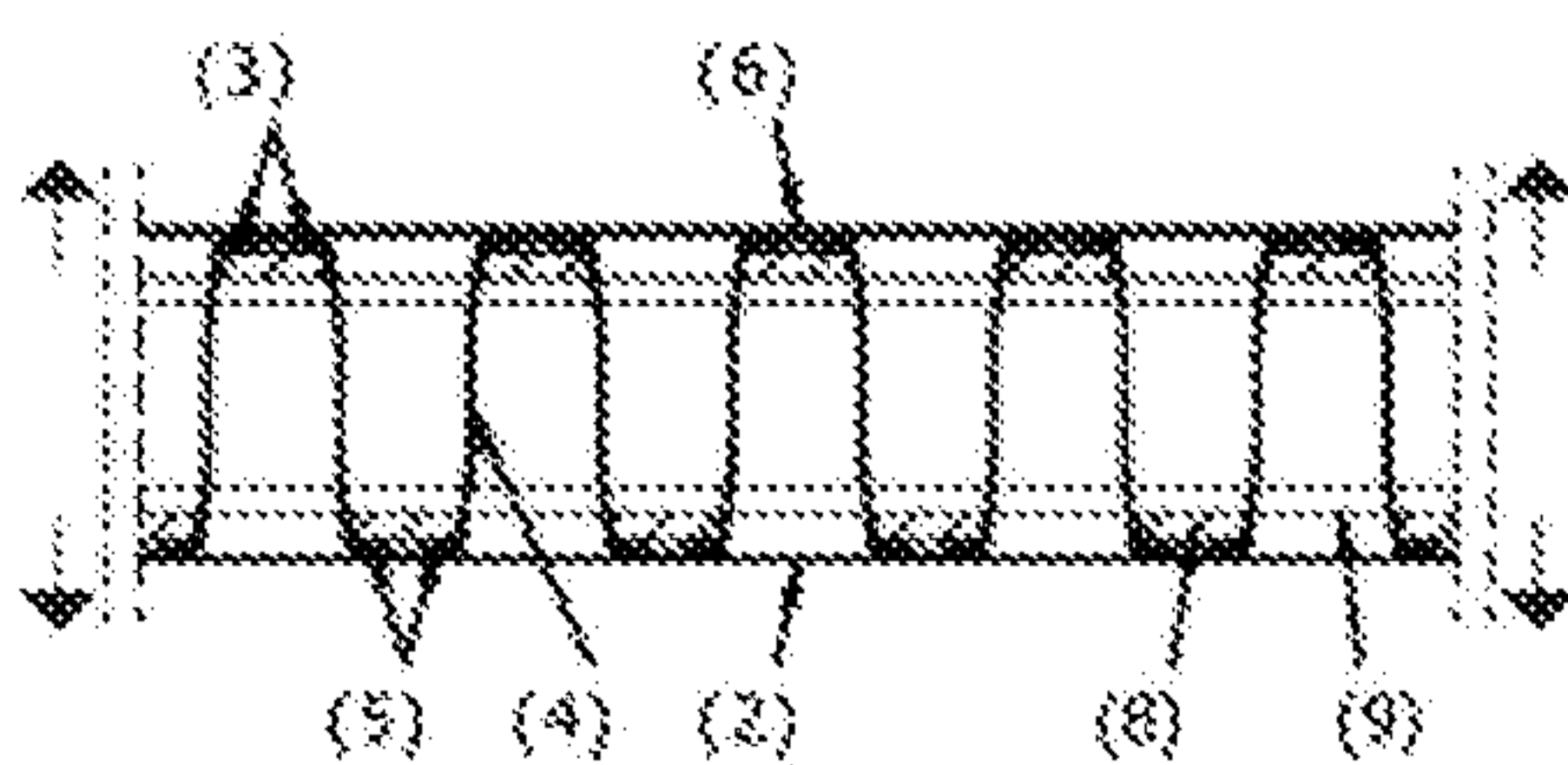


(e)

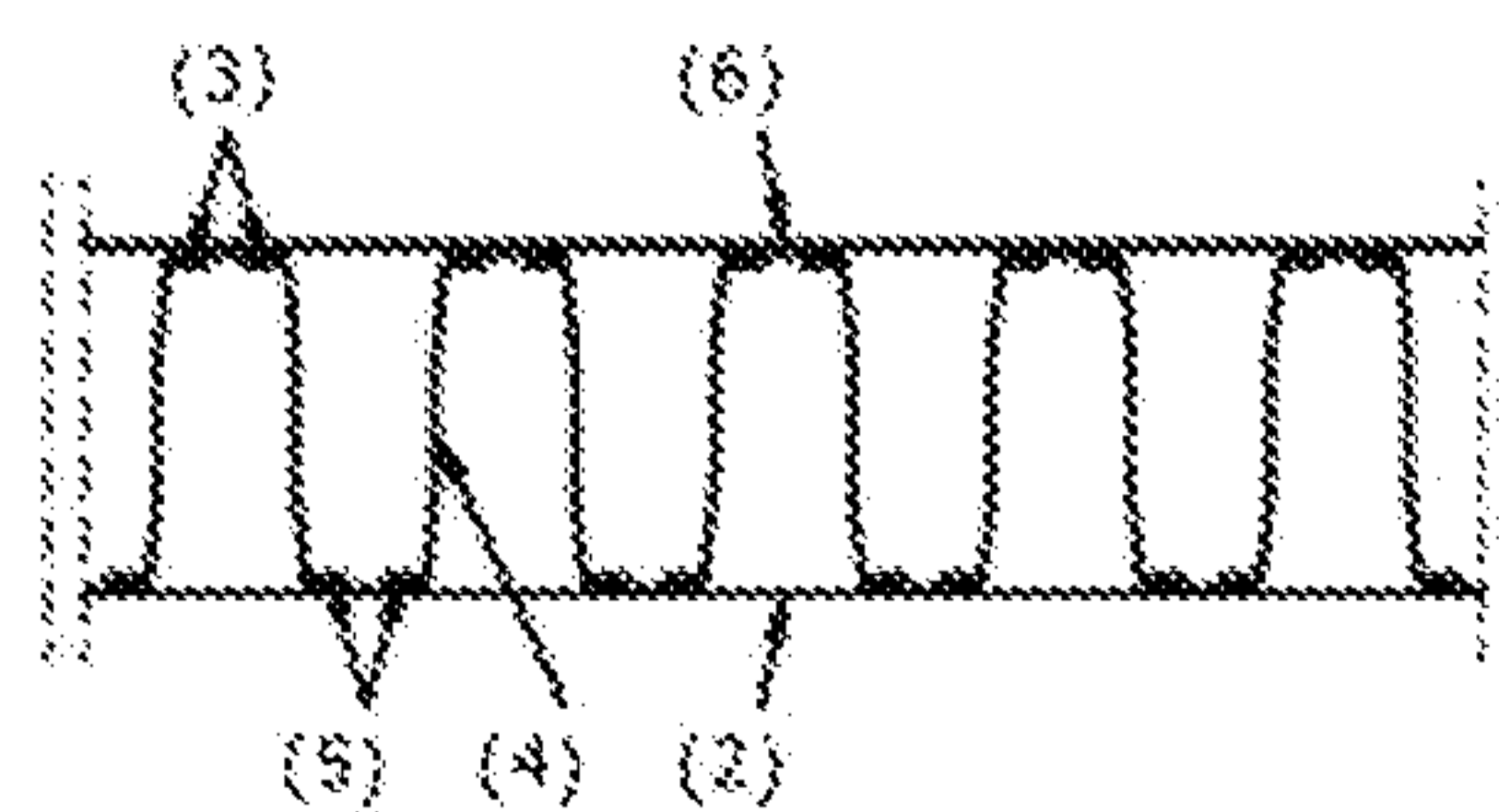


(f)

Fig. 2



(i)



(j)

Fig. 3

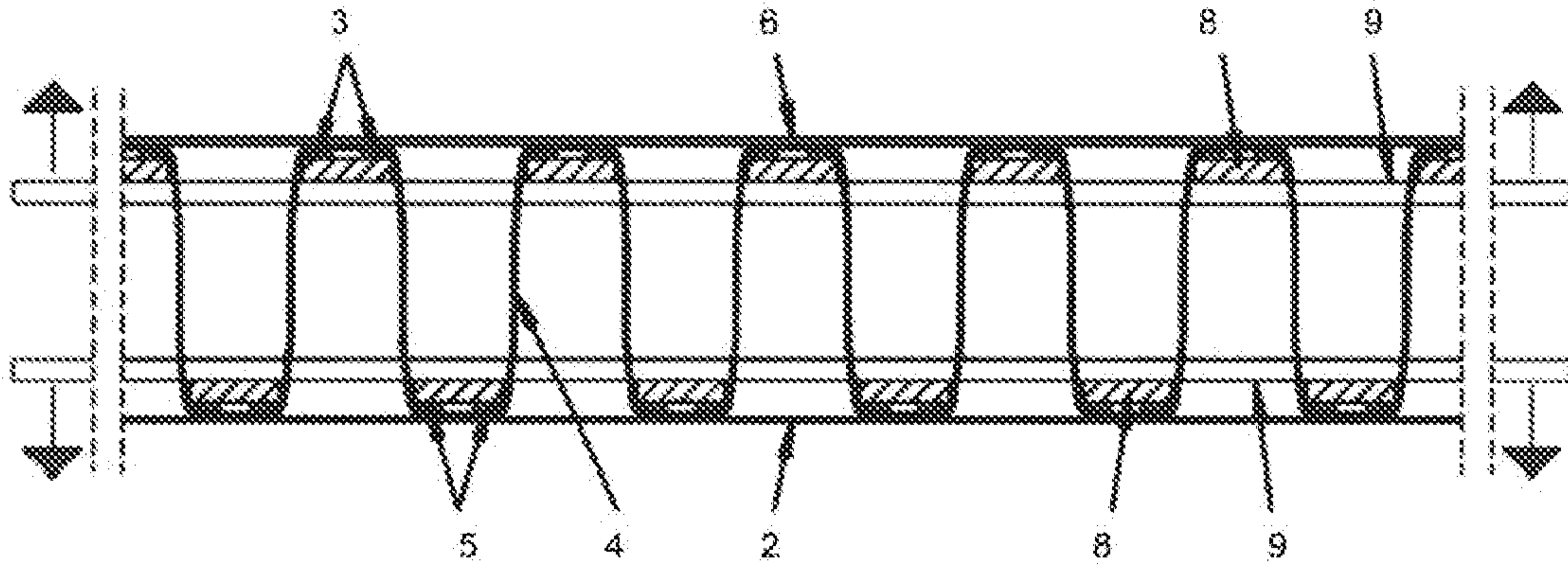


Fig. 4

