



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 109 362.1**  
(22) Anmelddatag: **02.05.2017**  
(43) Offenlegungstag: **02.11.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **10.08.2023**

(51) Int Cl.: **B29C 70/54 (2006.01)**  
**B29C 70/44 (2006.01)**  
**B29C 73/02 (2006.01)**  
**B29C 73/10 (2006.01)**  
**B29C 73/30 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**15/144,625 02.05.2016 US**

(73) Patentinhaber:  
**GM Global Technology Operations LLC, Detroit, Mich., US; Teijin Limited, Osakashi-shi, Osaka, JP**

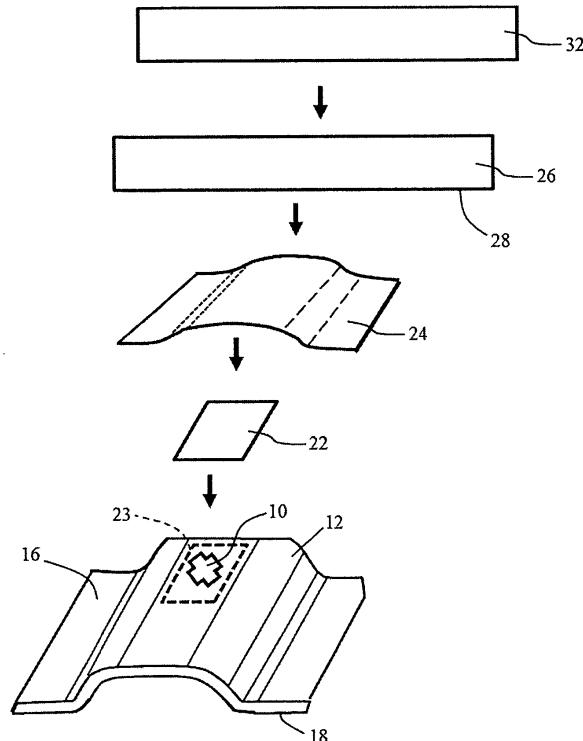
(74) Vertreter:  
**Manitz Finsterwald Patent- und Rechtsanwaltpartnerschaft mbB, 80336 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Huang, Xiaosong, Novi, Mich., US; Zhao, Selina X., Rochester Mills, Mich., US; Berger, Elisabeth J., Farmington Hills, Mich., US; Rodgers, William R., Bloomfield Township, Mich., US; Ryutani, Tomohiro, Rochester, Mich., US; Novak, Glen, Bruce Township, Mich., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

(54) Bezeichnung: **Kosmetische Reparatur eines thermoplastischen Kohlenstofffaserkomposit**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Reparieren eines Defektes (10) in einer Polymerkompositstruktur (12), umfassend:  
Füllen des Defekts (10) mit einem Füllmaterial (14), das ein thermoplastisches oder duroplastisches Polymermaterial umfasst;  
Glätten des Füllmaterials (14), so dass dieses mit einer Oberfläche der Polymerkompositstruktur (12) bündig ist;  
Härt(en) des Füllmaterials (14) in dem Defekt (10);  
Anordnen eines Polymerflickens (22) über dem Defekt (10) in der Polymerkompositstruktur (12), nachdem das Füllmaterial (14) hart geworden ist;  
Anordnen einer texturierten Folie (24) über dem Polymerflicken (22), wobei die texturierte Folie (24) eine erste Oberflächentextur hat, die ein Negativ einer zweiten Oberflächentextur der Polymerkompositstruktur (12) ist; und  
Übertragen der ersten Oberflächentextur auf den Polymerflicken (22), indem Druck auf den Polymerflicken (22) und die texturierte Folie (24) angewendet und der Polymerflicken (22) erwärmt wird.



(19)



Deutsches  
Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2017 109 362 B4** 2023.08.10

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	40 19 744	A1
DE	10 2005 011 977	A1
DE	10 2007 026 099	A1
DE	10 2015 008 312	A1
US	2006 / 0 158 001	A1
US	2013 / 0 122 262	A1
US	2013 / 0 272 780	A1
US	2015 / 0 108 793	A1
US	3 837 965	A
WO	2012/ 102 315	A1
WO	2012/ 105 080	A1
WO	2012/ 105 387	A1
WO	2012/ 105 389	A1
WO	2012/ 105 716	A1
WO	2012/ 105 717	A1
WO	2012/ 108 446	A1
WO	2012/ 117 593	A1
WO	2012/ 140 793	A1
JP	2006- 1 125	A

**Beschreibung****Gebiet**

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf die Reparatur von Kohlenstofffaserkompositen durch Verwendung von Reparaturflicken. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Reparieren eines Defektes in einer Polymerkompositstruktur. Der Art nach vergleichbare Verfahren sind beispielsweise aus der US 3 837 965 A, oder der DE 10 2007 026 099 A1 bekannt. Ferner beschreiben die Druckschriften DE 40 19 744 A1, US 2006 / 0 158 001 A1 und JP 2006 001 125 A Verfahren zum Reparieren eines Defektes in einer Polymerkompositstruktur, wobei der Defekt mit einem Reparaturmaterial gefüllt wird.

**Hintergrund**

**[0002]** Karosserien verarbeiten wünschenswerterweise die Belastungen, die sowohl während normaler Betriebsbedingungen als auch unter außergewöhnlichen Bedingungen, zum Beispiel Kollision oder während Exposition gegenüber übermäßigen Kräften oder Schlag bzw. Zusammenstoß, angewendet werden. In zunehmendem Maße werden Karosserien unter Verwendung von Materialien, zum Beispiel Polymer-basierten Kompositen, konstruiert, die höhere Festigkeit-zu-Gewicht-Verhältnisse bieten als der niedrig gekohlte Stahl, der in herkömmlichen Designs verwendet wird. Insbesondere Polymerkomposite sind in Automobilen nützlich, und es wird erwartet, dass ihre Verwendung in der Zukunft weiter steigt, und zwar bei der Anstrengung, das Fahrzeuggewicht weiter zu verringern. Allerdings werfen Polymerkomposite im Vergleich zu herkömmlichen Metallmaterialien größere Schwierigkeiten auf, wenn eine Reparatur erforderlich ist. Dementsprechend wird die Entwicklung eines wirksamen Reparaturverfahrens für Defekte in beschädigten oder verkratzten Kompositstrukturen wichtig bleiben.

**Zusammenfassung**

**[0003]** Erfnungsgemäß wird daher ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 zum Reparieren eines Defekts in einer Polymerkompositstruktur vorgeschlagen.

**[0004]** Besondere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0005]** Das Erwärmen bewirkt, dass der Polymerflicken an der Polymerkompositstruktur haftet. Das Anwenden von Druck bewirkt, dass die texturierte Folie die erste Oberflächentextur auf den Polymerflicken überträgt, sodass der Polymerflicken eine dritte Oberflächentextur hat, die mit der zweiten Oberflä-

chentextur der Polymerkompositstruktur übereinstimmt.

**[0006]** Weitere Anwendungsbereiche werden aus der hierin bereitgestellten Beschreibung klar werden. Die Beschreibung und spezifische Beispiele in dieser Zusammenfassung sind lediglich zu Zwecken der Erläuterung bestimmt.

**Figurenliste**

**[0007]** Die Zeichnungen, die hierin beschrieben werden, dienen lediglich zu Veranschaulichungszwecken für ausgewählte Ausführungsformen.

**Fig. 1** ist eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Reparieren eines Defektes in einer Polymerkompositstruktur gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung.

**Fig. 2A** ist eine Darstellung einer Reparatur eines kosmetischen Defektes gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung.

**Fig. 2B** ist eine Darstellung einer Reparatur eines Strukturdefektes gemäß bestimmten anderen Aspekten der vorliegenden Offenbarung.

**Fig. 3A** ist eine Darstellung eines Verfahrens zum Reparieren eines Defektes in einer Polymerkompositstruktur gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung wie in **Fig. 1**, wobei eine Heizdecke als Wärmequelle verwendet wird.

**Fig. 3B** ist eine Darstellung eines Verfahrens zum Reparieren eines Defektes in einer Polymerkompositstruktur gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung wie in **Fig. 1**, wobei ein Induktionsheizergerät als Wärmequelle verwendet wird.

**Fig. 4A** ist eine Darstellung eines Verfahrens zum Reparieren eines Defektes in einer Polymerkompositstruktur gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung wie in **Fig. 1**, wobei ein Vakuumsack als Druckquelle verwendet wird.

**Fig. 4B** ist eine Darstellung eines Verfahrens zum Reparieren eines Defektes in einer Polymerkompositstruktur gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung wie in **Fig. 1**, wobei ein Sandsack als Druckquelle verwendet wird.

**Fig. 5A** ist eine Darstellung eines Vakuumsacks, der von einer Ecke oder Verbindung einer Polymerkompositstruktur abgehoben wird, wenn ein negativer Druck durch den Vakuumsack erzeugt wird.

**Fig. 5B** ist eine Darstellung eines Vakumsacks, der in eine Ecke oder Verbindung einer Polymerkompositstruktur infolge eines Einschlusses einer Falte im Vakumsack vor dem Anlegen von negativem Druck durch den Vakuumbeutel gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung gesaugt wird.

**Fig. 6** ist eine Darstellung eines Verfahrens zum Reparieren eines kosmetischen Defektes in einer gewellten Polymerkompositstruktur gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung.

**Fig. 7A** ist eine Darstellung eines Verfahrens gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung wie das in **Fig. 6**, wobei eine Heidecke als Wärmequelle verwendet wird, und

**Fig. 7B** ist eine Darstellung eines Verfahrens gemäß bestimmten anderen Aspekten der vorliegenden Offenbarung wie das in **Fig. 6**, wobei ein Induktionsheizgerät als Wärmequelle verwendet wird.

**[0008]** In den verschiedenen Ansichten der Zeichnungen geben entsprechende Bezugszeichen entsprechende Teile an.

#### Detaillierte Beschreibung

**[0009]** Es werden Beispielausführungsformen bereitgestellt, sodass diese Offenbarung umfassend sein wird. Es werden zahlreiche spezifische Einzelheiten angegeben, zum Beispiel Beispiele spezifischer Zusammensetzungen, Komponenten, Vorrichtungen und Verfahren, um ein umfassendes Verständnis von Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung bereitzustellen. In einigen Beispielausführungen werden gut bekannte Verfahren, gut bekannte Vorrichtungsstrukturen und gut bekannte Technologien nicht im Einzelnen beschrieben.

**[0010]** Im Folgenden werden Beispielausführungsformen vollständiger anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben.

**[0011]** Polymerkomposite werden in großem Umfang in Kraftfahrzeugen, zum Beispiel Automobilen, Motorrädern, Booten, Traktoren, Bussen, Wohnwagen, Campern und Tanks, verwendet und ihre Verwendung wird in der Zukunft mit den Anstrengungen, das Fahrzeuggewicht weiter zu reduzieren, zunehmen. Verstärkte Komposite sind zur Verwendung in Komponenten eines Automobils oder eines anderen Fahrzeugs (z. B. Motorrädern, Boote) besonders geeignet, sie können aber auch in einer Vielzahl von anderen Industrien und Anwendungen eingesetzt werden, einschließlich als Komponenten in der Luft- und Raumfahrt, in industrieller Ausrüstung und Maschinerie, in Bauernhofausrüstung, in schweren Maschinen, als nicht-limitierende Beispiele. Bei-

spielsweise können verstärkte Komposite eingesetzt werden, um Fahrzeugebauteile, die konturierte oder komplexe dreidimensionale Formen haben, zu formen. Nicht-limitierende Beispiele umfassen Gastankschutzhilfen, Unterbodenbeschleuniger, Bauplatten, Türfüllungen, Innenböden, Bodenwannen (z. B. eines Lastwagens), Dächer, Außenoberflächen, Lagerflächen, einschließlich Handschuhkästen, Armaturenkästen, Kofferräumen, Kofferraumböden, Lastwagenladeflächen und der gleichen.

**[0012]** Im Vergleich zu existierenden metallischen Materialien erfordern Polymerkomposite andere Reparaturverfahren. Daher ist die Entwicklung wirksamer Reparaturverfahren für beschädigte Polymerkompositstrukturen notwendig. Für kosmetische Reparaturen haben Materialien, die zum Auffüllen von Oberflächendefekten verwendet werden, wünschenswerterweise eine gute Adhäsion mit der Ausgangspolymerkompositstruktur, um die Dauerhaftigkeit der Reparatur sicherzustellen, und sie haben eine Farbe und eine Textur, die mit der Farbe und Textur des Ausgangspolymerkompositos übereinstimmen bzw. zu dieser passen. Herkömmliche Verfahren, die für kosmetische Reparaturen von Polymerkompositstrukturen verwendet werden, stellen nicht zuverlässig gute UV-Beständigkeit, Abriebbeständigkeit und passendes Aussehen bereit. Dementsprechend sind neue Verfahren zum Reparieren kosmetischer Defekte in Polymerkompositstrukturen wünschenswert.

**[0013]** In verschiedenen Aspekten stellt die vorliegende Offenbarung Verfahren zum Reparieren eines Defektes in einer Polymerkompositstruktur mit einem Polymerflicken bereit. Ein Polymerkomposit umfasst mindestens ein Polymer und mindestens ein Verstärkungsmaterial. In bestimmten Aspekten kann das Polymer ein thermoplastisches Polymer sein. Beispielsweise kann die Polymerkompositstruktur ein thermoplastisches Kohlenstofffaser-verstärktes Komposit sein. Der Defekt kann kosmetisch sein, zum Beispiel ein Kratzer, eine Rille oder eine Vertiefung oder ein Loch, oder der Defekt kann strukturell sein, zum Beispiel ein großer Riss, der sich über zwei Oberflächen einer Polymerkompositstruktur erstreckt, oder ein Loch. Ein struktureller Defekt kann eine Stelle sein, die eine Rissausbreitung oder andere Ausfallmechanismen erleichtert, während ein kosmetischer Defekt die Ästhetik der exponierten Region(en) der Polymerkompositstruktur beeinträchtigt. Die Polymerkompositstruktur kann eine beliebige Struktur, die aus einem Polymerkompositmaterial besteht, an einem Fahrzeug sein, wie zum Beispiel einer Platte. Dementsprechend kann die Polymerkompositstruktur eine glatte Platte, eine gebogene Platte oder eine gewellte Platte sein, zum Beispiel eine Platte, die bei einer Lastwagenladefläche oder einer beliebigen der vorher oben diskutier-

ten Anwendungen verwendet wird. In bestimmten Aspekten ist der Polymerflicken, der verwendet wird, um einen Defekt in einer Polymerkompositstruktur zu reparieren, ein thermoplastischer Flicken, der ein thermoplastisches Polymer umfasst. In bestimmten anderen Aspekten kann der Polymerflicken ein Polymerkompositmaterial sein. Der Polymerflicken kann eine Zusammensetzung haben, die dieselbe wie die Zusammensetzung der Polymerkompositstruktur ist, einschließlich desselben Verstärkungsmaterials mit denselben Leveln (z. B. ähnlicher Fasergehalt), oder er kann eine andere Polymerkompositzusammensetzung und/oder einen anderen Fasergehalt als die Polymerkompositstruktur haben. Beispielsweise kann der Polymerflicken eine Zusammensetzung haben, die dieselbe wie die Zusammensetzung der Polymerkompositstruktur ist, aber einen Fasergehalt umfassen, der kleiner als oder größer als der Fasergehalt in der Polymerkompositstruktur ist.

**[0014]** Was **Fig. 1** angeht, so stellt die vorliegende Technologie ein beispielhaftes Verfahren zum Reparieren eines Defektes 10 in einer Polymerkompositstruktur 12, die aus einem Polymerkomposit besteht, bereit. Die Polymerkompositstruktur 12 kann ein Teilstück eines Fahrzeugs sein, zum Beispiel eine Karosserieplatte oder eine Platte, die einen Boden einer Lastkraftwagenladefläche definiert. Der Defekt 10 kann ein kosmetischer Defekt oder ein struktureller Defekt sein. In bestimmten Ausführungsformen, zum Beispiel wenn der Defekt 10 ein tiefer Kratzer, eine Rille oder ein kleines Loch ist, kann das Verfahren den Defekt 10 mit einem Füllmaterial füllen, wie es unten beschrieben wird. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, umfasst die Polymerkompositstruktur 12 eine sichtbar freiliegende bzw. sichtbar exponierte Oberfläche 16 und eine nicht sichtbar exponierte bzw. nicht sichtbar freiliegende Oberfläche 18.

**[0015]** **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zeigen Querschnitte einer Polymerkompositstruktur wie Polymerkompositstruktur 12 in **Fig. 1**. In **Fig. 2A** ist ein kosmetischer Defekt 10a in einer Polymerkompositstruktur 12a gezeigt, während in **Fig. 2B** ein struktureller Defekt 10b in einer Polymerkompositstruktur 12b gezeigt ist. Wie in **Fig. 2A** und **Fig. 2B** gezeigt ist, umfasst das vorliegende Verfahren ein Auffüllen des Defektes in der Polymerkompositstruktur mit einem Füllmaterial 14. Insbesondere zeigt **Fig. 2A** einen kosmetischen Defekt 10a in der Form eines Kratzers oder einer Rille in der Polymerkompositstruktur 12a. Das Verfahren in **Fig. 2A** füllt den kosmetischen Defekt 10a mit einem Füllmaterial 14 auf. Das Füllmaterial 14 kann ein beliebiges Füllmaterial sein, das unter Füllen des Defektes 10a härtet. Beispiele für geeignete Füllmaterialien 14 umfassen Thermoplaste, zum Beispiel Polyamide, Acrylharze, Polycarbonate, thermoplastische Polyester, Polysulfon und Copolymeren davon als nicht-limitierende Beispiele sowie wärme-

härtbare Kunststoffe, zum Beispiel Polyimide, Epoxid, Vinylester, Polyester, Acrylate und Polyurethane als nicht-limitierende Beispiele. Wie in **Fig. 2A** gezeigt ist, wird das Füllmaterial 14, egalisiert, zum Beispiel durch Schaben oder Glätten, so dass das Füllmaterial 14 mit einer freiliegenden, das heißt sichtbaren, Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur 12 bündig ist.

**[0016]** **Fig. 2B** zeigt die Polymerkompositstruktur 12b, die der Polymerkompositstruktur 12a in **Fig. 2A** ähnlich ist, aber stattdessen einen strukturellen Defekt 10b in Form eines Lochs hat, das sich von der freiliegenden Oberfläche 16 zu einer nicht freiliegenden, das heißt nicht sichtbaren, Oberfläche 18 erstreckt. Wie in **Fig. 2B** gezeigt ist, umfasst das Verfahren Befestigen einer Platte 20 an der nicht freiliegenden Oberfläche 18, so dass die Platte 20 den Defekt 10b überspannt. Die Platte 20 kann aus einem beliebigen Material bestehen, das geeignet ist, das Füllmaterial 14 zu unterstützen. Die Platte 20 kann aus Metall, einer Legierung, Stahl, Glasfaser, einem Polymer oder einem Polymerkomposit bestehen. Ein Befestigen der Platte 20 an der nicht freiliegenden Oberfläche 18 der Polymerkompositstruktur 12 kann durch ein beliebiges, auf dem Fachgebiet bekanntes Verfahren durchgeführt werden, wie zum Beispiel mit einem Klebstoff, mit Eisenwaren, das heißt Schrauben, oder einer Kombination davon. Wie in **Fig. 2B** gezeigt ist, umfasst das Verfahren Füllen des strukturellen Defektes 10b mit dem Füllmaterial 14. Dann wird das Füllmaterial 14, wie es in **Fig. 2B** gezeigt ist, abgeschabt oder geglättet, sodass das Füllmaterial mit einer freiliegenden, das heißt sichtbaren, Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur bündig ist.

**[0017]** In **Fig. 2A** und **Fig. 2B** umfasst das Verfahren auch Verfestigen, Trocknen oder Polymerisieren des Füllmaterials 14, sodass das Füllmaterial härtet und den kosmetischen Defekt 10a oder den strukturellen Defekt 10b ausfüllt. Abhängig von der Zusammensetzung des Füllmaterials 14 kann ein Verfestigen, Trocknen oder Polymerisieren des Füllmaterials 14 Erwärmen des Füllmaterials 14, Zusetzen eines Aktivators zu dem Füllmaterial 14, Exponieren des Füllmaterials 14 gegenüber ultraviolettem (UV)-Licht, Inkubieren für einen Zeitraum oder eine Kombination davon umfassen. Nachdem das Füllmaterial 14 aufgebracht, geglättet und polymerisiert worden ist, ist die Polymerkompositstruktur zur weiteren Verarbeitung, um den Defekt gemäß bestimmten Aspekten der vorliegenden Offenbarung zu reparieren, bereit.

**[0018]** Was nun wiederum **Fig. 1** betrifft, so umfasst das Verfahren Anordnen eines Flickens 22 über dem Defekt 10 in der Polymerkompositstruktur 12. Die Positionierung des Flickens 22 über dem Defekt 10 ist durch eine Flickenaußlinie 23 auf der Polymer-

kompositstruktur 12 veranschaulicht. Wenn der Defekt mit einem Füllmaterial gefüllt ist, wird der Flicken 22 über dem Defekt 10 angeordnet, nachdem das Füllmaterial hart geworden ist. Der Flicken 22 besteht aus einem Polymermaterial, zum Beispiel einem thermoplastischen Polymer oder einem ungehärteten wärmehärtbaren Polymer. Dementsprechend kann der Flicken 22 ein wärmehärtender Polymerflicken, ein thermoplastischer Polymerflicken sein. In bestimmten Variationen ist der Polymerflicken ein Polymerkompositflicken, der ein Polymer und ein Verstärkungsmaterial darin verteilt hat. Der Flicken 22 hat eine Dicke, die genügend ist, um eine reparierte Oberfläche zu bedecken und Lücken auszufüllen, während er dünn genug ist, um die Polymerkompositstruktur 12 zu maskieren oder zu tarnen, das heißt sich in die Polymerkompositstruktur 12 einzumischen. Daher hat der Flicken 22 gegebenenfalls eine Dicke von größer als oder gleich etwa 1 µm bis kleiner als oder gleich etwa 1 mm. In bestimmten Aspekten stimmt der Flicken 22 im Wesentlichen bezüglich der Farbe und/oder der Zusammensetzung mit der Polymerkompositstruktur 12 überein, sodass, nachdem das Verfahren beendet ist, der Flicken 22 den Defekt 10 überdeckt und nicht sichtbar oder nur leicht sichtbar ist. Alternativ kann der Flicken 22 transparent sein, sodass die Farbe der Polymerkompositstruktur 12 durch den Flicken 22 durchscheint. Dementsprechend kann eine Farbanpassung bzw. -übereinstimmung durch visuelle Inspektion erfolgen. Es können Füllstoffe, zum Beispiel Ruß oder Titandioxid in dem Flickenmaterial enthalten sein, um die Farbe des Flickenmaterials fein einzustellen, sodass sie zu der Polymerkompositstruktur 12 passt. In anderen Aspekten muss der Flicken 22 in der Farbe und/oder der Zusammensetzung nicht mit der Polymerkompositstruktur 12 übereinstimmen. In bestimmten Variationen umfassen geeignete Flickenmaterialien auch dieselbe Polymermatrix oder dasselbe Harz wie die Polymerkompositstruktur 12, beinhalten aber keine Verstärkungsfasern.

**[0019]** In anderen Aspekten können die Polymerkompositstruktur 12 und der Flicken 22 aus einem beliebigen faserverstärkten Kompositmaterial, das in US-Patent-Publikationen Nrn. US 2013/0122262 A1, US 2013/0272780 A1 und US 2015/0108793 A1 und in den internationalen PCT-Publikationen Nrn. WO 2012/117593 A1, WO 2012/105716 A1, WO 2012/102315 A1, WO 2012/105080 A1, WO 2012/105387 A1, WO 2012/105389 A1, WO 2012/105717 A1, WO 2012/108446 A1 und WO 2012/140793 A1 offenbart ist, bestehen, wobei jede dieser Druckschriften hier durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit aufgenommen wird. In verschiedenen Aspekten kann der Flicken 22 aus demselben faserverstärkten Kompositmaterial wie die Polymerkompositstruktur 12 oder einem anderen faserverstärkten Komposit-

material als die Polymerkompositstruktur 12, das mit der Polymerkompositstruktur 12 kompatibel ist, bestehen. Darüber hinaus kann der Flicken 22 aus demselben faserverstärkten Kompositmaterial wie die Polymerkompositstruktur 12 bestehen, allerdings mit einem höheren oder niedrigeren Fasergehalt.

**[0020]** Somit kann der Flicken 22 aus Flickenmaterialien zusammengesetzt sein, die eine Polymermatrix oder ein -harz, verstärkt mit einer Verstärkungsfaser, umfassen. Geeignete Beispiele für Fasern für den Flicken 22 oder die Polymerkompositstruktur 12 umfassen Kohlenstofffasern, Glasfasern (z. B. Glasfaser oder Quarzfaser), Aramidfasern (z. B. KEVLAR®, synthetische para-Aramidfaser, und TWARON® synthetische para-Aramidfaser), Borfasern, Keramikfasern, Polyesterfasern, Fasern aus Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht (UHMWPE), Hanffasern, Basaltfasern und Kombinationen davon. Die Fasern können als Fasermatten, die untereinander verbundene oder in Kontakt stehende

**[0021]** Fasern haben, bereitgestellt werden oder können zufällig verteilte einzelne Faser innerhalb der Harzmatrix sein. Geeignete Fasern können Fasern mit relativ kurzer Länge (mit Längen von  $\geq$  etwa 0,1 mm bis  $\leq$  etwa 10 mm), Fasern mit relativ langer Länge (mit Längen von  $\geq$  etwa 10 mm bis  $\leq$  etwa 100 mm) oder Endlosfasern (mit Längen von  $\geq$  etwa 100 mm) umfassen und können beliebige Kombinationen davon umfassen. Fasern mit langer Länge können ein gutes Gleichgewicht von Formbarkeit/Produktivität/mechanischer Leistung bereitstellen. Die Fasern können auch geschnitten sein.

**[0022]** Die Fasern innerhalb des Polymerkompositmaterials oder Flickens können in einer zufällig orientierten Art, zum Beispiel in einer im Wesentlichen zweidimensional zufällig orientierten oder in einer in spezifischer Richtung orientierten Art angeordnet sein. In bestimmten Variationen kann eine Fasermatte mit hoch-planar orientierten oder unidirektional orientierten Fasern oder einer Kombination davon verwendet werden. Die Fasermatte kann für ein gutes Gleichgewicht von Formbarkeit/Produktivitäts/mechanischer Leistung eine zufällig orientierte Faser haben. In bestimmten Variationen kann eine Matte mit zufälligen Fasern verwendet werden. Die zufällige Matte kann Verstärkungsfasern, die eine durchschnittliche Faserlänge von größer als oder gleich etwa 3 mm bis kleiner als oder gleich etwa 100 mm haben, und ein thermoplastisches Harz umfassen. Eine solche Matte mit zufälligen Fasern ist außerdem in WO 2012/105080 A1, die oben diskutiert ist, beschrieben. Außerdem kann eine Schicht mit unidirektional orientierten Kohlenstofffasern enthalten sein, um die lokale Steifigkeit und Festigkeit für die lasttragende Trägerstruktur zu erhöhen. In verschiedenen Ausführungsformen hat das Flicken-

material eine Faserkonzentration, die kleiner als oder gleich der Faserkonzentration in der Polymerkompositstruktur ist.

**[0023]** Wie oben diskutiert wurde, besteht das Flickenmaterial aus einem Verstärkungsmaterial, das in einer/m Polymermatrix oder -harz verteilt ist, welche(s) dasselbe wie das Polymerkompositstrukturmaterial oder ein anderes sein kann. Als Beispiel kann das Polymerharz umfassen: Polyamidharz (z. B. PA6, PA11, PA12, PA46, PA66, PA610 oder Caprolactam), Vinylester, Phenolharze, Bismaleimide, Polyamidimidharz, Polyimidharz, Vinylchloridharz, Vinylidenchloridharz, Vinylacetatharz, Polyvinylalkoholharz, Polystyrolharz, Acrylnitril-Styrol-Harz, Acrylnitril-Butadien-Styrol-Harz, Acrylharz, Methacrylatharz, Polyethylenharz, Polypropylenharz, Polyetherimidharz, Polyphenylensulfidharz, Polybenzimidazolharz, Polyacetalharz, Polycarbonatharz, Polyethylenterephthalatharz, Polyethylen-naphthalatharz, Polybutylen-terephthalatharz, Polyacrylatharz, Polyarylethersulfonharz, Polyphenylenetherharz, Polyphenylensulfidharz, Polysulfonharz, Polyethersulfonharz, Polyetheretherketonharz, Polylactidharz, Polycarbonatharz oder eine beliebige Kombination oder ein beliebiges Copolymer dieser Harze. Dementsprechend umfassen Beispiele für

Flickenmaterialien, das heißt thermoplastische Flickenmaterialien, Polyester (einschließlich Polyethylen-terephthalat (PET)), Polyurethan, Polyolefin, Polyacrylsäure) (PAA), Poly(methylacrylat) (PMA), Poly(methylmethacrylat) (PMMA), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polyamide (einschließlich Poly-caprolactam (Nylon)), Polymilchsäure (PLA), Polybenzimidazol, Polycarbonat, Polyethersulfon (PES), Polyetheretherketon (PEEK), Polyetherimid (PEI), Polyethylen (PE; einschließlich Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht (UHMWPE), Polyethylen mittlerer Dichte (MDPE), Polyethylen niedrigerer Dichte (LDPE) und vernetztem Polyethylen (PEX)), Polyphenylenoxid (PPO), Polyphenylensulfid (PPS), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyvinylchlorid (PVC), Polytetrafluorethylen (PTFE), Copolymeren davon und Kombination davon.

**[0024]** Wie der Fachmann auf diesem Gebiet erkennen wird, kann das faserverstärkte Kompositmaterial außerdem andere herkömmliche Ingredienzien, einschließlich anderer Verstärkungsmaterialien, funktioneller Füllstoffe oder Additive wie organische/anorganische Füllstoffe, flammhemmende Mittel, Mittel gegen ultraviolette Strahlung (UV-Stabilisatoren), Antioxidantien, Färbemittel oder Pigmente, zum Beispiel Carbon-Black-Pulver, Formtrennmittel, Weichmacher, Plastifizierungsmittel, oberflächenaktive Mittel und dergleichen, enthalten. Was Färbemittel oder Pigmente angeht, so können sie verwendet werden, um die Farbe der Polymerkompositstruktur 12 anzupassen.

**[0025]** Das Verfahren umfasst außerdem, weiter unter Bezugnahme auf **Fig. 1**, Anordnen einer texturierten Folie 24 über dem Flicken 22. In bestimmten Aspekten umfasst eine Oberflächentextur ein sichtbares Muster, zum Beispiel Kreuzschräffierung, ein Kornmuster oder andere Oberflächenmikromuster. Die texturierte Folie 24 hat demnach eine Oberflächentextur oder -körnung, die eine Umkehrung, ein Negativ oder ein Spiegelbild einer Oberflächentextur der Polymerkompositstruktur 12 ist, sodass die Oberflächentextur der Polymerkompositstruktur 12 in dem Flicken 22 eingebettet werden kann. Die texturierte Folie 24 kann auch aus einem beliebigen flexiblen Material bestehen, von dem auf dem Fachgebiet bekannt ist, dass es erhöhte Drücke und Temperaturen aushalten kann. In bestimmten Ausführungsformen besteht die texturierte Folie 24 aus Silikon, das heißt, die texturierte Folie 24 ist eine texturierte Silikonfolie. In anderen Ausführungsformen ist die texturierte Folie 24 eine texturierte Folie aus wärmebeständigem Kautschuk oder Polyimid oder eine texturierte Folie eines weichen biegsamen Metalls. Wie unten in weiteren Einzelheiten beschrieben wird, wird die Oberflächentextur der texturierten Folie 24 auf den Flicken 22 übertragen, sodass der Flicken 22 eine Oberflächentextur oder -körnung hat, die der Oberflächentextur oder -körnung der Polymerkompositstruktur 12 entspricht. Nach Beendigung des Verfahrens wird der Flicken 22 demnach dieselbe Textur wie die Polymerkompositstruktur 12 haben, sodass sich der Flicken 22 visuell mit der freiliegenden Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur mischt. In Ausführungsformen, in denen die Polymerkompositstruktur 12 keine Oberflächentextur hat, das heißt glatt ist, ist die texturierte Folie nicht notwendig. Entsprechend ist die texturierte Folie nicht notwendig, wenn andere Komponenten, die in dem Verfahren verwendet werden, eine Oberflächentextur haben, die der Oberflächentextur der Polymerkompositstruktur 12 entspricht.

**[0026]** Das Verfahren umfasst außerdem Anordnen oder Anwenden einer Wärmequelle, das heißt eines Heizelementes, 26, auf die texturierte Folie 24, wenn diese vorhanden ist, oder auf den Flicken 22, wenn die texturierte Folie 24 nicht vorhanden ist. Beispielsweise hat die Wärmequelle 26 eine untere Oberfläche 28, die mit der texturierten Folie 24 oder dem Flicken 22 in Kontakt steht. In einigen Ausführungsformen umfasst die untere Oberfläche 28 der Wärmequelle 26 eine Textur oder Körnung, die ein Negativ der Textur oder Körnung in der Polymerkompositstruktur 12 ist. In solchen Ausführungsformen wird eine Textur von der unteren Oberfläche 28 der Wärmequelle 26 auf den Flicken 22 übertragen und ist die texturierte Folie 24 nicht erforderlich. Die Wärmequelle 26 kann eine beliebige Wärmequelle, die auf dem Fachgebiet bekannt ist, zum Beispiel eine Heizdecke oder ein Induktionsheizgerät, sein.

**[0027]** **Fig. 3A** zeigt ein Verfahren ähnlich dem, das im Kontext von **Fig. 1** beschrieben wurde, wobei die Wärmequelle 26 eine Heizdecke 26a ist. Die Heizdecke 26a hat eine untere Oberfläche 28a, die entweder mit der texturierten Folie 24 in Kontakt tritt, wenn die untere Oberfläche 28a keine Textur oder Körnung hat, die ein Negativ der Textur oder Körnung der Polymerkompositstruktur 12 ist, oder alternativ mit dem Flicken 22 in Kontakt ist, wenn die untere Oberfläche 28a eine Textur oder Körnung hat, die ein Negativ der Textur oder Körnung der Polymerkompositstruktur 12 ist. Umgekehrt, wenn die untere Oberfläche 28a der Heizdecke 26a eine Textur oder Körnung umfasst, ist die texturierte Folie 24 eine Oberfläche einer Heizdecke 26a, die eine freiliegende Oberfläche 16 des Flickens 22 berührt.

**[0028]** **Fig. 3B** zeigt ein Verfahren ähnlich dem, das im Kontext von **Fig. 1** beschrieben ist, wobei die Heizquelle 26 ein Induktionsheizgerät ist, das aus einer leitfähigen Folie 26b, die mit einem Inducer 30 verbunden ist, erzeugt wird. Die leitfähige Folie 26b hat eine untere Oberfläche 28b, die entweder mit der texturierten Folie 24, wenn die untere Oberfläche 28b keine Textur oder Körnung hat, die ein Negativ der Textur oder Körnung der Polymerkompositstruktur 12 ist, in Kontakt kommt oder alternativ mit dem Flicken 22, wenn die untere Oberfläche 28b eine Textur oder Körnung hat, die ein Negativ der Textur oder Körnung der Polymerkompositstruktur 12 ist, in Kontakt kommt. Dementsprechend kann, in bestimmten Aspekten, die untere Oberfläche 28b des Induktionsheizgeräts 26 eine Geometrie haben, die mit der Geometrie der Polymerkompositstruktur 12 übereinstimmt. Der Inducer 30 ist an der freiliegenden Oberfläche 18 der Polymerkompositstruktur 12 so angeordnet, dass der Flicken 22 und die texturierte Folie 24 (wenn vorhanden) zwischen dem Induktionsheizgerät 26b und dem Inducer 30 positioniert sind. Alternativ kann der Inducer 30 oben auf der leitfähigen Folie 26b oder der Druckquelle 32b angeordnet sein. Der Inducer 30 arbeitet mit der leitfähigen Folie 26b zusammen, um Wärme zu erzeugen.

**[0029]** Was wiederum **Fig. 1** betrifft, so umfasst das Verfahren außerdem Anwenden von Druck auf den Flicken 22, die texturierte Folie 24 (wenn die texturierte Folie benötigt wird) und die Wärmequelle 26. Das Anwenden von Druck auf den Flicken 22 und die texturierte Folie 24 umfasst Anwenden einer Druckquelle 32 über der Wärmequelle 26. Die Druckquelle 32 kann eine beliebige, auf dem Fachgebiet bekannte Druckquelle sein, zum Beispiel mechanische Kraft durch Vakumsackverfahren (z. B. mit einem Sandsack) oder magnetische Kraft (z. B. mit einem Elektromagneten). Das Anwenden von Druck auf den Flicken 22 umfasst Anlegen eines Standard-Atmosphärendrucks von größer als oder gleich etwa 0,001 MPa bis kleiner als oder gleich etwa 1 MPa oder größer als oder gleich etwa 0,005 MPa bis klei-

ner als oder gleich etwa 0,1 MPa, auf die Wärmequelle 26, die texturierte Folie 24 (wenn vorhanden), den Flicken 22 und die Polymerkompositstruktur 12.

**[0030]** **Fig. 4A** zeigt ein Verfahren ähnlich dem, das im Kontext von **Fig. 1** beschrieben wurde, wobei die Druckquelle 32 eine Vakumsackanordnung 32a ist. Die Vakumsackanordnung 32a bedeckt die Komponenten unter ihr vollständig, das heißt, die Wärmequelle 26, die texturierte Folie 24 (wenn vorhanden), den Flicken 22 und den Bereich der Polymerkompositstruktur 12, der den Defekt 10 hat, sodass die Vakumsackanordnung 32a in kontinuierlichem Kontakt mit der freiliegenden Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur 12 ist. Die Vakumsackanordnung 32a kann mit, als Beispiel, einem Klebekitt an der freiliegenden Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur befestigt sein. Die Vakumsackanordnung 32a umfasst eine Öffnung 34, die eine Leitung aufnimmt, die mit einer Quelle für negativen Druck verbunden ist. Daher ist die Öffnung 34 in Verbindung mit einem Vakumsack der Vakumsackanordnung 32a. Wenn die Quelle für negativen Druck betrieben wird, wird ein Vakuum unter der Vakumsackanordnung 32a erzeugt, welches bewirkt, dass die Wärmequelle 26, die texturierte Folie 24, der Flicken 22 und die Polymerkompositstruktur 12 zusammengedrückt oder gequetscht werden. Mit anderen Worten, die Ränder der Vakumsackanordnung 32a sind gegen die Polymerkompositstruktur 12 versiegelt, und ein Vakuum, das heißt ein negativer Druck, wird durch die Vakumsackanordnung 32a gezogen. Darüber hinaus ist in verschiedenen Ausführungsformen die Wärmequelle 26 direkt unterhalb der Vakumsackanordnung 32a positioniert. Um zu verhindern, dass die Wärmequelle 26 den Vakumsack schmilzt, kann daher eine wärmebeständige oder im Wesentlichen wärmebeständige flexible Maske zwischen der Wärmequelle 26 und der Vakumsackanordnung 32a positioniert werden. Mit „im Wesentlichen wärmebeständig“ ist gemeint, dass die flexible Maske keine genügende Wärmemenge durch die Maske überträgt, um die Vakumsackanordnung 32a zu schmelzen oder in anderer Weise nachteilig zu beeinträchtigen. Die Maske kann aus einem beliebigen flexiblen wärmebeständigen Material bestehen, zum Beispiel aus Silikon.

**[0031]** **Fig. 5A** ist eine alternative Variation, die ein potenzielles Problem veranschaulicht, das bei der Verwendung der Vakumsackanordnung 32a auftreten kann. **Fig. 5A** zeigt eine Querschnittsdarstellung des Polymerkompositsubstrates 12 und der Vakumsackanordnung 32a. Wenn die Polymerkompositstruktur 12 nicht flach ist, das heißt eine gekrümmte oder gewellte Oberfläche hat, und die Vakumsackanordnung 32a flach gegen die freiliegende Oberfläche der Polymerkompositstruktur 12 gelegt wird, hebt sich die Vakumsackanordnung 32a möglicherweise weg von der freiliegenden Oberfläche 16, und

zwar an den Ecken oder Verbindungen 36, wenn die Quelle für negativen Druck aktiviert ist, wie es durch den Pfeil gezeigt wird. Dieses Abheben der Vakumsackanordnung 32a kann einen schlechten Kontakt mit Polymerkompositstruktur 12 verursachen und negativ beeinträchtigen, wie die Wärmequelle 26, die texturierte Folie 24, der Flicken 22 und die Polymerkompositstruktur 12 durch den negativen Druck zusammengedrückt werden. Daher können, wie in **Fig. 5B** gezeigt ist, Falten 38 in der Vakumsackanordnung 32a enthalten sein, wenn sie an der freiliegenden Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur 12 angeordnet wird. Die Falten 38 können zum Beispiel durch Bereitstellung von losen Teilen in der Vakumsackanordnung 32a benachbart zu Ecken oder Verbindungen 36 erzeugt werden. Wenn negativer Druck angelegt wird, wird der Vakumsack effizienter an die freiliegende Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur 12, einschließlich an Ecken oder Verbindungen 36 (wie durch den ausgefüllten Pfeil gezeigt), gezogen als wenn keine Falten 38 verwendet werden.

**[0032] Fig. 4B** zeigt ein Verfahren ähnlich dem, das im Kontext von **Fig. 1** beschrieben wurde, wobei die Druckquelle ein Sandsack 32b ist. Der Sandsack 32b ist auf der Wärmequelle 26 angeordnet, was die Wärmequelle 26, die Texturfolie 24 (wenn vorhanden), den Flicken 22 und die Polymerkompositstruktur 12 zusammendrückt. Um den durch den Sandsack 32b bereitgestellten Druck zu erhöhen, kann eine starre Platte 40 mechanisch gegen den Sandsack 32b in einer Richtung gegen die Polymerkompositstruktur 12 gepresst werden. In einigen Ausführungsformen wird eine mechanische abwärts gerichtete Kraft gegen die starre Platte 40 gepresst-

**[0033]** Während Druck verursacht, dass der Polymerflicken 22 sich der Polymerkompositoberfläche 12 anpasst, umfasst das Verfahren Anwenden von Wärme auf den Polymerflicken 22. Die Wärme wird durch die Wärmequelle 26 geliefert oder bereitgestellt. Die Wärme schmilzt den Flicken 22 und gegebenenfalls einen Teil der freiliegenden Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur 12 unter dem Flicken 22 leicht, sodass, nach dem Erwärmen, der Flicken an die Polymerkompositstruktur geklebt wird, wobei er auf diese Weise den Defekt 10 bedeckt. Wenn beide, der Flicken 22 und der Teil der freiliegenden Oberfläche 16 der Polymerkompositstruktur 12 unter dem Flicken, geschmolzen werden, mischen sich die geschmolzenen Teile miteinander, und zwar unter Bildung einer starken Bindung zwischen dem Flicken 22 und der Polymerkompositstruktur 12. Wenn zum Beispiel der Flicken 22 und die Polymerkompositstruktur 12 aus demselben Material zusammengesetzt sind, werden sowohl der Flicken 22 als auch ein Teil der Polymerkompositstruktur 12 schmelzen und sich miteinander mischen. Da darüber hinaus der Druck die texturierte Folie 24 (oder die Wärme-

quelle 26, einschließlich einer texturierten Oberfläche) gegen den Flicken 22 drückt, wird die Textur auf den Flicken 22 übertragen, wenn der Flicken 22 während des Erwärmens weich wird.

**[0034]** Wenn die Polymerkompositstruktur 12 erwärmt wird, wird das Polymerkomposit weich, was innerhalb der Polymerkompositstruktur 12 eingebetteten Fasern erlaubt, in Richtung der freiliegenden Oberfläche 16 zu wandern, und zwar als Resultat inhärenter Kompressionskräfte, die durch das Polymerkomposit beibehalten wurden, die sich während des ursprünglichen Verfahrens zur Herstellung des Polymerkompositen entwickelten. Dieses Phänomen wird als „Spring-back“ bzw. „Rückfederung“ bezeichnet. Spring-back führt zu einem sichtbar uneinheitlichen Bereich, der den Flicken 22 umgibt. Infolge der Rückfederung bzw. des Springbacks sind zum Beispiel Fasern in der Polymerkompositstruktur 12 sichtbarer als in Bereichen, in denen kein Spring-back auftritt, das heißt, wo die Polymerkompositstruktur 12 weniger oder überhaupt nicht erwärmt wird. Um daher ein Spring-back zu verhindern oder abzuschwächen, umfasst das Anwenden von Wärme auf den Polymerflicken 22 Erwärmen des Flickens 22 auf eine Temperatur, die hoch genug ist, um den Polymerflicken 22 zu schmelzen, aber niedrig genug ist, um Spring-back oder Wärmeverformung der Polymerkompositstruktur 12 zu verhindern oder zu minimieren. In verschiedenen Ausführungsformen übersteigt die Temperatur eine Temperatur, die etwa 50 °C höher als der Schmelzpunkt der Polymerkompositstruktur ist, nicht. Daher ist die Temperatur hoch variabel und hängt von dem Flickenmaterial ab. Beispielsweise kann das Erwärmen des Flickens 22 Erwärmen des Flickens 22 auf eine Temperatur, die höher als oder gleich etwa 190 °C bis niedriger als oder gleich etwa 230 °C ist, umfassen. Ein Erwärmen wird für mehr als oder gleich etwa 0,1 min bis weniger als oder gleich etwa 120 min durchgeführt oder bis ein genügender Teil des Flickens 22 geschmolzen ist, so dass der Flicken 22 an der Polymerkompositstruktur 12 haftet, wenn das Erwärmen gestoppt wird und der Flicken abkühlt und härtet.

**[0035] Fig. 6** ist eine Darstellung eines anderen Verfahrens zum Reparieren eines Defektes 110 in einer gewellten Polymerkompositstruktur 112. **Fig. 6** ist insbesondere eine Darstellung einer Variation des in **Fig. 1** veranschaulichten Verfahrens. Der Defekt 110 und die gewellte Polymerkompositstruktur 112 können ein beliebiger Typ von Defekt oder Polymerkompositstruktur, die hierin beschrieben werden, sein, mit der Ausnahme, dass die Polymerkompositstruktur 112 gewellt ist, das heißt, sie umfasst wiederholte Folgen von hohen und tiefen Teilen (Hügel-/Stege und Täler/Rillen). Allerdings ist zu verstehen, dass das vorliegende Verfahren für Polymerkompositstrukturen mit anderen unregelmäßigen Oberflächengeometrien als Wellungen oder für Polymer-

kompositstrukturen mit glatten oder flachen Oberflächengeometrien angewandt werden kann. Die gewellte Polymerkompositstruktur 112 umfasst eine freiliegende Oberfläche, das heißt, eine erste gewellte Oberfläche 116, und eine nicht-freiliegende Oberfläche 118.

**[0036]** Das in **Fig. 6** veranschaulichte Verfahren umfasst Anordnen eines Flickens 122 über dem Defekt 110 in der gewellten Polymerkompositstruktur 112 und Anordnen einer texturierten Folie 124 über dem Flicken 122. Das Anordnen des Flickens 122 und der texturierten Folie 124 wird durchgeführt, wie es oben für **Fig. 1** beschrieben wurde. Ein Anordnen des Flickens 122 über dem Defekt 110 wird durch eine Flickenkontur 123 auf der Polymerkompositstruktur 112 veranschaulicht. Wie das in **Fig. 3B** gezeigte Verfahren, umfasst das in **Fig. 6** gezeigte Verfahren Anordnen einer starren Platte 150 über der texturierten Folie 124 (wenn vorhanden) und dem Flicken 122 derart, dass eine Bodenoberfläche 152 der starren Platte 150 mit der texturierten Folie 124 oder dem Flicken 122 in Kontakt ist. Wie oben diskutiert wurde, hat die gewellte Polymerkompositstruktur 112 eine erste gewellte Oberfläche. Daher hat die Bodenoberfläche 152 der starren Platte 150 eine entsprechende oder passende Wellung, das heißt, eine zweite gewellte Oberfläche, die erlaubt, dass die starre Platte 150 passend auf der ersten gewellten Oberfläche der gewellten Polymerkompositstruktur 112 angeordnet wird. Daher umfasst das Verfahren Anordnen der starren Platte 150, die eine zweite gewellte Oberfläche 152 hat, welche zu der ersten gewellten Oberfläche 116 komplementär ist, über einem Bereich der ersten gewellten Oberfläche 116, die den Flicken 122 hat. Entsprechend hat die starre Platte 150, wenn die Polymerkompositstruktur 112 eine freiliegende Oberfläche 116 mit einer unregelmäßigen Geometrie hat, eine Oberfläche, die komplementär zu der unregelmäßigen Geometrie der freiliegenden Oberfläche 116 ist. Anders ausgedrückt, die starre Platte 150 hat eine Oberfläche, die zu der freiliegenden Oberfläche 116 der Polymerkompositstruktur 112 komplementär ist, wobei die freiliegende Oberfläche eine glatte oder flache Geometrie, eine gewellte Geometrie oder eine unregelmäßige Geometrie haben kann.

**[0037]** Die starre Platte 150 besteht aus einem wärmeleitenden Material, wie zum Beispiel Metall, Legierung, Stahl oder ein hochwärmeleitfähiges Komposit, zum Beispiel ein hochgefülltes (das heißt, von mehr als oder gleich etwa 50 % (Gewicht/Gewicht) bis weniger als oder gleich etwa 90 % (Gewicht/Gewicht)) Kohlenstoffkomposit. In bestimmten Ausführungsformen umfasst die Bodenoberfläche 152 der starren Platte 150 eine Textur oder Körnung, die ein Negativ der Textur oder Körnung in der gewellten Polymerkompositstruktur 112 ist. In solchen Ausführungsformen wird die Textur

oder Körnung, die in der Bodenoberfläche 152 der starren Platte 150 enthalten ist, während Durchführung des Verfahrens auf den Flicken übertragen, was einen Einschluss der texturierten Folie 124 unnötig macht.

**[0038]** Das Verfahren umfasst außerdem Anordnen oder Anwenden einer Wärmequelle 126 auf die starre Platte 150. Die Wärmequelle 126 beispielsweise hat eine untere Oberfläche 128, die mit der starren Platte 150 in Kontakt ist. Die Wärmequelle 126 kann eine beliebige Wärmequelle sein, die auf dem Fachgebiet bekannt ist, zum Beispiel eine Heizdecke oder ein Induktionsheizgerät, wie oben beschrieben.

**[0039]** **Fig. 7A** zeigt ein Verfahren wie das in **Fig. 6**, wobei die Wärmequelle 126 eine Heizdecke 126a ist. Die Heizdecke 126a hat eine untere Oberfläche 128a, die mit der starren Platte 150 in Kontakt ist. Da die starre Platte 150 Wärme leitet, wird Wärme, die durch die Heizdecke 126a bereitgestellt wird, durch die starre Platte 150 und in den Flicken 122 übertragen.

**[0040]** **Fig. 7B** zeigt ein Verfahren wie das in **Fig. 6**, wobei die Wärmequelle 126 Induktionswärme ist, die aus einer leitfähigen Folie 126b, die mit einem Inducer 130 verbunden ist, erzeugt wird. Die leitfähige Folie 126b hat eine untere Oberfläche 128b, die mit der starren Platte 150 in Kontakt ist. Der Inducer 130 ist an der nichtfreiliegenden Oberfläche 118 der gewellten Polymerkompositstruktur 112 angeordnet, sodass der Flicken 122, die texturierte Folie 124 (wenn vorhanden) und die starre Platte 150 zwischen dem Induktionsheizgerät 126b und dem Inducer 130 positioniert sind. Alternativ kann der Inducer 130 oben auf der leitfähigen Folie 126b oder der Druckquelle 132 angeordnet sein. Der Inducer 130 wirkt mit der leitfähigen Folie 126b zusammen, um Wärme zu erzeugen, welche durch die wärmeleitfähige starre Platte 150 und zu dem Flicken 122 übertragen wird.

**[0041]** In einigen Ausführungsformen ist die starre Platte 150 leitfähig, sodass der Inducer 130 mit der starren Platte 150 unter Erzeugung von Wärme zusammenwirkt, welche zu dem Flicken 122 übertragen wird. Daher umfasst das in **Fig. 6** dargestellte Verfahren gegebenenfalls die Anwendung von Druck auf den Flicken 122, die texturierte Folie 124 (wenn die texturierte Folie benötigt wird), die starre Platte 150 und die Wärmequelle 126, wenn die starre Platte 150 entweder nicht schwer genug ist, um ausreichenden Druck für den Flicken 122 bereitzustellen, oder zusätzlicher Druck erwünscht ist. Das Anwenden von Druck umfasst Anwenden einer Druckquelle 132 über der Wärmequelle 126. Die Druckquelle 132 kann eine beliebige auf dem Fachgebiet bekannte Druckquelle sein, zum Beispiel

Vakuum-Bagging, mechanische Kraft oder magnetische Kraft. Die Druckquelle kann wie oben in Bezug auf **Fig. 4A** und **Fig. 4B** diskutiert angewandt werden.

**[0042]** Das oben in **Fig. 6** dargestellte Verfahren umfasst auch Anwenden von Wärme auf den Polymerflicken 122. Die Wärme wird durch die Wärmequelle 126 geliefert oder bereitgestellt. Ein Erwärmen des Flickens 122 bewirkt, dass der Flicken an der gewellten Polymerkompositstruktur 112 haftet, wie es oben in Bezug auf **Fig. 1** beschrieben wurde.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Reparieren eines Defektes (10) in einer Polymerkompositstruktur (12), umfassend:

Füllen des Defekts (10) mit einem Füllmaterial (14), das ein thermoplastisches oder duroplastisches Polymermaterial umfasst;

Glätten des Füllmaterials (14), so dass dieses mit einer Oberfläche der Polymerkompositstruktur (12) bündig ist;

Härten des Füllmaterials (14) in dem Defekt (10); Anordnen eines Polymerflickens (22) über dem Defekt (10) in der Polymerkompositstruktur (12), nachdem das Füllmaterial (14) hart geworden ist; Anordnen einer texturierten Folie (24) über dem Polymerflicken (22), wobei die texturierte Folie (24) eine erste Oberflächentextur hat, die ein Negativ einer zweiten Oberflächentextur der Polymerkompositstruktur (12) ist; und

Übertragen der ersten Oberflächentextur auf den Polymerflicken (22), indem Druck auf den Polymerflicken (22) und die texturierte Folie (24) angewendet und der Polymerflicken (22) erwärmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Polymerflicken (22) und die Polymerkompositstruktur (12) jeweils ein thermoplastisches Polymer umfassen, das individuell ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus: Polyester, Polyurethan, Polyolefin, Poly(acrylsäure), Poly-(methylacrylat), Poly(methylmethacrylat), Acrylonitril-Butadien-Styrol, Polyamiden, Polymilchsäure, Polybenzimidazol, Polycarbonat, Polyethersulfon, Polyetheretherketon, Polyetherimid, Polyethylen, Polyphenylenoxid, Polyphenylensulfid, Polypropylen, Polystyrol, Polyvinylchlorid, Polytetrafluorethylen, Copolymeren davon, und die Polymerkompositstruktur außerdem ein Verstärkungsmaterial umfasst, das aus der Gruppe, bestehend aus: Kohlenstofffasern, Glasfasern, Basaltfasern, Aramidfasern, Borfasern, Keramikfasern, Polyesterfasern, Fasern aus Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht, Hanffasern und Kombinationen davon, ausgewählt ist, und der Polymerflicken (22) eine Dicke von größer als oder gleich 1 µm bis kleiner als oder gleich 1 mm hat.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine erste Farbe des Polymerflickens (22) sichtbar dieselbe wie eine zweite Farbe wie die Polymerkompositstruktur (12) ist und der Polymerflicken (22) ein Polymerkomposit umfasst, das dieselbe Polymermatrix wie die Polymerkompositstruktur (12) und gegebenenfalls dasselbe Verstärkungsmaterial wie die Polymerkompositstruktur (12) hat.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die texturierte Folie (24) eine flexible texturierte Silikonfolie ist und das Verfahren außerdem Anordnen eines Heizelementes (26) über der flexiblen texturierten Silikonfolie (24) umfasst, wobei das Heizelement (26) Wärme für das Erwärmen des Polymerflickens (22) anwendet und das Heizelement (26) eine Heizdecke (26a) oder ein Induktionsheizgerät (26b) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die texturierte Folie (24) eine Oberfläche einer Heizdecke (26a) ist, die mit einer freiliegenden Oberfläche des Polymerflickens (22) in Kontakt ist, wobei die Heizdecke (26a) Wärme für das Erwärmen des Polymerflickens (22) bereitstellt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Anwenden von Druck auf den Polymerflicken (22) und die texturierte Folie (24) Anordnen eines Vakuumsacks (32a) über dem Polymerflicken (22) und der texturierten Folie (24) derart, dass die Ränder des Vakuumsacks (32a) gegen die Polymerkompositstruktur (12) gesiegelt werden, und Ziehen eines Vakuums durch eine Öffnung in Verbindung mit dem Vakuumsack (32a) umfasst oder das Anwenden von Druck auf den Polymerflicken (22) und die texturierte Folie (24) Anordnen eines Sandsacks (32b) auf der Oberseite einer Wärmequelle (26), die auf der texturierten Folie (24) angeordnet ist, und gegebenenfalls Anwenden von mechanischer Kraft auf den Sandsack (32b) umfasst.

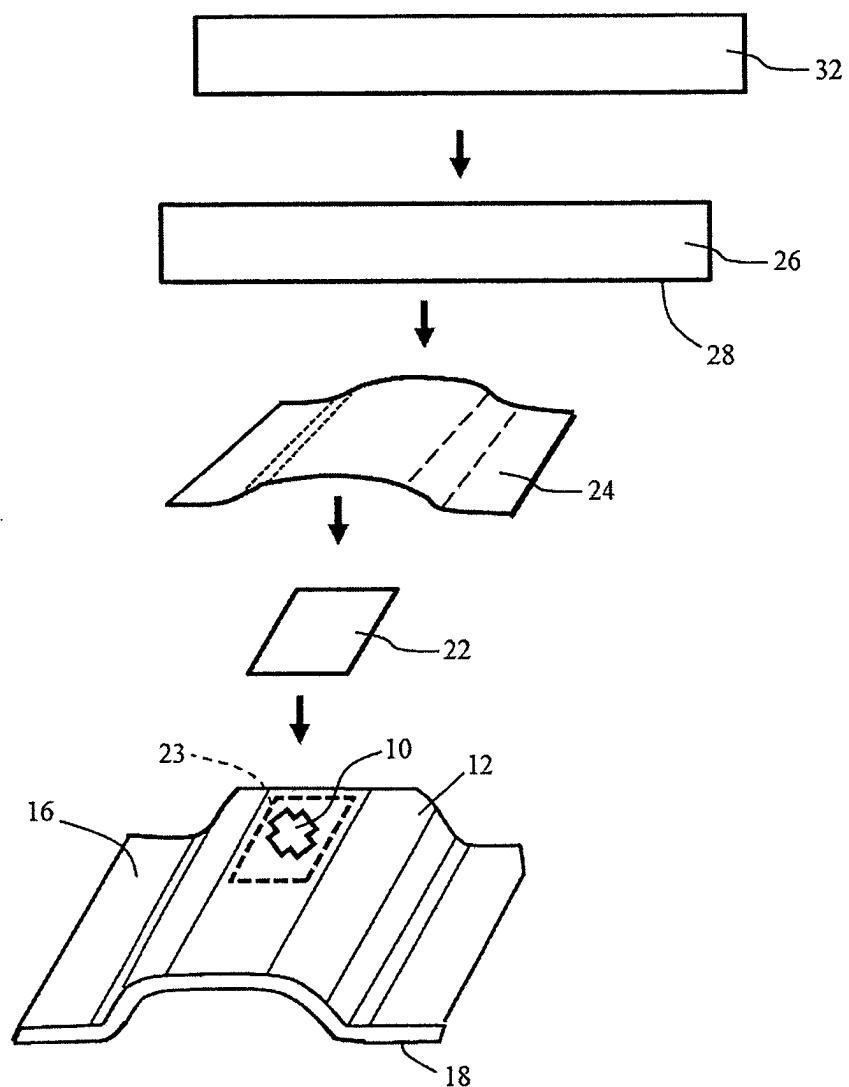
7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Erwärmen des Polymerflickens (22) Erwärmen des Polymerflickens (22) auf eine Temperatur umfasst, die eine Temperatur, die 30 °C höher als der Schmelzpunkt der Polymerkompositstruktur (12) ist, nicht übersteigt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei es außerdem umfasst:  
wobei die Polymerkompositstruktur (12) ein thermoplastisches Polymer umfasst und eine Oberflächentextur hat, und Anordnen des Polymerflickens (22), der ein thermoplastisches Polymer umfasst, über dem Defekt, wobei der Polymerflicken (22) eine erste Farbe hat, die zu einer zweiten Farbe der Polymerkompositstruktur (12) passt, gefolgt vom Anordnen der texturierten Folie über dem Polymerflicken (22), wobei das Anwenden von Druck und das Erwärmen bewirken, dass der Polymerflicken (22)

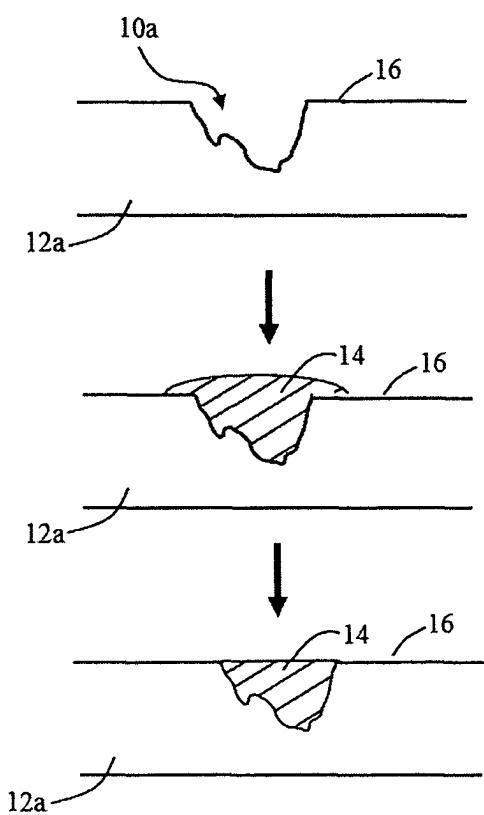
an der Polymerkompositstruktur (12) haftet, und bewirkt, dass die texturierte Folie die erste Oberflächentextur auf den Polymerflicken (22) überträgt, sodass der Polymerflicken (22) eine dritte Oberflächentextur hat, die mit der zweiten Oberflächentextur der Polymerkompositstruktur (12) übereinstimmt.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

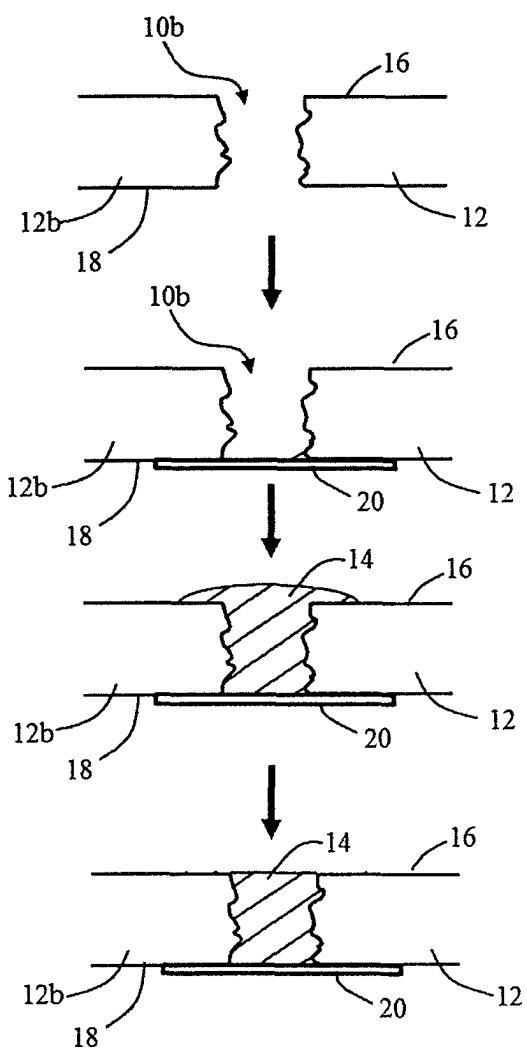
Anhängende Zeichnungen



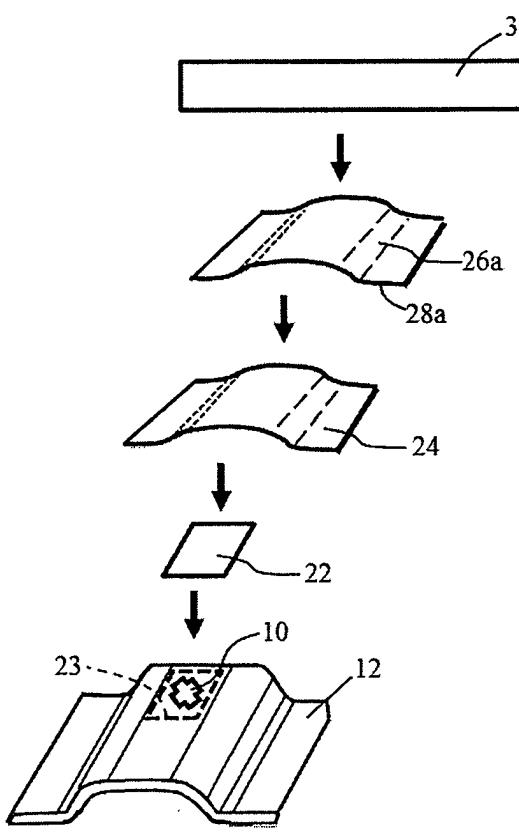
**Fig. 1**



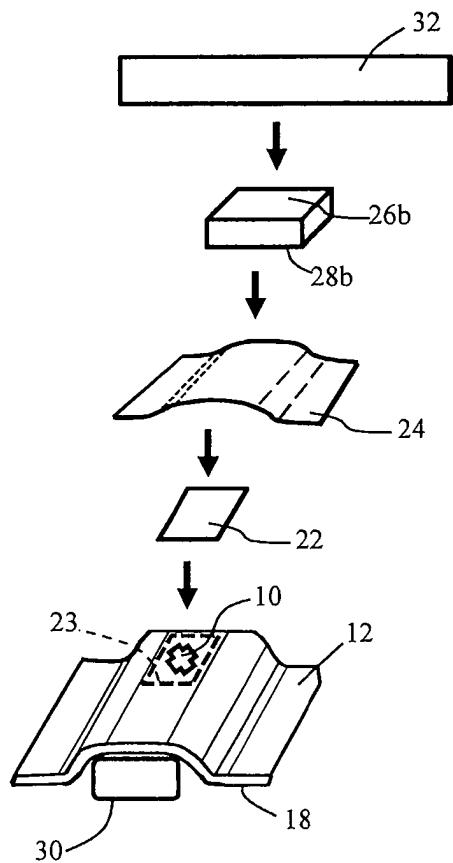
**Fig. 2A**



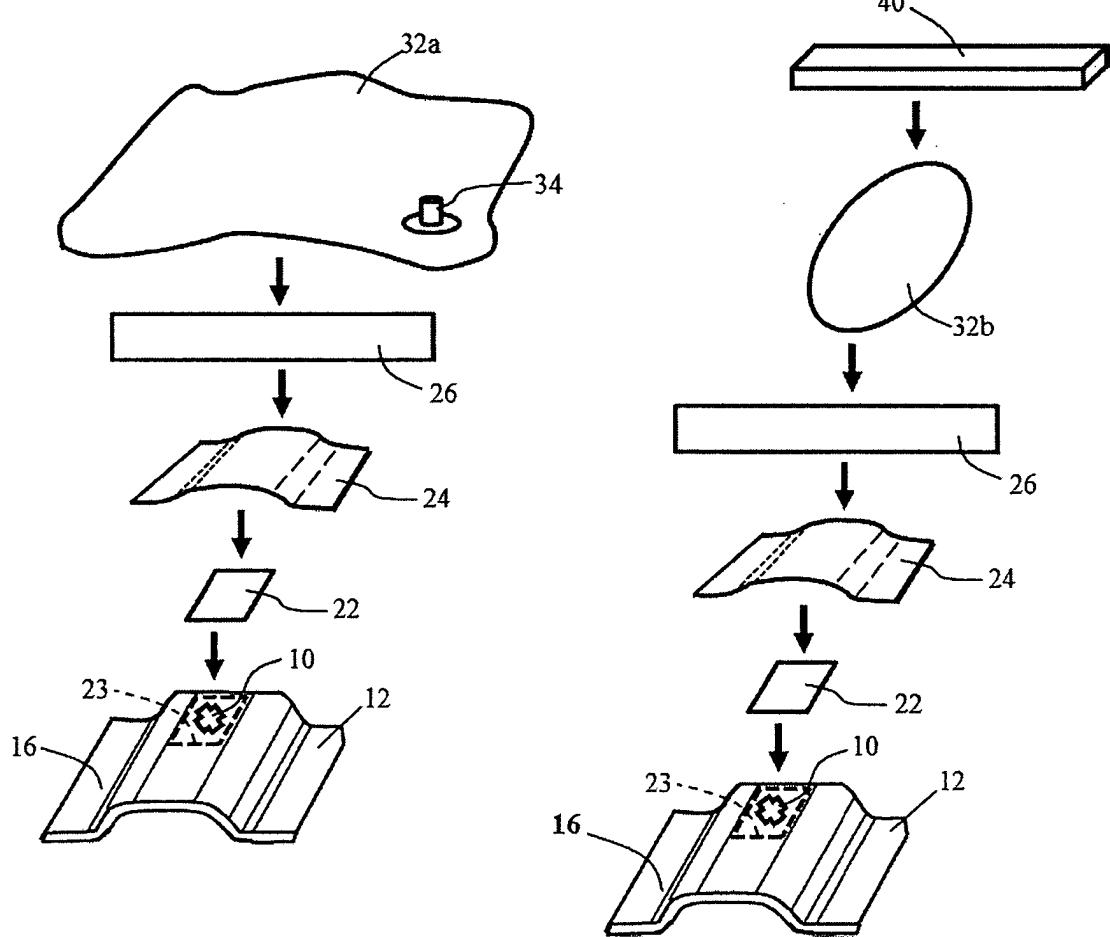
**Fig. 2B**



**Fig. 3A**

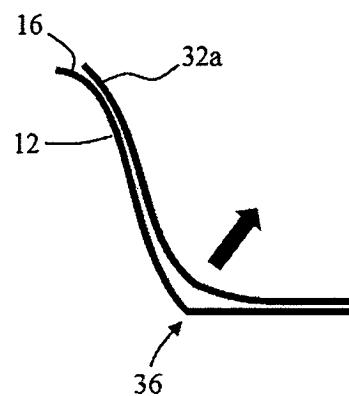


**Fig. 3B**

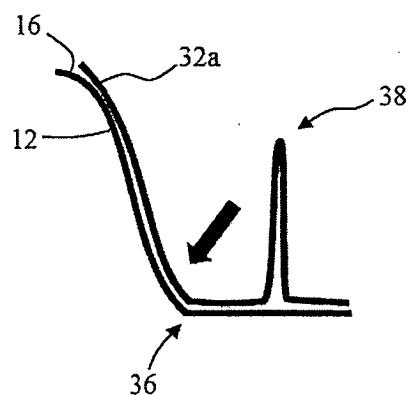


**Fig. 4A**

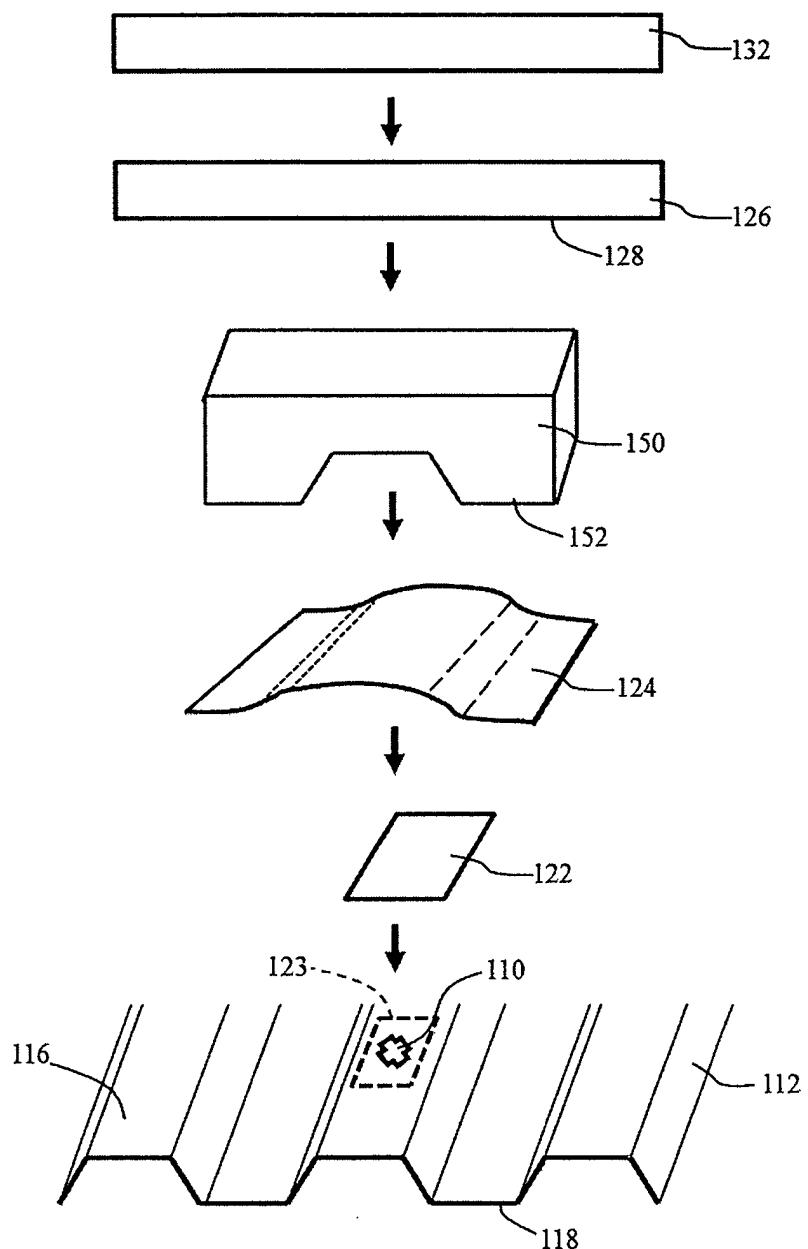
**Fig. 4B**



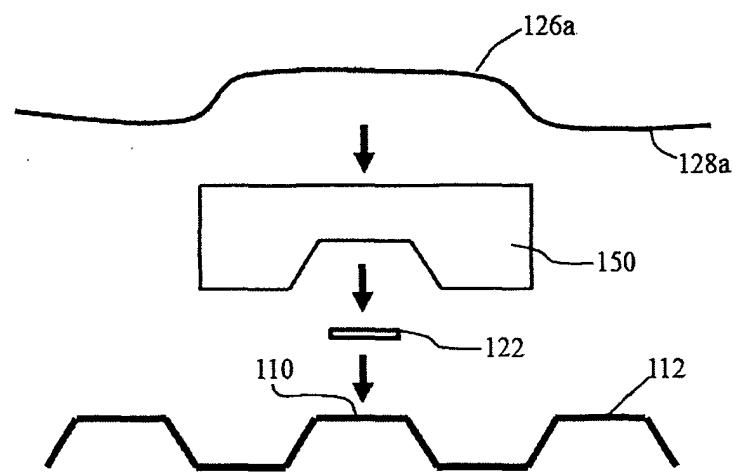
**Fig. 5A**



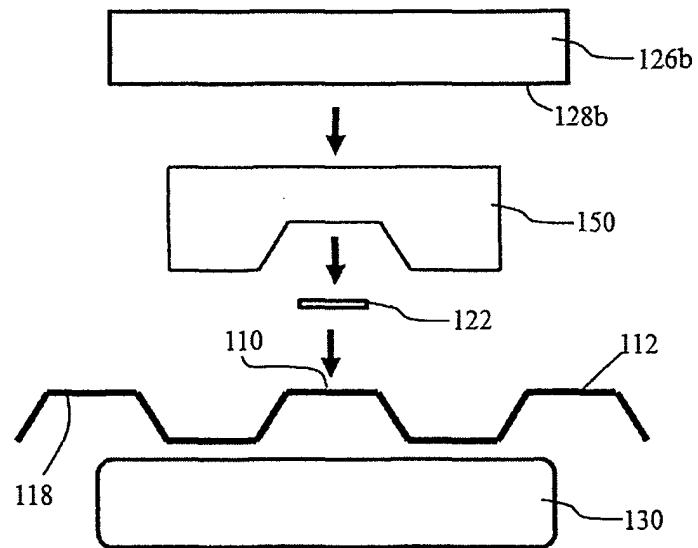
**Fig. 5B**



**Fig. 6**



**Fig. 7A**



**Fig. 7B**