

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



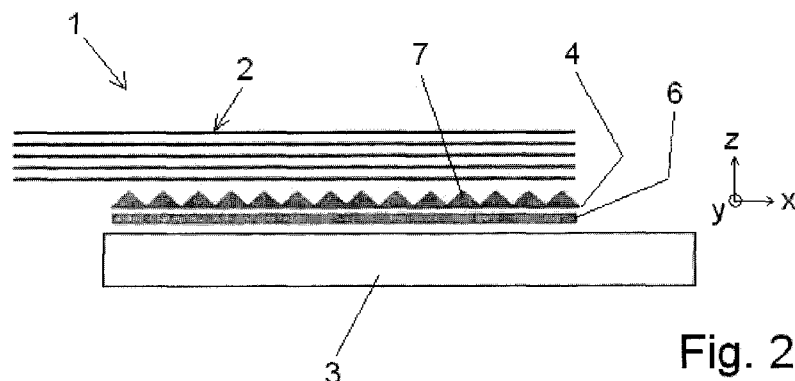
(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Juni 2011 (16.06.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/069899 A2**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2010/068802
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
3. Dezember 2010 (03.12.2010)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2009 047 671.7  
8. Dezember 2009 (08.12.2009) DE  
61/267,643 8. Dezember 2009 (08.12.2009) US
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** AIRBUS OPERATIONS GMBH [DE/DE]; Kreetstag 10, 21129 Hamburg (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** PACCHIONE, Marco [IT/DE]; Parkstrasse 22c, 22605 Hamburg (DE). FURFARI, Domenico [IT/DE]; Holtbarg 16a, 22589 Hamburg (DE).
- (74) **Anwalt:** PECKMANN, Ralf; Patentanwälte Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR, Friedrichstrasse 31, 80801 München (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, DE, 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, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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).
- Veröffentlicht:**  
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** METHOD FOR CONNECTING A FIBER COMPOSITE COMPONENT TO A STRUCTURAL COMPONENT OF AN AIR AND SPACECRAFT, AND A CORRESPONDING ARRANGEMENT

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUM ANBINDEN EINES FASERVERBUNDBAUTEILS AN EIN STRUKTURBAUTEIL EINES LUFT- UND RAUMFAHRZEUGES UND EINE ENTSPRECHENDE ANORDNUNG



**Fig. 2**

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for connecting a fiber composite component (2) to a structural component (3) of an air and spacecraft, wherein a metal foil (4) is provided between the fiber composite component (2) and the structural component (3) as a transverse reinforcement element. Said foil is designed having at least one anchoring segment (7) protruding from the surface (9) facing the fiber composite component (2), and inserted between the fiber composite component (2) and the structural component (3). A corresponding arrangement is produced according to said method.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils (2) an ein Strukturbauteil (3) eines Luft- und Raumfahrzeuges, wird eine Metallfolie (4) als Querverstärkungselement zwischen dem Faserverbundbauteil (2) und dem Strukturbauteil (3) vorgesehen. Sie wird mit mindestens einem Verankerungsabschnitt (7), welcher von der dem Faserverbundbauteil (2) zugewandten Oberfläche (9) vorsteht ausgebildet und zwischen dem Faserverbundbauteil (2) und dem Strukturbauteil (3) eingefügt. Eine entsprechende Anordnung ist nach diesem Verfahren hergestellt.



WO 2011/069899 A2

5

**Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils an ein  
Strukturbauteil eines Luft- und Raumfahrzeuges und eine  
entsprechende Anordnung**

-----

10

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils an ein Strukturbauteil eines Luft- und Raumfahrzeuges und eine entsprechende Anordnung.

15

Obwohl auf beliebige Faserverbundbauteile anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrunde liegende Problematik nachfolgend mit Bezug auf Kohlefaserkunststoff (CFK)-Bauteile (auch als Faserverbundbauteile bezeichnet), beispielsweise Strukturbauteile eines Flugzeugs, näher erläutert.

20

Es ist allgemein bekannt, CFK-Hautschalen mit CFK-Stringern, CFK-Spanten, metallischen Spanten und ähnlichen Strukturbauteilen zu versteifen, um den hohen Belastungen im Flugzeugbereich bei möglichst geringem zusätzlichem Gewicht standzuhalten. Die Verwendung von Faserverbundbauteilen ist im Flugzeugbau zum Beispiel für Hautfelder und deren Versteifungen durch Stringer weit verbreitet. Sie werden zum Beispiel durch Prepregtechnologie, Thermosetverfahren und/oder Vakuuminfusionsverfahren zum Einbringen einer Matrix, beispielsweise eines Epoxidharzes, in Faserhalbzeuge und nachfolgendem Härten hergestellt.

35

- 2 -

Ein Faserverbundbauteil ist zum Beispiel aus Faserhalbzeugen aufgebaut. Unter Faserhalbzeugen sind Gewebe, Gelege und Fasermatten zu verstehen.

- 5 Strukturelle Füge- bzw. Verbindungsstellen, welche eine bestimmte Schadenstoleranz aufweisen, sind mit Metallfolien zwischen Stoßflächen versehen, wobei eine Querverstärkung (durch Dicke) hinzugefügt wird.
- 10 Verbundlamine sind anfällig für Schäden, die in einer Ebene entstehen, wie zum Beispiel Delamination. Es wurden verschiedene Verbundtechnologien entwickelt, um die Eigenschaften in Querrichtung zu verbessern, wie beispielsweise Z-Pinning, Heften, Tuften.

15

Fig. 1a-c zeigen schematische Schnittdarstellungen zur Erläuterung von Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils 2 an ein Strukturbauteil 3 nach dem Stand der Technik. In Fig. 1a wird ein Verbindungsabschnitt 1  
20 zwischen dem Faserverbundbauteil 2 und dem Strukturbauteil 3 durch Einfügen einer ersten Klebeschicht 5, z.B. eine Klebefolie, Thermoplast oder Duroplast, verbunden. In z-Richtung können Querverstärkungen eingesetzt sein. Hierzu gibt Fig. 1b so genannte Z-Pins 16 als Beispiel  
25 an. Die Z-Pins können z.B. aus Metall oder Verbundwerkstoff sein. In Fig. 1c kann diese Anordnung eine Hybridkombination aus CFK-Bauteil 2 und Strukturbauteil 3 aus Metall sein, wobei die erste Klebeschicht wie oben beschrieben ausgebildet ist. Eine x-Richtung verläuft in  
30 Längsrichtung der Fasern, wobei die z-Richtung senkrecht dazu steht. Eine y-Richtung erstreckt sich senkrecht zur Zeichnungsebene und in der Breite der Bauteile.

Es gibt auch Beispiele von Hybridteilen (CFK/Metall),  
35 welche mechanische Verbindungen zwischen den metallischen Teilen und Verbundwerkstoffteilen durch Verwendung von

- 3 -

integrierten bzw. eingebetteten Merkmalen benutzen, um zusätzliche Stärke und Schadenstoleranz aufgrund einer metallischen Festsetzung des metallischen Teils in der Laminatstruktur zu erreichen.

5

TWI (The Welding Institute) gibt ein Verfahren an, das es dem Hersteller ermöglicht, ein Array von kleinen Anordnungen in das Laminat eindringen zu lassen, wodurch eine gemeinsam gehärtete (co-cured) mechanische Verbindung entsteht. Zur Bildung dieser Anordnungen wird jedoch Material selektiv aus der Oberfläche benutzt, wobei die Oberfläche dadurch beeinträchtigt werden kann. Das Profil der Anordnungen ist nicht leicht zu steuern, und die Oberfläche ist relativ rau, was eine Dauerstandfestigkeit des ursprünglichen Teils beeinträchtigen kann.

10  
15

Bei dem so genannten Additive Layer Manufacturing kann die Geometrie dieser Anordnungen besser beherrscht werden.

20

Weiterhin gibt es eine reproduzierbare Verbindungsanordnung von metallischen, speziell perforierten Folien, die im Automobilbereich eingesetzt wird.

25

Ein weiteres Beispiel zur Illustration gibt das Dokument EP 1 801 427 A1, welches eine lokale metallische Verstärkung von Hochlastverbindungen von Verbundbauteilen beschreibt.

30

Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils an ein Strukturbauteil anzugeben. Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine entsprechende Anordnung bereitzustellen.

35

- 4 -

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. durch eine Anordnung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 gelöst.

5

Demgemäß wird bei einem Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils an ein Strukturbauteil eines Luft- und Raumfahrzeuges eine Metallfolie als Querverstärkungselement zwischen dem Faserverbundbauteil und dem Strukturbauteil vorgesehen. Die Metallfolie wird mit mindestens einem Verankerungsabschnitt ausgebildet, welcher von der dem Faserverbundbauteil zugewandten Oberfläche vorsteht. Dann wird die Metallfolie zwischen das Faserverbundbauteil und dem Strukturbauteil eingefügt.

15

In einem alternativen Verfahren ist vorgesehen, dass die bereitgestellte Metallfolie als Querverstärkungselement in einem Verbindungsabschnitt des Faserverbundbauteils und des Strukturbauteils vorgesehen ist. Sie wird mit mindestens einem Verankerungsabschnitt ausgebildet, welcher von einer Oberfläche der Metallfolie vorsteht. Dann wird die Metallfolie auf einer Außenseite des Verbindungsabschnitts angeordnet, wobei sich der mindestens eine Verankerungsabschnitt durch das Faserverbundbauteil vollständig hindurch erstreckt und sich in das Strukturbauteil hinein erstreckt oder durch das Strukturbauteil vollständig hindurch erstreckt und sich in das Faserverbundbauteil hinein erstreckt.

30 Eine erfindungsgemäße Anordnung umfasst ein Faserverbundbauteil und ein Strukturbauteil eines Luft- und Raumfahrzeuges, bei welcher eine Metallfolie in einem Verbindungsabschnitt des Faserverbundbauteils und des Strukturbauteils als Querverstärkungselement eingefügt ist. Die  
35 Metallfolie weist mindestens einen Verankerungsabschnitt

- 5 -

auf, welcher von einer Oberfläche der Metallfolie vorsteht.

5 Somit weist die vorliegende Erfindung gegenüber den eingangs genannten Ansätzen den Vorteil auf, dass eine Schadenstoleranz einer Verbindung eines Faserverbundbauteils mit einem Strukturbauteil erhöht ist, indem eine Delamination in der Ebene des Faserverbundbauteils vermieden oder in ihrer Ausbreitung begrenzt wird.

10

Derartige Delaminationen können bei verbundenen Verbundbauteilen/Hybridverbindungen als Folge zufälliger Schäden, wie beispielsweise Herstellungsfehler, ungeeignete Oberflächenvorbereitung, Aufprall mit geringer Energie, 15 hohe Schälkräfte, auftreten.

Weiterhin besteht ein bedeutender Vorteil darin, dass die Metallfolie ein kostengünstiges Bauteil mit geringem Eigengewicht ist.

20

Außerdem schränkt die Verwendung dieser Metallfolien die Anzahl von Befestigungselementen ein, welche für eine Schadenstoleranzvorschrift erforderlich sind (z.B. "Chicken Fasteners").

25

Ein noch weiterer Vorteil ergibt sich dadurch, dass eine verbesserte elektrische Leitfähigkeit dazu dient, Befestigungselemente zu reduzieren, welche für einen Blitzschutz eingesetzt werden.

30

In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der vorliegenden Erfindung.

35 Eine Grundidee der Erfindung besteht darin, eine Metallfolie mit zumindest einem Verankerungsabschnitt in einem Verbindungsabschnitt der Bauteile einer Anbindung eines

- 6 -

Faserverbundbauteils an einem Strukturbauteil zu verankern.

CFK-Strukturen weisen gut bekannte Begrenzungen hinsichtlich ihrer Eigenschaften in Schadenstoleranz auf. Die  
5 Einfügung einer Metallfolie mit Verankerungsabschnitten, welche dazu geeignet sind, die Verbundlaminat zwischen Stoßflächen von Verbund- (oder Hybrid-) Verbindungen zu verankern, schaffen eine Querverstärkung (durch Dicke),  
10 wobei die Schadenstoleranzeigenschaften der Verbindung verbessert werden.

Die Erfindung ist vielseitig anwendbar. Zum Beispiel kann sie in den folgenden Kombinationen von Faserverbundbauteil und Strukturbauteil zum Einsatz kommen:  
15

- Hybridkombination aus CFK und Metall
- Thermisch härtbarer Verbundwerkstoff (nass) und Metall
- 20 - Verbindung von nassem (ungehärtet oder teilgehärtet) thermisch härtbarem Laminat mit thermisch gehärtetem Laminat
- Sekundärverbindungen von thermisch härtbaren Laminaten
- 25 - Thermoplastisches Verschweißen von Verbundlaminaten

In dem Fall, wenn das Faserverbundbauteil ungehärtet oder teilgehärtet ist, wird die Metallfolie mit dem Faserverbundbauteil durch Aushärten desselben verbunden, wobei  
30 sich der mindestens eine Verankerungsabschnitt in das Faserverbundbauteil hinein erstreckt.

Ist das Faserverbundbauteil gehärtet, kann die Metallfolie mit dem Faserverbundbauteil durch eine erste Klebeschicht mit derselben verbunden werden, wobei sich der  
35

- 7 -

mindestens eine Verankerungsabschnitt in die erste Klebeschicht hinein erstreckt.

5 In einem weiteren Fall, wenn das Strukturbauteil ein metallisches Teil ist oder eine gehärtete Faserverbundstruktur aufweist, kann die Metallfolie mit dem Strukturbauteil über eine zweite Klebeschicht verbunden werden.

10 Eine weitere Ausführung sieht vor, dass die Metallfolie mit einem weiteren Verankerungsabschnitt, welcher von der dem Strukturbauteil zugewandten Oberfläche vorsteht und sich in die zweite Klebeschicht hinein erstreckt, an dem Strukturbauteil angebunden wird.

15 Die Verankerungsabschnitte, welche aus der Ebene der Metallfolie hervorstehen, dringen in das Faserverbundbauteil ein, wenn es ungehärtet oder teilgehärtet ist, oder dringen in die Klebeschicht ein. Hierbei bilden sie eine Verstärkung in z-Richtung, d.h. in einer Richtung, die  
20 aus der Ebene der Metallfolie hervorsteht, z.B. senkrecht oder in einem vorbestimmten Winkel. Dadurch kann eine Delamination in der Ebene eines Faserverbundbauteils vermieden oder angehalten werden.

25 Wenn das Strukturbauteil eine ungehärtete oder teilgehärtete Faserverbundstruktur aufweist, wird die Metallfolie mit einem weiteren Verankerungsabschnitt ausgebildet, welcher von der dem Strukturbauteil zugewandten Oberfläche vorsteht, d.h. die Metallfolie weist dann auf jeder  
30 Seite vorstehende Verankerungsabschnitte auf. Dann wird der weitere Verankerungsabschnitt mit dem Strukturbauteil durch Aushärten desselben verbunden, wobei sich der weitere Verankerungsabschnitt in das Strukturbauteil hinein erstreckt.

35

- 8 -

Es ist dabei auch möglich, dass die Metallfolie zunächst nur mit einem Verankerungsabschnitt mit dem Strukturbauteil durch Härten verbunden wird und danach an dem Faserverbundbauteil durch weiteres Härten angebunden wird. Natürlich ist auch ein gemeinsames Härten durchführbar.

In einem weiteren Fall, wenn das Faserverbundbauteil und das Strukturbauteil jeweils aus einem thermoplastischen Laminat bestehen, wird die Metallfolie mit mindestens einem weiteren Verankerungsabschnitt ausgebildet, welcher von der dem Strukturbauteil zugewandten Oberfläche vorsteht, so dass auf jeder Seite der Metallfolie ein Verankerungsabschnitt hervorsteht. Das Faserverbundbauteil kann nun nach Einfügen der Metallfolie mit dem Strukturbauteil verschweißt werden. Dabei erstrecken sich die Verankerungsabschnitte in das jeweils zugehörige Bauteil.

Hierbei kann es vorteilhaft sein, wenn bei dem Schweißvorgang die Metallfolie zur Einführung von Wärme, beispielsweise durch Induktion, zumindest teilweise verwendet wird.

Das Ausbilden der Metallfolie mit den Verankerungsabschnitten kann zum Beispiel durch Stanzbiegeverfahren, Hochgeschwindigkeits-Metallzerspanen, Elektronenstrahlbearbeiten, Additiv-Schichten-Herstellverfahren, und/oder dergleichen durchgeführt werden. Dadurch ergibt sich der Vorteil einer schnellen und kostengünstigen Herstellung durch bekannte Verfahren. Die Gestalt der Verankerungsabschnitte kann unterschiedlich in Abhängigkeit von der verwendeten Technologie sein.

So kann der mindestens eine Verankerungsabschnitt und/oder der weitere Verankerungsabschnitt als Stanzbiegeteil ausgebildet sein und Verankerungselemente aufweisen, die im Wesentlichen senkrecht oder in einem vorbe-

- 9 -

stimmten Winkel zur jeweiligen Oberfläche der Metallfolie angeordnet sind. Dabei sind die Verankerungsabschnitte einstückig mit der Metallfolie ausgebildet

5 Der mindestens eine Verankerungsabschnitt und/oder der weitere Verankerungsabschnitt können Verankerungspins aufweisen, welche durch Elektronenstrahlbearbeitung, Ad-  
ditiv- Schichten-Herstellverfahren (auch als Additiv-  
Layer-Manufacturing bezeichnet), und/oder dergleichen  
10 hergestellt sind. Die Verankerungspins können auch separ-  
rat hergestellt und dann an der Metallfolie angeschweißt  
werden.

Die Verankerungselemente und/oder Verankerungspins können  
15 zum Beispiel auch mit Widerhaken, Verzahnungen, Spitzen  
und/oder dergleichen versehen sein.

Die Metallfolie kann zum Beispiel ein Titanmaterial oder  
einen Stahl- bzw. Edelstahlwerkstoff aufweisen. Der Me-  
20 tallfolienwerkstoff muss gegen die Werkstoffe der Anord-  
nung und deren Hilfsstoffe beständig sein.

Die Metallfolie kann vor dem Einsatz in der Anordnung ei-  
ner entsprechenden Oberflächenbehandlung bzw. -  
25 vorbereitung unterzogen werden, so dass eine optimale  
Haftung zwischen dem Metallfolienwerkstoff und den Werk-  
stoffen der Bauteile der Anordnung, z.B. Matrix, Fasern,  
Kleber, gewährleistet ist.

30 Verbindungen, welche derzeit genietet werden, wie bei-  
spielsweise Längsverbindungen von Rumpfteilen, umlaufende  
Verbindungen, können durch Einsatz der Erfindung gebondet  
bzw. geklebt werden. Zusätzlich können hoch belastete  
Stellen (z.B. Stringerausläufe) von dieser lokalen Ver-  
35 stärkung profitieren.

- 10 -

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren der Zeichnung näher erläutert.

5 Von den Figuren zeigen:

Fig. 1a-c schematische Schnittdarstellungen zur Erläuterung von Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils an ein Strukturbauteil  
10 nach dem Stand der Technik;

Fig. 2-6 schematische Schnittdarstellungen erster bis fünfter Ausführungsbeispiele zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Anbinden eines Faserverbundbauteils an ein  
15 Strukturbauteil;

Fig. 7a-d schematische Schnittdarstellungen von Verfahrensschritten für das zweite Ausführungsbeispiel nach Fig. 3;  
20

Fig. 8-11c schematische, perspektivische Darstellungen erster bis dritter Ausführungsbeispiele von Verankerungsabschnitten; und  
25

Fig. 12 schematische, perspektivische Darstellungen von Verankerungselementen und -pins.

In den Figuren bezeichnen dieselben Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten, soweit nichts Gegenteiliges angegeben ist. Koordinaten x, y, z erleichtern eine Orientierung  
30

Fig. 1a-c sind bereits in der Beschreibungseinleitung erläutert worden.  
35

- 11 -

Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Anbinden eines Faserverbundbauteils 2 an ein Strukturbauteil 3. Hierbei kann das Faserverbundbauteil ein Prepreg oder auch ein Fasergelege sein, das mit einer Matrix getränkt wird.

Eine Metallfolie 4 wird so ausgebildet, dass sie auf der Seite, die zu dem Faserverbundbauteil 2 weist, einen Verankerungsabschnitt 7 erhält. Dies kann zum Beispiel durch Stanzbiegeverfahren, Hochgeschwindigkeits-Metallzerspanen, Elektronenstrahlbearbeiten, Additiv-Schichten-Herstellverfahren, und/oder dergleichen durchgeführt werden. Eine weitere Beschreibung erfolgt weiter unten im Zusammenhang mit den Figuren 8 bis 12. Das Faserverbundbauteil 2 ist in diesem Beispiel ungehärtet (oder teilgehärtet), wobei das Strukturbauteil 3 ein Metallteil ist.

Die Metallfolie 4 wird über eine Klebeschicht 6 mit dem Strukturbauteil 3 verbunden. Auf der anderen Seite dringt der Verankerungsabschnitt 7 in z-Richtung in das Faserverbundbauteil 2 ein und wird mit diesem durch Härten des Faserverbundbauteils 2 verbunden. Auch eine gleichzeitige Durchführung von Verkleben und Härten kann ausgeführt werden.

Ein zweites Ausführungsbeispiel illustriert Fig. 3 in einer schematischen Schnittdarstellung. Hier sind sowohl das Faserverbundbauteil 2 als auch das Strukturbauteil 3 Faserverbundwerkstoffe. Es gibt hier zwei Möglichkeiten. Zunächst kann die Metallfolie 4, welche so ausgebildet ist, dass sie auf beiden Seiten Verankerungsabschnitte 7 und 8 aufweist, die aus der Ebene der Metallfolie (hier x-y-Ebene) in z-Richtung senkrecht oder in einem vorbestimmten Winkel vorstehen, mit dem Strukturbauteil 3 ver-

- 12 -

bunden werden. Dabei erstreckt sich der zweite Verankerungsabschnitt 8, der auf der Seite der Metallfolie 4 vorsteht, welche dem Strukturbauteil 3 zugewandt ist, in das Strukturbauteil 3 hinein und wird mit diesem durch Härten des Strukturbauteils 3 verbunden. Dann wird die Verbindung des ersten Verankerungsabschnitts 7 mit dem Faserverbundbauteil 2 in gleicher Weise durchgeführt. Dies wird in unten in Fig. 7a-d näher erläutert. Die zweite Möglichkeit besteht darin, beide Verankerungsabschnitte gleichzeitig durch gleichzeitiges Härten der Anordnung zu verbinden.

Sind in diesem Fall sowohl das Faserverbundbauteil 2 als auch das Strukturbauteil 3 bereits gehärtet, können sie gemäß der Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels, das Fig. 4 zeigt, mittels Klebeschichten 5 und 6 verbunden werden. Dazu wird die Metallfolie 4 mit zwei Verankerungsabschnitten 7 und 8 ausgebildet und wird zwischen die Bauteile 2 und 3 nach Aufbringung der Klebeschichten 5 und 6 auf die Stoßflächen, d.h. die sich gegenüberliegenden Seiten des Faserverbundbauteils 2 und des Strukturbauteils 3, eingefügt. Die Verankerungsabschnitte 7 und 8 erstrecken sich jeweils in die zugehörige Klebeschicht 5 und 6 und werden mit diesen unter Aushärten der Klebeschichten 5 und 6 verbunden. Die Klebeschicht 5 wird so auch mit dem Faserverbundbauteil 2 verbunden. Das gleiche erfolgt mit der Klebeschicht 6 und dem Strukturbauteil 3. Auf diese Weise ergibt sich eine Verbindung von Faserverbundbauteil 2 und Strukturbauteil 3.

Ein viertes Ausführungsbeispiel illustriert Fig. 5, bei welchem das Faserverbundbauteil 2 und das Strukturbauteil 3 thermoplastische Verbundwerkstoffe aufweisen. Die Metallfolie 4 wird mit zwei Verankerungsabschnitten 7 und 8 ausgebildet. Dann wird sie zwischen das Faserverbundbauteil 2 und dem Strukturbauteil 3 eingefügt. Der erste

- 13 -

Verankerungsabschnitt 7 erstreckt sich in z-Richtung in das Faserverbundbauteil 2, wobei sich der zweite Verankerungsabschnitt 8 ebenfalls in z-Richtung in das Strukturbauteil 3 erstreckt. Nun wird eine Verschweißung der thermoplastischen Bauteile durchgeführt, die in z-Richtung zusätzlich durch die Verankerungsabschnitte 7 und 8 in z-Richtung verstärkt werden.

Die Klebeschichten 5, 6 können z.B. als Klebefilm oder Klebepaste zum Einsatz kommen.

Weitere Ausführungen sind selbstverständlich möglich. Bei allen Ausführungen der Verbindung ist die gebondete bzw. geklebte oder geschweißte Verbindung permanent. Sie kann nur durch Zerstörung der Bondschichten (Klebeschicht oder geschweißte Schicht) und der Metallfolie 4 gelöst werden.

Eine weitere gemeinsame Eigenschaft der Ausführungen besteht darin, dass bei normalen Bedingungen bzw. bei normalem Betrieb die Lasten durch die Klebeschichten übertragen werden. Nur in dem Fall, in welchem ein lokaler Klebfehler und/oder Versagen auftritt, unterstützen die Metallfolien die Lastübertragung. Die Verankerungsabschnitte 7, 8 der Metallfolie 4 bilden eine Querverstärkung der Verbindung im Verbindungsabschnitt 1 quer zur x-Richtung bzw. in einem Winkel, z.B. senkrecht zur x-y-Ebene.

In Fig. 6 ist ein fünftes Ausführungsbeispiel illustriert, bei welchem die Metallfolie 4 mit einem Verankerungsabschnitt 7 ausgebildet ist und auf einer Außenseite des Verbindungsabschnitts 1 angeordnet ist. Hier ist es die Außenseite des Strukturbauteils 3, es kann aber auch die Außenseite des Faserverbundbauteils 2 sein. Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist das Strukturbauteil 2 einen ungehärteten oder teilgehärteten Faserverbundwerk-

- 14 -

stoff auf, und das Faserverbundbauteil 2 ist ebenfalls ungehärtet oder teilgehärtet. Der Verankerungsabschnitt 7 ist so ausgebildet, dass er das Strukturbauteil 3 in z-Richtung vollständig durchdringt und sich in das Faserverbundbauteil 2 weiter erstreckt. Es kann auch eine Klebeschicht 5 vorgesehen sein. Durch gleichzeitiges Aushärten der Anordnung werden das Faserverbundbauteil 2 und das Strukturbauteil 3 wie oben beschrieben verbunden.

10 Fig. 7a-d zeigen schematische Schnittdarstellungen von Verfahrensschritten für das zweite Ausführungsbeispiel nach Fig. 3. Nachdem die Metallfolie 4 mit zwei Verankerungsabschnitten 7 und 8 ausgebildet worden ist, wird sie mit dem zweiten Verankerungsabschnitt 8 in dem Verbindungsabschnitt 1 in das ungehärtete oder teilgehärtete Strukturbauteil 3 eingebracht (Fig. 7a). Dann wird das Strukturbauteil 3 gehärtet und verbindet sich mit der Metallfolie 4 mit dem zweiten Verankerungsabschnitt 8 und der Metallfolie 4 selbst (Fig. 7b). In Fig. 7c wird das Faserverbundbauteil 2, z.B. bevorzugt als Prepreg, in dem Verbindungsabschnitt 1 auf den ersten Verankerungsabschnitt 7 der Metallfolie 4, die Metallfolie 4 und das Strukturbauteil 2 aufgebracht, wobei der erste Verankerungsabschnitt 7 sich in das Faserverbundbauteil 2 erstreckt. Schließlich erfolgt in Fig. 7d ein Aushärten des Faserverbundbauteil 2, wobei das Faserverbundbauteil 2 und das Strukturbauteil 3 über die Metallfolie 4 und deren Verankerungsabschnitte 7 und 8, die eine Querverstärkung des Verbindungsabschnitts 1 bilden, verbunden wird.

30 Fig. 8 zeigt eine schematische, perspektivische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Verankerungsabschnitts 7. Die Metallfolie 4 ist hier durch ein Stanzbiegeverfahren so bearbeitet, dass Verankerungselemente 11 in Form von oben zugespitzten Flächenelementen aus der Metallfolie 4 aus Ausstanzungen 15 herausgestanzt

- 15 -

und um etwa 90° zur x-y-Ebene der Metallfolie 4 hochgebogen sind, wobei sie von einer ersten Oberfläche 9 der Metallfolie 4 vorstehen. Es können auch andere, vorbestimmte Winkel, entweder gleiche oder unterschiedliche, zur Anwendung kommen. An den freien Enden der Verankerungselemente 11 sind Widerhaken 13 angeordnet, die eine zusätzliche Verankerung bilden. Eine zweite Oberfläche 10 der Metallfolie 4 liegt in der Fig. 6 auf der Unterseite der Metallfolie 4.

10

Ein zweites Ausführungsbeispiel von Verankerungsabschnitten 7 und 8 ist in Fig. 9 schematisch perspektivisch dargestellt. Auf der ersten Oberfläche 9 der Metallfolie 4 sind Verankerungselemente 11 senkrecht von der ersten Oberfläche 9 vorstehend herausgestanzt und bilden den ersten Verankerungsabschnitt 7. Ein zweiter Verankerungsabschnitt 8 ist durch Biegen von ausgestanzten Verankerungselementen 11 nach unten gebildet, wobei der zweite Verankerungsabschnitt 8 von der zweiten Oberfläche 10 der Metallfolie 4 vorsteht. In diesem Beispiel sind die Verankerungselemente 11 an ihren Seiten mit Verzahnungen 14 versehen, wodurch den Verankerungselementen 11 eine größere Oberfläche zur Verbindung gegeben ist.

25

Durch die Ausstanzungen 15 kann Klebeschicht bzw. Matrixwerkstoff hindurch treten und somit eine innigere Verbindung von Faserverbundbauteil 2 und Strukturbauteil 3 schaffen.

30

Schließlich zeigt Fig. 10 ein drittes Ausführungsbeispiel eines Verankerungsabschnitts 7, der von der Oberfläche 9 der Metallfolie 4 vorsteht und aus Verankerungspins 12 besteht. Diese Verankerungspins 12 können zum Beispiel durch Additive Layer Manufacturing (Additiv-Schichten-Herstellverfahren) auf chemische und/oder elektrochemische Art und Weise gebildet werden.

35

- 16 -

Die Anordnung der gezeigten Verankerungselemente 11 und Verankerungspins 12 ist nur beispielhaft und kann selbstverständlich variieren, wie in den Figuren 11 und 12 in  
5 Beispielen dargestellt wird.

Fig. 11a zeigt hier eine Kombination des ersten Ausführungsbeispiels eines ersten Verankerungsabschnitts 7 nach Fig. 8 mit und ohne Widerhaken 13 und unterschiedlicher  
10 Längen von Verankerungselementen 11. Eine gleichzeitige Ausbildung mit einem zweiten Verankerungsabschnitt 8 zeigt Fig. 11b. Fig. 11c zeigt unterschiedlich große Verankerungspins 12.

15 In Fig. 12 ist ein Verankerungselement 11 mit einem umgebogenen Widerhaken 13 gezeigt. Fig. 12 stellt weiterhin Verankerungspins 12 mit verschiedenen Kopfausführungen dar. Der linke Verankerungspin 12 weist einen angespitzten und umgebogenen Kopf auf, der rechts daneben gezeigte  
20 ist mit einer Art Nagelkopf versehen, wobei der rechts davon abgebildete Verankerungspin 12 eine Spitze mit überstehendem Rand aufweist.

Die Verankerungselemente 11 und Verankerungspins 12 sind  
25 zum Beispiel einstückig mit der Metallfolie 4 hergestellt. Es ist aber auch möglich, dass die Verankerungspins 12 (siehe Fig. 12) separat hergestellt und dann an bzw. auf die Metallfolie 4 geschweißt werden. Dabei kann die Metallfolie 4 auch schon Verankerungselemente 11 (und  
30 auch Ausstanzungen oder nur Ausstanzungen) durch Stanzbiegeverfahren aufweisen.

Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele vorliegend beschrieben wurde, ist sie  
35 darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

- 17 -

So kann bei dem vierten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 die Metallfolie 4 als zur Wärmeeinführung bzw. Unterstützung des Schweißvorgangs dienen, wie zum Beispiel durch  
5 Induktion.

Bei einem Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils 2 an ein Strukturbauteil 3 eines Luft- und Raumfahrzeuges, wird eine Metallfolie 4 als Querverstärkungselement zwischen dem Faserverbundbauteil 2 und dem Strukturbauteil 3 vorgesehen. Sie wird mit mindestens einem  
10 Verankerungsabschnitt 7, welcher von der dem Faserverbundbauteil 2 zugewandten Oberfläche 9 vorsteht ausgebildet und zwischen das Faserverbundbauteil 2 und dem Strukturbauteil 3 eingefügt. Eine entsprechende Anordnung ist  
15 nach diesem Verfahren hergestellt.

- 18 -

## B e z u g s z e i c h e n l i s t e

	1	Verbindungsabschnitt
	2	Faserverbundbauteil
5	3	Strukturbauteil
	4	Metallfolie
	5	Erste Klebeschicht
	6	Zweite Klebeschicht
	7	Erster Verankerungsabschnitt
10	8	Zweiter Verankerungsabschnitt
	9	Erste Oberfläche
	10	Zweite Oberfläche
	11	Verankerungselement
	12	Verankerungspin
15	13	Widerhaken
	14	Verzahnung
	15	Ausstanzung
	16	Z-Pin
	x, y, z	Koordinaten



- 20 -

4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die Metallfolie (4) mit dem Strukturbauteil (3) über eine zweite Klebeschicht (6) verbunden wird, wenn das Strukturbauteil (3) ein metallisches Teil ist oder eine gehärtete Faserverbundstruktur aufweist.
- 10
5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Metallfolie (4) mit einem weiteren Verankerungsabschnitt (8), welcher von der dem Strukturbauteil (2) zugewandten Oberfläche (10) vorsteht und  
15 sich in die zweite Klebeschicht (5) hinein erstreckt, an dem Strukturbauteil (3) angebunden wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis  
20 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Verfahren folgende zusätzliche Verfahrensschritte aufweist, falls das Strukturbauteil (3) eine ungehärtete oder teilgehärtete Faserverbundstruktur aufweist:  
25 Ausbilden der Metallfolie (4) mit einem weiteren Verankerungsabschnitt (8), welcher von der dem Strukturbauteil (3) zugewandten Oberfläche (9) vorsteht; und  
30 Verbinden des weiteren Verankerungsabschnitts (8) mit dem Strukturbauteil (3) durch Aushärten desselben, wobei sich der weitere Verankerungsabschnitt (8) in das Strukturbauteil (3) hinein erstreckt.
- 35 7. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,

- 21 -

dass das Verfahren folgende zusätzlichen Verfahrensschritte aufweist, falls das Faserverbundbauteil (2) und das Strukturbauteil (3) jeweils aus einem thermoplastischen Laminat bestehen:

5       Ausbilden der Metallfolie (4) mit mindestens einem weiteren Verankerungsabschnitt (8), welcher von der dem Strukturbauteil (3) zugewandten Oberfläche (9) vorsteht; und

10       Verschweißen des Faserverbundbauteils (2) mit dem Strukturbauteil (3) nach Einfügen der Metallfolie (4), wobei sich die Verankerungsabschnitte (7, 8) in das jeweils zugehörige Bauteil (2, 3) erstrecken.

15       8.    Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei dem Schweißvorgang die Metallfolie (4) zum Einkoppeln von Wärme, beispielsweise durch Induktion, zumindest teilweise verwendet wird.

20       9.    Verfahren zum Anbinden eines Faserverbundbauteils (2) an ein Strukturbauteil (3) eines Luft- und Raumfahrzeuges, mit den Schritten:  
Bereitstellen einer Metallfolie (4) als Querverstärkungselement in einem Verbindungsabschnitt (1) des Faserverbundbauteils (2) und des Strukturbauteils (3);

25       Ausbilden der Metallfolie (4) mit mindestens einem Verankerungsabschnitt (7), welcher von einer Oberfläche (9) der Metallfolie (4) vorsteht; und

30       Anordnen der Metallfolie (4) auf einer Außenseite des Verbindungsabschnitts (1), wobei sich der mindestens eine Verankerungsabschnitt (7) durch das Faserverbundbauteil (2) vollständig hindurch erstreckt und sich in das Strukturbauteil (3) hinein erstreckt  
35       oder durch das Strukturbauteil (3) vollständig hin-

- 22 -

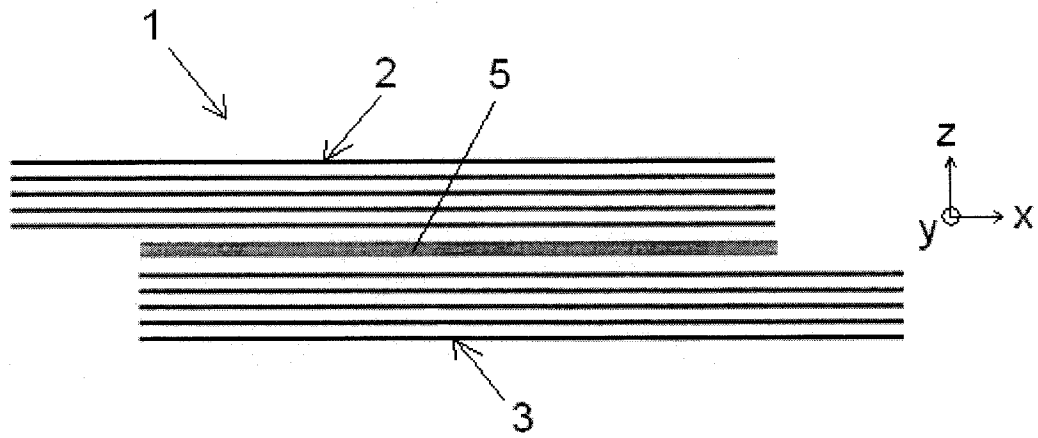
durch erstreckt und sich in das Faserverbundbauteil  
(2) hinein erstreckt.

10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden An-  
5 sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Ausbilden der Metallfolie (4) mit mindestens  
einem Verankerungsabschnitt (7, 8) durch Stanzbiege-  
verfahren, Hochgeschwindigkeits-Metallzerspanen,  
10 Elektronenstrahlbearbeiten, Additiv-Schichten-  
Herstellverfahren und/oder Anschweißen von Veranke-  
rungselementen (11) und/oder Verankerungspins (12) er-  
folgt.
- 15 11. Anordnung mit einem Faserverbundbauteil (3) und einem  
Strukturbauteil (2) eines Luft- und Raumfahrzeuges,  
bei welcher eine Metallfolie (4) in einem Verbin-  
dungsabschnitt (1) des Faserverbundbauteils (3) und  
des Strukturbauteils (2) als Querverstärkungselement  
20 eingefügt ist, wobei die Metallfolie (4) mindestens  
einen Verankerungsabschnitt (7) aufweist, welcher von  
einer Oberfläche (9) der Metallfolie (4) vorsteht.
12. Anordnung nach Anspruch 11,  
25 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Metallfolie (4) einen weiteren Verankerungs-  
abschnitt (8) aufweist, welcher von der dem Struktur-  
bauteil (3) zugewandten Oberfläche (10) der Metallfo-  
lie (4) vorsteht.
- 30 13. Anordnung nach Anspruch 11 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der mindestens eine Verankerungsabschnitt (7)  
und/oder der weitere Verankerungsabschnitt (8) als  
35 Stanzbiegeteil ausgebildet sind und Verankerungsele-  
mente (11) aufweisen, die im Wesentlichen senkrecht

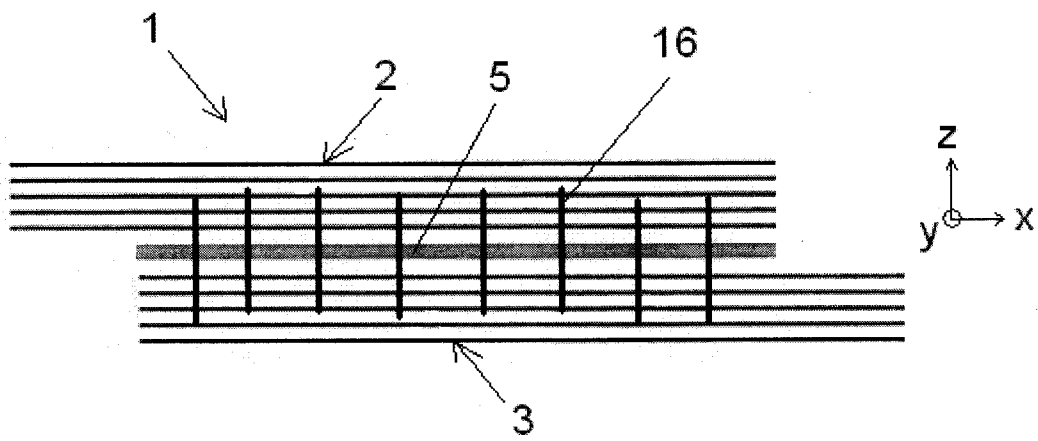
- 23 -

oder in einem vorbestimmten Winkel zur jeweiligen Oberfläche (9, 10) der Metallfolie (4) angeordnet sind.

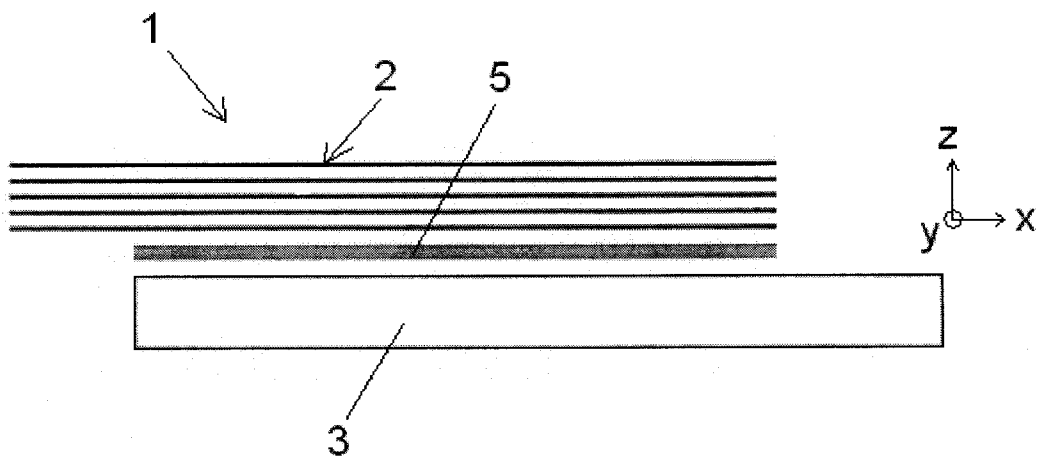
- 5 14. Anordnung nach Anspruch 11 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der mindestens eine Verankerungsabschnitt (7)  
bzw. weitere Verankerungsabschnitt (8) Verankerungs-  
10 pins (12) aufweisen, welche durch Elektronenstrahlbe-  
arbeitung und/oder Additiv- Schichten-  
Herstellverfahren hergestellt und/oder separat herge-  
stellt und angeschweißt sind.
- 15 15. Anordnung nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis  
14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verankerungselemente (11) mit Widerhaken  
(13) und/oder Verzahnungen (14) versehen sind.



Stand der Technik Fig. 1a



Stand der Technik Fig. 1b



Stand der Technik Fig. 1c

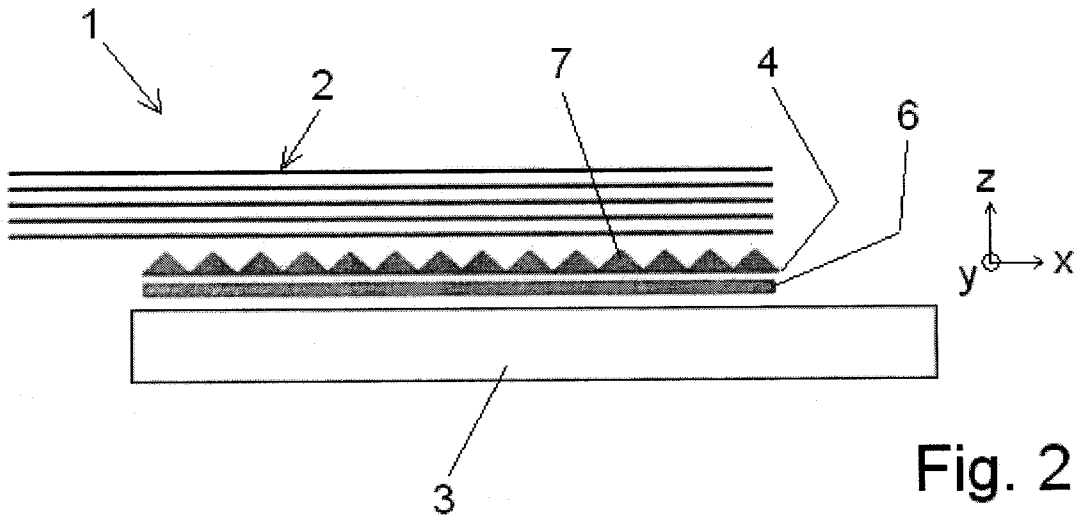


Fig. 2

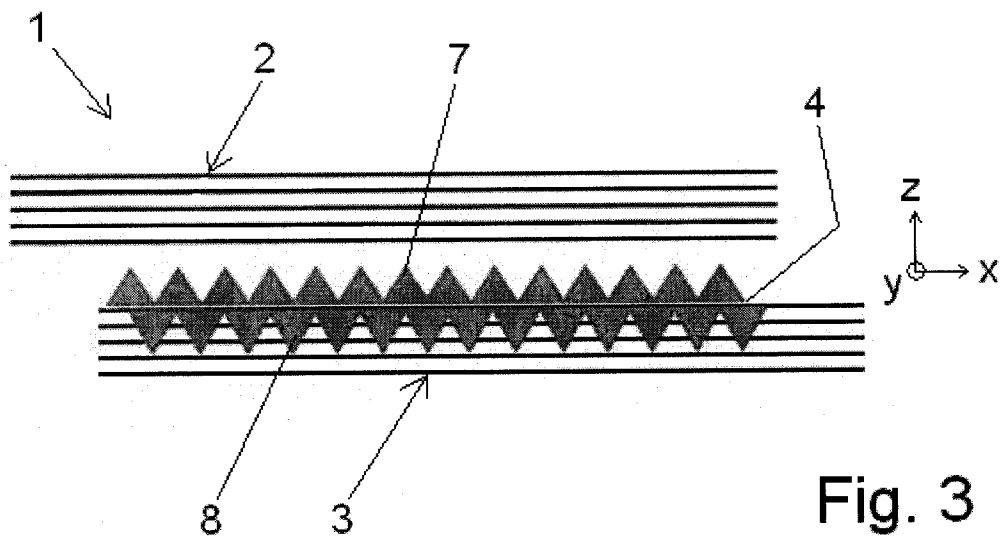


Fig. 3

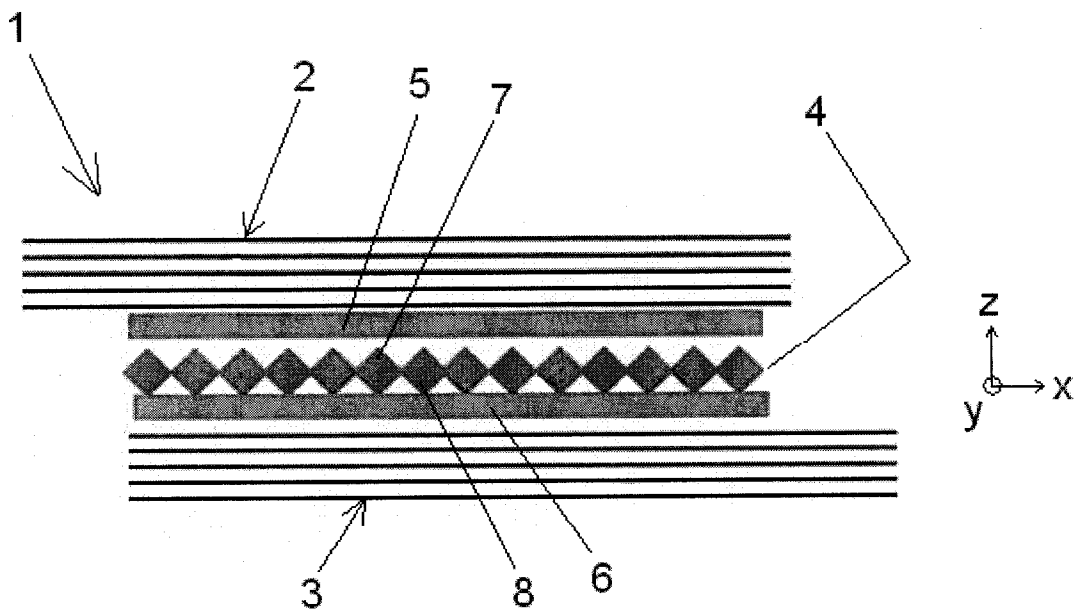


Fig. 4

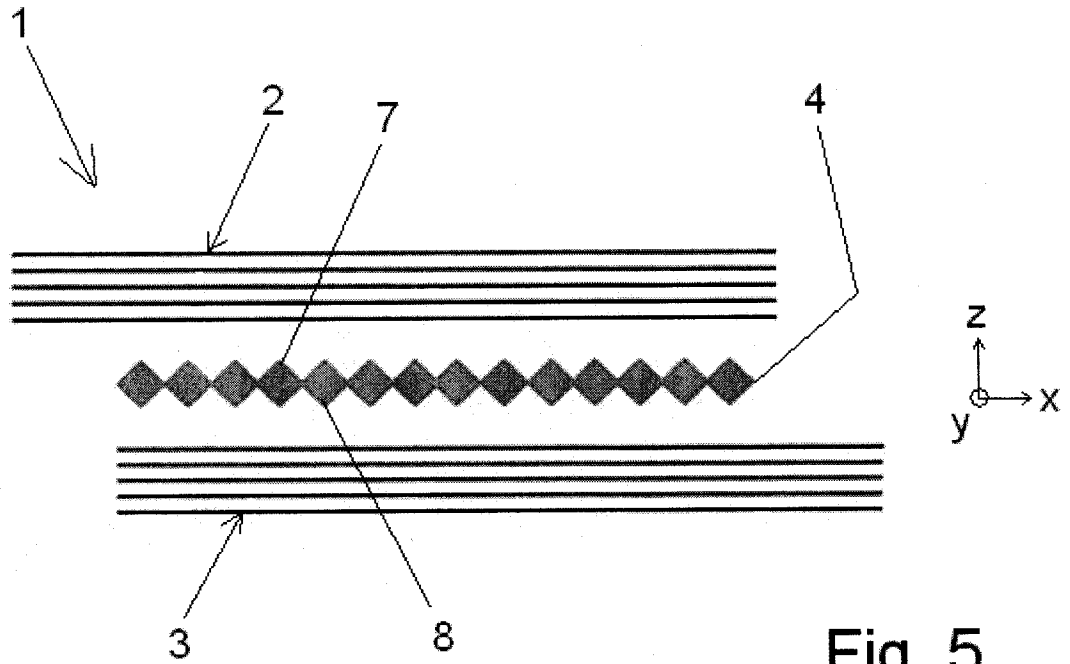


Fig. 5

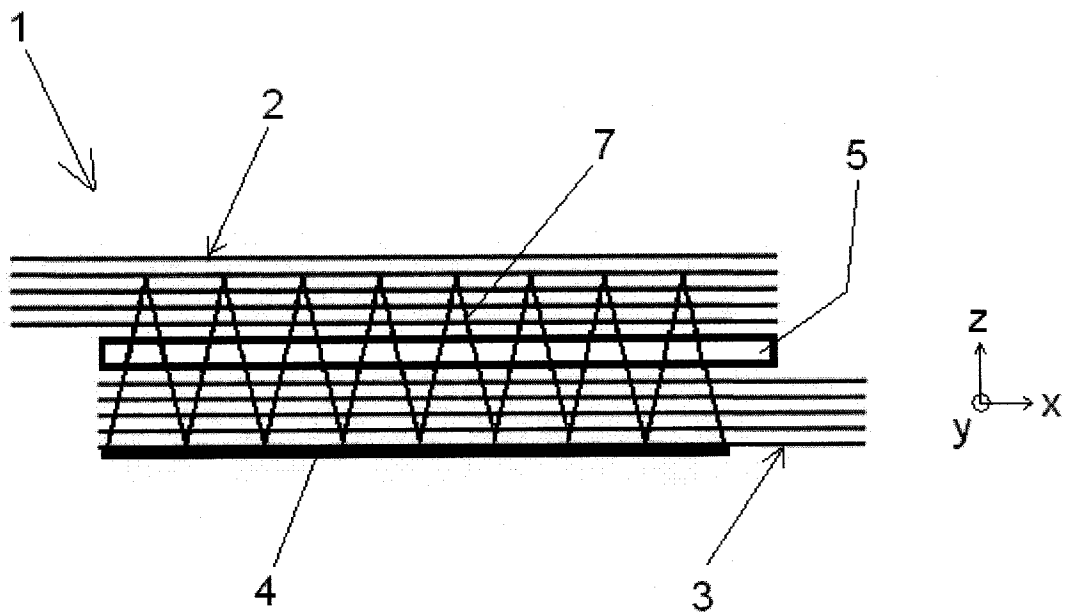


Fig. 6

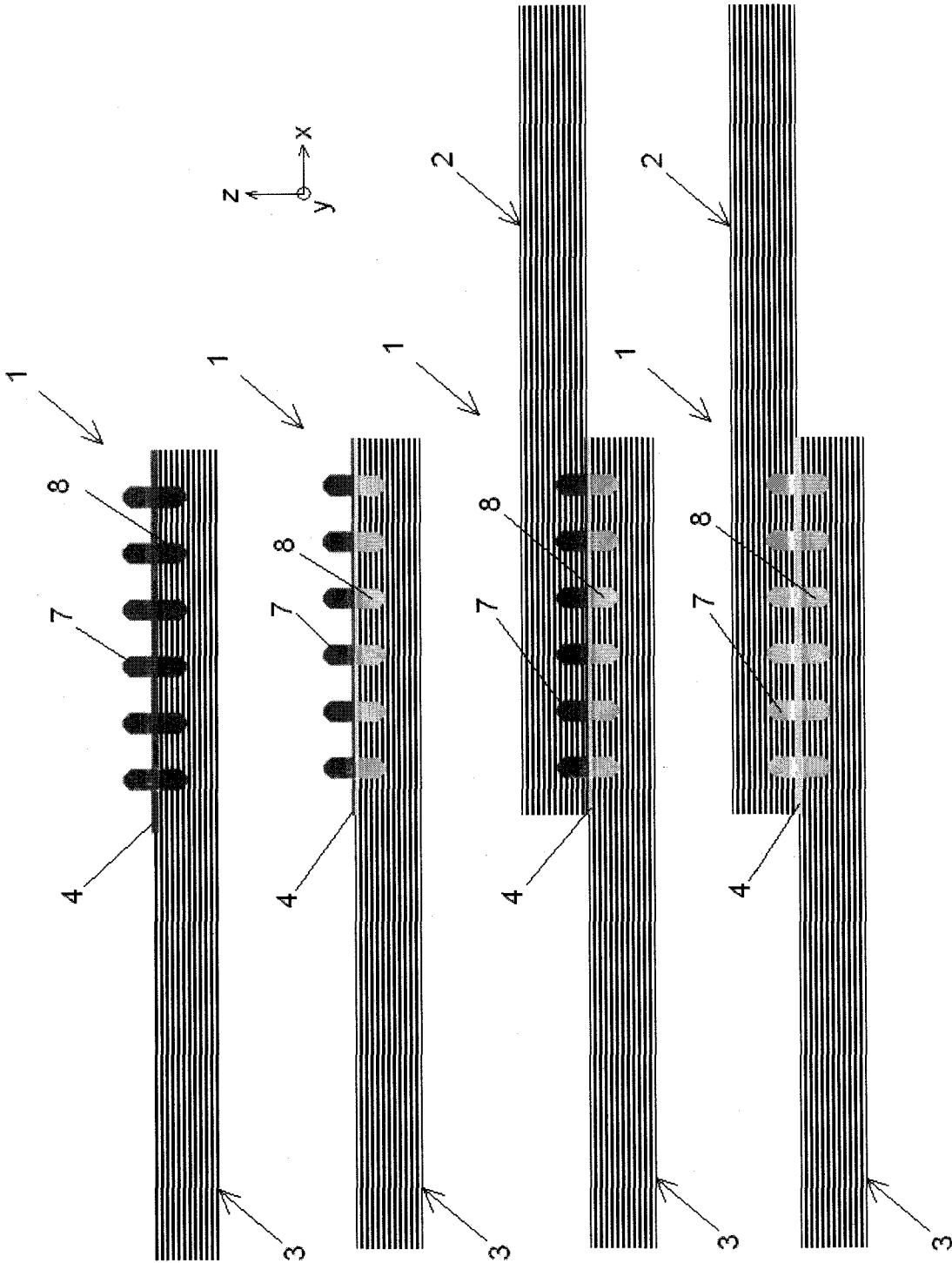
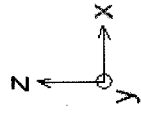


Fig. 7a

Fig. 7b

Fig. 7c

Fig. 7d

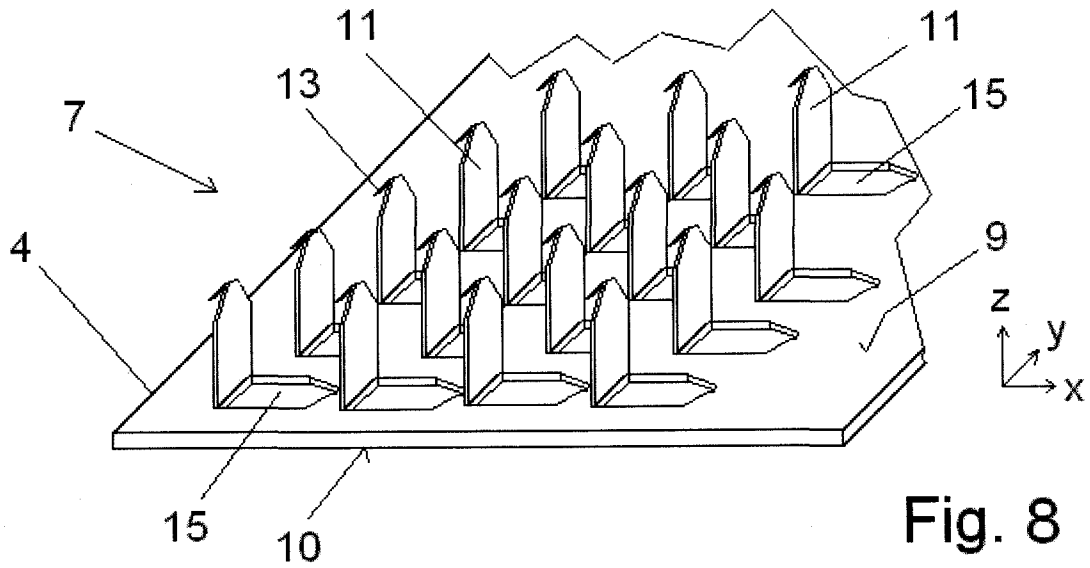


Fig. 8

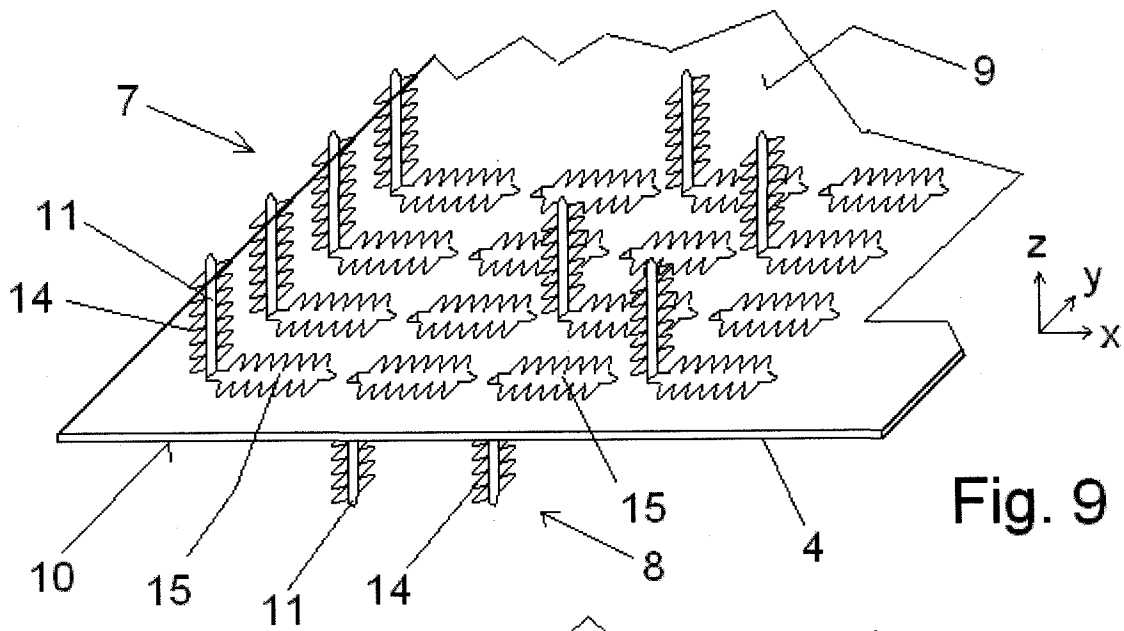


Fig. 9

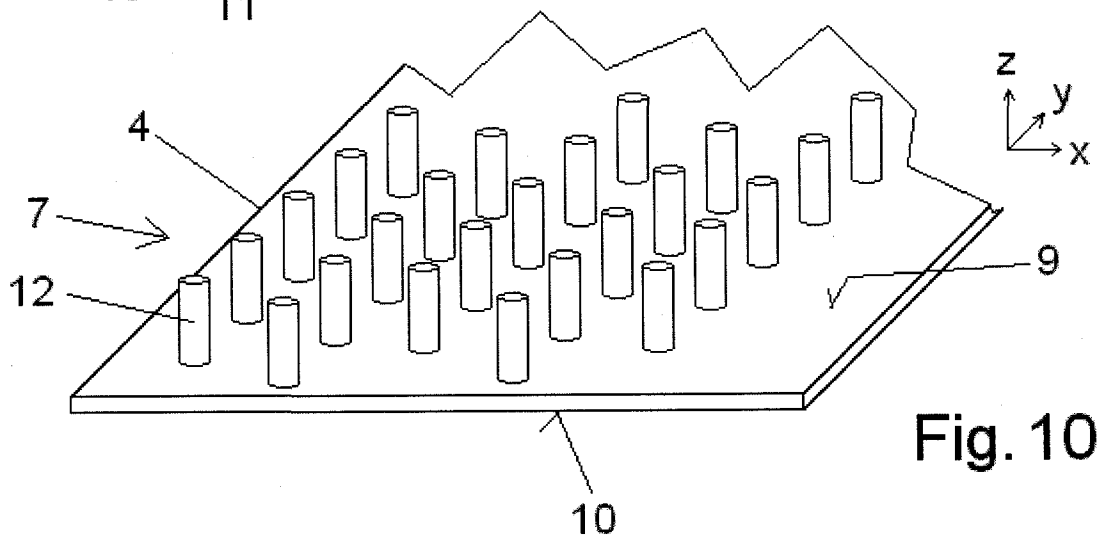


Fig. 10

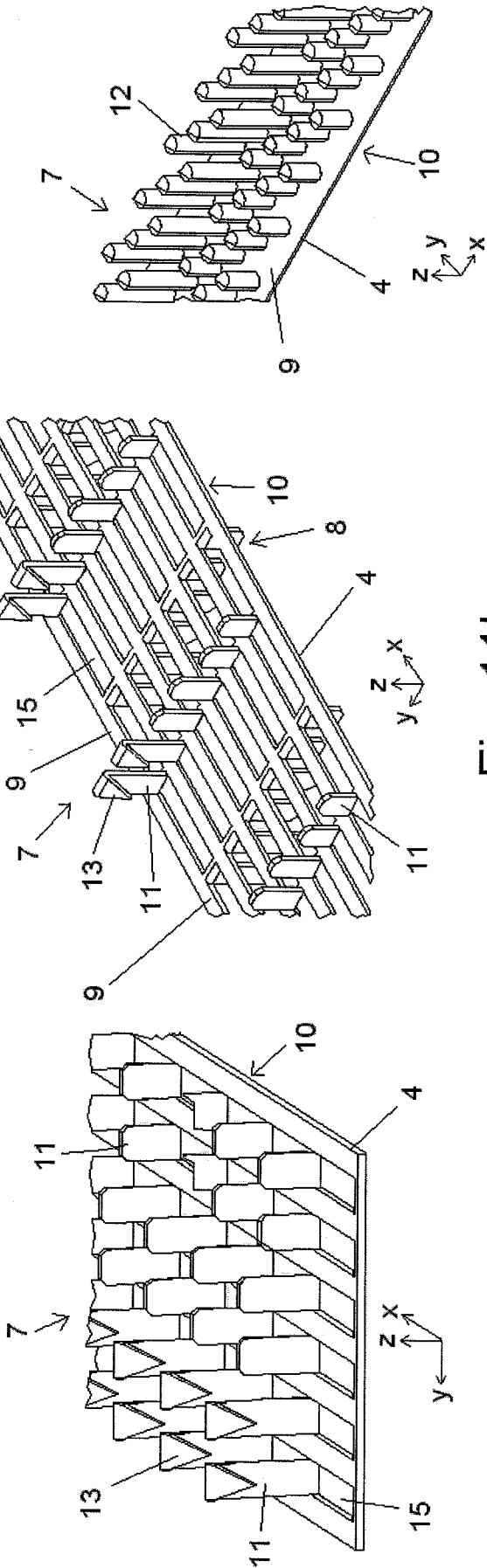


Fig. 11c

Fig. 11b

Fig. 11a

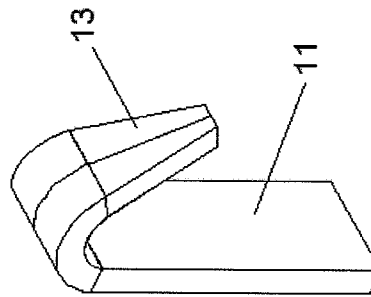
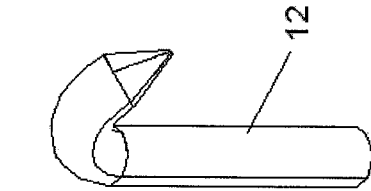
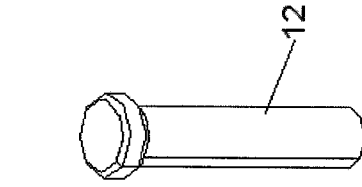
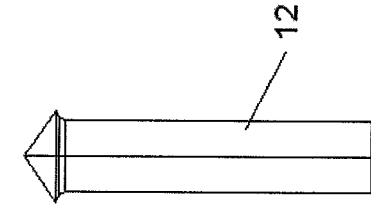


Fig. 12