



(10) **DE 10 2016 111 073 A1** 2017.12.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 111 073.6**

(22) Anmeldetag: **16.06.2016**

(43) Offenlegungstag: **21.12.2017**

(51) Int Cl.: **B29C 70/44 (2006.01)**
B29C 70/54 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147 Köln, DE**

(74) Vertreter:

**EGE LEE & PARTNER Patentanwälte PartGmbB,
80807 München, DE**

(72) Erfinder:

**Fischer, Frederic, M. Sc., 86159 Augsburg, DE;
Stefani, Thomas, B. Eng., 86150 Augsburg, DE;
Schuster, Alfons, Dipl.-Phys., 86199 Augsburg,
DE; Beyrle, Matthias, M. Sc., 86163 Augsburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

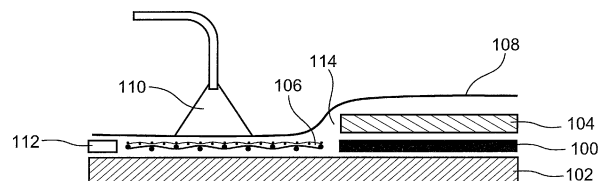
DE	10 2014 004 053	A1
DE	10 2014 018 934	A1
US	5 002 476	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Formelement und Verfahren zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs**

(57) Zusammenfassung: Formelement (102, 104) zur Verwendung in einem Verfahren zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs (100) in einem evakuierbaren Formraum (114), wobei das Formelement (102, 104) zumindest abschnittsweise für Wärmestrahlung zumindest teilweise transparent ist, und Verfahren zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs (100) in einem evakuierbaren Formraum (114), wobei zum Anpressen eines Faserhalbzeugs (100) wenigstens ein derartiges Formelement (102, 104) verwendet wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Formelement zur Verwendung in einem Verfahren zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs in einem evakuierbaren Formraum. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs in einem evakuierbaren Formraum.

[0002] Aus der DE 100 13 409 C1 ist ein Verfahren bekannt zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoff-Bauteilen aus trockenen Faserverbund-Halbzeugen mittels eines Injektionsverfahrens zur Injektion von Matrix-Material mit den Schritten: Anordnen des Faserverbund-Halbzeugs auf einem Werkzeug, wobei an einer Oberfläche des Halbzeugs eine Fließhilfe angeordnet ist, Bildung eines ersten Raums mittels einer gasdurchlässigen und matrixmaterialundurchlässigen Membran zumindest einseitig um das Halbzeug herum, wobei in den ersten Raum Matrix-Material einführbar ist, Bildung eines am ersten Raum anliegenden zweiten Raums, der von der Umgebung mittels einer gas- und matrixmaterialundurchlässigen, gegenüber dem Werkzeug abgedichteten Folie abgegrenzt ist, Absaugen von Luft aus dem zweiten Raum, wodurch Matrix-Material aus dem Vorratsbehälter in den evakuierten ersten Raum gesaugt wird und die Fließhilfe eine Verteilung des Matrixmaterials über der dieser zugewandten Oberfläche des Halbzeugs und ein Eindringen desselben senkrecht in das Halbzeug bewirkt.

[0003] Aus der DE 201 02 569 U1 ist eine Anordnung bekannt zur Herstellung eines Bauteils aus einem faserverstärkten Werkstoff mittels Harzimpregnierung eines Faserhalbzeugs, umfassend eine Form; eine Vakuumfolie, mittels welcher ein Vakuumraum herstellbar ist, in welchem das Faserhalbzeug auf der Form positionierbar ist, wobei der Vakuumraum mit Unterdruck beaufschlagbar ist und eine Zuführungsvorrichtung für flüssiges Harz zu dem Faserhalbzeug, bei der Unterdruckbeaufschlagung und Temperatur bei der Harzimpregnierung so steuerbar und/oder regelbar sind, dass bezogen auf das flüssige Harz die Siedepunktkurve nicht überschritten wird.

[0004] Aus der DE 10 2014 111 358 A1 ist eine mehrteilige Vakuumhaube bekannt zur Abdeckung von Fasermaterial bei der Herstellung eines Faserverbundbauteils, wobei die Vakuumhaube aus einem flexiblen Material besteht oder ein flexibles Material aufweist und eine Mehrzahl von separaten Vakuumhaubensegmenten hat, die zusammengesetzt die mehrteilige Vakuumhaube zur Abdeckung des Fasermaterials bilden, wobei die Vakuumhaubensegmente zum miteinander lösbaren Verbinden in an den Vakuumhaubensegmenten vorgesehenen Verbindungsbereichen zur Bildung der zusammen-

gesetzten, mehrteiligen Vakuumhaube ausgebildet sind.

[0005] Aus der DE 10 2014 116 848 A1 ist ein Verfahren bekannt zum automatisierten Herstellen eines Vakuumaufbaus für die Herstellung eines Faserverbundbauteils, welches durch Aushärten eines in ein Fasermaterial infundiertes Matrixmaterials unter Verwendung eines Vakuumaufbaus hergestellt wird, wobei eine Mehrzahl von unkonfektionierten Materiallagen für den Vakuumaufbau durch eine Materialbereitstellungseinrichtung bereitgestellt werden, wobei die Materiallagen automatisiert durch eine Fügevorrichtung zu einem vorkonfektionierten Vakuumaufbau lagenweise zusammengefügt werden, wobei vor, während oder nach dem Zusammenfügen die Materiallagen durch eine Schneidvorrichtung in Abhängigkeit von vorgegebenen Geometriedaten konfektioniert werden.

[0006] Aus der DE 40 19 744 A1 ist ein Verfahren bekannt zum Reparieren von Bauteilen aus Kunststoff, insbesondere aus Faserverbundwerkstoffen, bei dem man an der Schad- oder Fehlstelle im Bauteil unter Bildung einer Vertiefung Material abträgt und die Vertiefung mit aus Harz und Fasermaterial bestehendem Reparaturmaterial ausfüllt, wobei man in die Vertiefung Fasermatten, Fasergelege, Fasergewebe od. dgl. in Form von der Größe und Form der Vertiefung angepassten Zuschnitten einlegt, wobei die Zuschnitte entweder bereits vor dem Einlegen mit Harz getränkt wurden oder stattdessen die Vertiefung erst danach mit Harz ausgefüllt wird, und wobei man die Form und Größe der herzustellenden Vertiefung auf einige wenige Standardgrößen festlegt und wobei man für jede einzelne Standardgröße zugeordnete Zuschnitte vorfertigt und bereithält, die jeweils zumindest im Wesentlichen passgenau in die Vertiefung zugeordneter Form und Größe passen.

[0007] Aus der DE 10 2011 076 463 A1 ist ein Reparaturverfahren bekannt für ein Formteil aus einem Kunststoffmaterial, bei dem ein Reparaturoelement aus dem Kunststoffmaterial auf einen beschädigten Bereich des Formteils aufgebracht und durch Einwirkung von Wärme mit diesem stoffschlüssig verbunden wird, wobei die Wärme mittels eines passiven Heizelements aus einem elektrisch leitenden Material erzeugt wird, indem das Heizelement mit einem magnetischen Wechselfeld beaufschlagt wird.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein eingangs genanntes Formelement baulich und/oder funktional zu verbessern. Außerdem liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein eingangs genanntes Verfahren zu verbessern.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst mit einem Formelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0010] Das Faserhalbzeug kann organische Fasern, wie Aramidfasern, Kohlenstofffasern, Polyester-Fasern, Nylon-Fasern, Polyethylen-Fasern, Plexiglas-Fasern, und/oder anorganische Fasern, wie Basaltfasern, Borfasern, Glasfasern, Keramikfasern, Kieselsäurefasern, aufweisen. Die Fasern können Filamente aufweisen. Die Filamente können zu Rovings zusammengefasst sein. Die Fasern können als Gewebe, Gewirk, Gestrick, Geflecht oder Nähgewirke vorliegen. Die Fasern können als Textilie vorliegen. Das Faserhalbzeug kann eine oder mehrere Lagen aufweisen.

[0011] Das Faserhalbzeug kann ein trockenes Faserhalbzeug sein. Das Faserhalbzeug kann mit einem Matrixmaterial infiltrierbar sein. Das Faserhalbzeug kann biegeschlaff sein. Das Faserhalbzeug kann ein mit einem Matrixmaterial vorimprägniertes Faserhalbzeug sein. Das Faserhalbzeug kann ein Prepreg sein. Das Faserhalbzeug kann eigensteif sein. Das Faserhalbzeug kann konfektioniert sein. Ein Konfektionieren kann ein Zuschneiden, Zusammensetzen und/oder Fügen, wie Kleben, Schweißen und/oder Nähen, umfassen.

[0012] Das Matrixmaterial kann thermoplastisch sein. Das Matrixmaterial kann Polyetheretherketon (PEEK), Polyphenylensulfid (PPS), Polysulfon (PSU), Polyetherimid (PEI) und/oder Polytetrafluorethen (PTFE) aufweisen. Das Matrixmaterial kann duroplastisch sein. Das Matrixmaterial kann Epoxidharz (EP), ungesättigtes Polyesterharz (UP), Vinylesterharz (VE), Phenol-Formaldehydharz (PF), Diallylphthalatharz (DAP), Methacrylatharz (MMA), Polyurethan (PUR) und/oder Aminoharze, wie Melaminharz (MF/MP) oder Harnstoffharz (UF), aufweisen. Das Matrixmaterial kann Benzoxaine aufweisen.

[0013] Das Faserhalbzeug kann zum Herstellen eines Faserverbundwerkstoff-Bauteils verarbeitet werden. Das Faserhalbzeug kann zum Reparieren eines Faserverbundwerkstoff-Bauteils verarbeitet werden. Das Faserverbundwerkstoff-Bauteil kann ein Fahrzeugbauteil sein. Das Fahrzeug kann ein Landfahrzeug, Kraftfahrzeug, Luftfahrzeug, Wasserfahrzeug oder Raumfahrzeug sein. Das Faserverbundwerkstoff-Bauteil kann ein großflächiges Bauteil sein. Das Faserverbundwerkstoff-Bauteil kann ein Rumpfteile eines Luftfahrzeugs sein. Das Faserverbundwerkstoff-Bauteil kann ein Flügelteil eines Luftfahrzeugs sein.

[0014] Der Formraum kann mithilfe eines offenen Formwerkzeugs und einer Decklage gebildet werden. Das Formwerkzeug kann eine Formfläche aufweisen. Das Formwerkzeug kann eigensteif sein. Die Decklage kann biegeschlaff sein. Die Decklage kann gasdicht sein. Die Decklage kann matrixmaterialdicht sein. Die Decklage kann mit dem Formwerkzeug dicht verbunden sein. Der Formraum kann durch Anlegen eines Unterdrucks evakuierbar sein. „Eva-

kuieren“ kann „Absaugen“ bedeuten. Ein Gas kann insbesondere Luft und/oder ein Reaktionsgas sein. Das Faserhalbzeug kann in dem Formraum angeordnet sein. Die Gasführungsanordnung kann zur Gasströmungsführung während eines Evakuierens des Formraums dienen.

[0015] Das Formelement kann für Teile des infraroten Spektrums eine geringe Dämpfungskonstante aufweisen. Das Formelement kann zumindest in einem Abschnitt, der zur Anlage eines Faserhalbzeugs dient, für Wärmestrahlung zumindest teilweise transparent sein. Das Formelement kann eine im Vergleich zu Metall sehr geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Das Formelement kann eine Wärmeleitfähigkeit von ca. 1,3 W/(m·K) bis ca. 1,6 W/(m·K), insbesondere von ca. 1,46 W/(m·K), aufweisen. Das Formelement kann eine im Vergleich zu Metall sehr geringe Wärmekapazität aufweisen. Das Formelement kann einen im Vergleich zu Metall sehr geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen. Das Formelement kann zumindest abschnittsweise aus Glaskeramik hergestellt sein.

[0016] Das Formelement kann eine plattenartige Form aufweisen. Das Formelement kann eine flächige Form aufweisen. Das Formelement kann eine ebene Form aufweisen. Das Formelement kann eine einfach oder mehrfach gekrümmte Form aufweisen. Das Formelement kann als Druckelement dienen. Das Formelement bzw. Druckelement kann zum Anpressen eines Faserhalbzeugs verwendet werden. Das Formelement bzw. Druckelement kann zum Anpressen eines Faserhalbzeugs an einem Formwerkzeug dienen. Das Formelement kann als Formwerkzeug dienen. Das Formelement kann zumindest einen Abschnitt eines Formwerkzeugs bilden.

[0017] Außerdem wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe gelöst mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6.

[0018] Das Verfahren kann wenigstens einen der folgenden Schritte aufweisen: Anordnen des Faserhalbzeugs an einem Formelement bzw. Formwerkzeug und/oder an einer Gasführungsanordnung; Anordnen einer Gasführungsanordnung an einem Formelement bzw. Formwerkzeug und/oder an dem Faserhalbzeug; Anordnen des Formelements bzw. Druckelements an dem Faserhalbzeug, um das Faserhalbzeug anzupressen; Abdecken des Faserhalbzeugs, der Gasführungsanordnung und des Formelements bzw. Druckelements mit einer Decklage; dichtes Verbinden der Decklage und des Formwerkzeugs, um einen evakuierbaren Formraum zu bilden; Erwärmen des Faserhalbzeugs mithilfe von Wärmestrahlung; Evakuieren des Formraums.

[0019] Die Wärmestrahlung kann mithilfe eines Infrarotstrahlers aufgebracht werden. Das Faserhalb-

zeug kann durch das Formelement bzw. Formwerkzeug und/oder durch das Formelement bzw. Druckelement hindurch mit einer Wärmestrahlung beaufschlagt werden.

[0020] In dem Verfahren kann eine Gasführungsanordnung verwendet werden, die eigensteif und formstabil ist. Die Gasführungsanordnung kann eine vorgegebene Form aufweisen. Die Gasführungsanordnung kann handhabbar sein und dabei ihre vorgegebene Form beibehalten. Die Gasführungsanordnung kann derart formstabil sein, dass sie sich unter Einwirkung unterdruckbedingter Kräfte zumindest nicht wesentlich verformt. Die Gasführungsanordnung kann elastisch verformbar sein. Die Gasführungsanordnung kann derart formstabil sein, dass sie sich unter Einwirkung insbesondere unterdruckbedingter Kräfte elastisch verformt und nach Entlastung wieder ihre Ausgangsform annimmt.

[0021] Die Gasführungsanordnung kann aus einem Gewebe hergestellt sein. Die Gasführungsanordnung kann aus einem Draht hergestellt sein. Die Gasführungsanordnung kann aus einer Litze hergestellt sein. Die Gasführungsanordnung kann aus einem Metall hergestellt sein. Die Gasführungsanordnung kann aus Eisen oder einem Stahl hergestellt sein. Die Gasführungsanordnung kann aus einem Edelstahl hergestellt sein. Gasführungsanordnung kann aus einem Nichteisenmetall, wie Kupfer, Messing, Bronze, Nickel oder Titan, hergestellt sein. Die Gasführungsanordnung kann aus einem veredelten, beispielsweise gewalzten, wärmebehandelten, gesinternten, gebeizten, elektrolytierten, beschichteten und/oder gereinigten, Material hergestellt sein.

[0022] Die Gasführungsanordnung kann eine lagenartige Form aufweisen. Die Gasführungsanordnung kann eine flächige Form aufweisen. Die Gasführungsanordnung kann eine ebene Form aufweisen. Die Gasführungsanordnung kann eine einfach oder mehrfach gekrümmte Form aufweisen.

[0023] Die Gasführungsanordnung kann eine rahmenartige Form aufweisen. Die Gasführungsanordnung kann wenigstens einen Randabschnitt aufweisen. Die Gasführungsanordnung kann wenigstens eine Ausnehmung aufweisen. Die wenigstens eine Ausnehmung kann zur Aufnahme eines Faserhalbzeugs dienen. Die wenigstens eine Ausnehmung kann eine einem aufzunehmenden Faserhalbzeug angepasste Form aufweisen. Die Gasführungsanordnung kann eine einem aufzunehmenden Faserhalbzeug angepasste Höhe aufweisen. Die wenigstens eine Ausnehmung kann eckig sein. Die wenigstens eine Ausnehmung kann polygonal sein. Die wenigstens eine Ausnehmung kann viereckig, insbesondere rechteckig, sein. Die wenigstens eine Ausnehmung kann rund sein. Die wenigstens eine Ausnehmung kann eine zumindest abschnittsweise gerade Kontur

aufweisen. Die wenigstens eine Ausnehmung kann eine zumindest abschnittsweise gekrümmte Kontur aufweisen. Die wenigstens eine Ausnehmung kann eine zumindest abschnittsweise mehrfach gekrümmte Kontur aufweisen.

[0024] Die Gasführungsanordnung kann mehrlagig, insbesondere dreilagig, sein. Die Gasführungsanordnung kann mehrere Einzellagen aufweisen. Die Gasführungsanordnung kann gefaltete Lagen aufweisen.

[0025] Das Verfahren kann wenigstens einen der folgenden Schritte aufweisen: Anordnen des Faserhalbzeugs an einer Formfläche eines offenen Formwerkzeugs und/oder an der Gasführungsanordnung; Anordnen der Gasführungsanordnung an einer Formfläche eines offenen Formwerkzeugs und/oder an dem Faserhalbzeug; Abdecken des Faserhalbzeugs und der Gasführungsanordnung mit einer Decklage; dichtes Verbinden der Decklage und des Formwerkzeugs, um einen evakuierbaren Formraum zu bilden; Erwärmen des Faserhalbzeugs; Evakuieren des Formraums.

[0026] Eine lagenförmige Gasführungsanordnung kann zwischen einer Formfläche eines Formwerkzeugs und einem Faserhalbzeug angeordnet werden. Eine lagenförmige Gasführungsanordnung kann zwischen einem Faserhalbzeug und einer Decklage angeordnet werden.

[0027] Eine rahmenförmige Gasführungsanordnung kann an einer Formfläche eines Formwerkzeugs angeordnet werden. Ein Faserhalbzeug kann an einer rahmenförmigen Gasführungsanordnung angeordnet werden. Die rahmenförmige Gasführungsanordnung kann zum Positionieren eines Faserhalbzeugs dienen. Die Gasführungsanordnung kann wiederverwendet werden.

[0028] Das Faserhalbzeug kann einlagig oder mehrlagig angeordnet werden. Das Faserhalbzeug kann stapelartig angeordnet werden. Das Faserhalbzeug kann unmittelbar an dem Formelement bzw. Formwerkzeug angeordnet werden. Zwischen dem Formelement bzw. Formwerkzeug und dem Faserhalbzeug kann eine Entkoppelungsschicht angeordnet werden. Die Decklage kann unmittelbar an dem Faserhalbzeug angeordnet werden. Zwischen der Decklage und dem Faserhalbzeug kann eine Entkoppelungsschicht angeordnet werden. Die Decklage kann für Wärmestrahlung zumindest teilweise transparent sein. Die Decklage kann zumindest abschnittsweise für Wärmestrahlung zumindest teilweise transparent sein. Zum dichten Verbinden der Decklage und des Formelements bzw. Formwerkzeugs kann ein Dichtband verwendet werden. Der evakuierbare Formraum kann wenigstens einen Unterdruckanschluss aufweisen. Der wenigstens eine Unterdruckanschluss kann eine membranartige Ab-

deckung aufweisen. Die membranartige Abdeckung kann gasdurchlässig und matrixmaterialundurchlässig sein. Der wenigstens eine Unterdruckanschluss kann an der Decklage angeordnet sein. Der wenigstens eine Unterdruckanschluss kann an dem Formwerkzeug angeordnet sein. Das Verfahren ist automatisiert oder teilautomatisiert durchführbar.

[0029] Zusammenfassend und mit anderen Worten dargestellt ergibt sich somit durch die Erfindung unter anderem ein Verfahren zur Verarbeitung von Kunststoffen mittels Vakuumsackverfahren zur Herstellung von thermoplastischen Organoblechen und Bauteilen sowie zum Reparieren von Gegenständen aus Kunststoffen.

[0030] Die Gasführungsanordnung kann auch als Breather bezeichnet werden. Als Gasführungsanordnung kann ein dreilagiges metallisches Drahtgewebe verwendet werden. Das Drahtgewebe kann lediglich seitlich, an einem Rand um das Laminat angebracht werden. Die Form des Laminats kann im Vorfeld aus dem Drahtgewebe ausgeschnitten werden. Das Laminat kann passgenau in das Drahtgewebe eingelegt werden. Ein Vakuumanschluss kann ober- oder unterhalb des Drahtgewebes angebracht werden, um ein Sperren eines Luftstroms zu verhindern.

[0031] Das Drahtgewebe kann eine starre Struktur aufweisen. Das Drahtgewebe kann beliebig oft eingesetzt werden und muss nicht regelmäßig ausgetauscht werden. Das metallische Drahtgewebegitter kann bei Unterdruck eine konstante Höhe halten.

[0032] Es kann ein für Wärmestrahlung transparentes Druckelement verwendet werden, beispielsweise eine Glaskeramikplatte aus Ceran®. Ein Bauteil kann direkt erwärmt werden.

[0033] Glaskeramiken können beiderseitig um das zu konsolidierende Bauteil als Ober- und Unterwerkzeug eingesetzt werden. Das Bauteil kann jeweils mit Infrarotstrahlung von beiden Seiten erwärmt werden.

[0034] Mit „kann“ sind insbesondere optionale Merkmale der Erfindung bezeichnet. Demzufolge gibt es jeweils ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, das das jeweilige Merkmal oder die jeweiligen Merkmale aufweist.

[0035] Mit der Erfindung wird ein Aufwand, wie Zeitaufwand, Kostenaufwand, Energieaufwand und/oder Materialaufwand, reduziert. Anforderungen an eine Temperaturbeständigkeit können reduziert werden. Eine Beschichtung kann entfallen. Ein Bedarf an Verbrauchsmaterialien kann reduziert werden. Reparaturmöglichkeiten für Faserverbundwerkstoff-Bauteile werden erweitert. Eine Prozessführung wird vereinfacht. Eine Ressourceneffizienz wird erhöht. Eine Abfallmenge wird reduziert. Eine Reproduzierbarkeit

wird erhöht. Eine Prozesssicherheit wird erhöht. Eine mobile Anwendung kann ermöglicht werden. Eine Strömungsführung beim Evakuieren wird verbessert. Ein Evakuieren wird erleichtert. Manuelle Arbeitsanteile können reduziert werden. Eine Komplexität wird reduziert.

[0036] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf Figuren näher beschrieben. Aus dieser Beschreibung ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile. Konkrete Merkmale dieser Ausführungsbeispiele können allgemeine Merkmale der Erfindung darstellen. Mit anderen Merkmalen verbundene Merkmale dieser Ausführungsbeispiele können auch einzelne Merkmale der Erfindung darstellen.

[0037] Es zeigen schematisch und beispielhaft:

[0038] Fig. 1 eine Anordnung zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs mit einer aus einem Drahtgewebe hergestellten Gasführungsanordnung, einer Glaskeramikplatte als Druckelement und obenliegendem Unterdruckanschluss,

[0039] Fig. 2 Druckverläufe in Abhängigkeit eines Abstands zu einem Unterdruckanschluss,

[0040] Fig. 3 eine Anordnung zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs mit einer aus einem Drahtgewebe hergestellten Gasführungsanordnung, einer Glaskeramikplatte als Druckelement und untenliegendem Unterdruckanschluss,

[0041] Fig. 4 eine Anordnung zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs mit einer Glaskeramikplatte als Formwerkzeug, einer aus einem Drahtgewebe hergestellten Gasführungsanordnung und einer Glaskeramikplatte als Druckelement.

[0042] Fig. 1 zeigt eine Anordnung zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs **100**. Die Anordnung umfasst ein offenes Formwerkzeug **102** mit einer Formfläche, ein Druckelement **104**, eine Gasführungsanordnung **106**, eine Decklage **108** und einen obenliegenden Unterdruckanschluss **110**.

[0043] Das Faserhalbzeug **100** ist ein mit Reaktionsharzen vorimprägniertes textiles Faser-Matrix-Halbzeug. Als Formwerkzeug **102** dient eine Metallplatte. Das Druckelement **104** ist für Wärmestrahlung transparent. Das Druckelement **104** weist eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit von beispielsweise ca. 1,46 W/(m·K) und praktisch keine Wärmeausdehnung auf. Als Druckelement **104** dient eine Glaskeramikplatte. Die Gasführungsanordnung **106** ist aus einem Drahtgewebe hergestellt. Die Gasführungsanordnung **106** weist eine rahmenartige Form mit einem Ausschnitt auf. Der Ausschnitt der Gasführungsanordnung **106** und das Faserhalbzeug **100** weisen korrespondieren-

de Konturen auf. Als Decklage **108** dient eine biegeschlaffe, gasundurchlässige Folie. Der Unterdruckanschluss **110** ist an der Decklage **108** im Bereich der Gasführungsanordnung **106** angeordnet. Der Unterdruckanschluss **110** ist mithilfe einer gasdurchlässigen und matrixmaterialundurchlässigen membranartigen Abdeckung versehen.

[0044] Zum Verarbeiten des Faserhalbzeugs **100** wird zunächst die Gasführungsanordnung **106** an dem Formwerkzeug **102** angeordnet. Nachfolgend wird das unkonsolidierte Faserhalbzeug **100** in die Ausnehmung der Gasführungsanordnung **106** eingelegt. Dabei dient die Gasführungsanordnung **106** als Positionierungsrahmen für das Faserhalbzeug **100**. Nachfolgend wird das Druckelement **104** auf dem Faserhalbzeug **100** angeordnet, um das Faserhalbzeug **100** gleichmäßig anzupressen und im Folgenden eine qualitativ hochwertige Bauteiloberfläche zu erreichen. Nachfolgend werden die Gasführungsanordnung **106**, das Faserhalbzeug **100** und das Druckelement **104** mit der Decklage **108** abgedeckt und die Decklage **108** wird mithilfe einer bandförmigen Dichtung **112** mit dem Formwerkzeug **102** dicht verbunden, um einen evakuierbaren Formraum **114** zu begrenzen. Nachfolgend wird das Faserhalbzeug **100** mithilfe von Wärmestrahlung erwärmt. Zum Erwärmen des Faserhalbzeugs **100** kann ein Infrarotstrahler verwendet werden. Die Wärmestrahlung durchdringt die Decklage **108** und das Druckelement **104** und erwärmt unmittelbar das Faserhalbzeug **100**. Angrenzende Bereiche sind somit nur einer reduzierten thermischen Belastung ausgesetzt. Nachfolgend wird der Formraum **114** evakuiert. Dabei werden über den Unterdruckanschluss **110** und die Gasführungsanordnung **106** Luft und/oder Reaktionsgase abgesaugt.

[0045] Die Gasführungsanordnung **106** weist eine hohe und gleichbleibende Gasdurchlässigkeit auf. **Fig. 2** zeigt Druckverläufe **202**, **204** in Abhängigkeit eines Abstands zu dem Unterdruckanschluss **110**. In dem Diagramm **200** in **Fig. 2** ist auf einer x-Achse ein Abstand zu dem Unterdruckanschluss **110** und auf einer y-Achse ein Druck aufgetragen. Bei Verwendung eines Glasgewebes als Gasführungsanordnung ergibt sich ein Druckverlauf **202**, aus dem ersichtlich ist, dass ein an dem Unterdruckanschluss angelegter Unterdruck mit zunehmendem Abstand von dem Unterdruckanschluss rasch an Wirksamkeit verliert. Bei Verwendung einer aus einem Drahtgewebe hergestellten Gasführungsanordnung **106** ergibt sich ein Druckverlauf **204**, aus dem ersichtlich ist, dass ein an dem Unterdruckanschluss **110** angelegter Unterdruck auch mit zunehmendem Abstand von dem Unterdruckanschluss **110** wirksam bleibt.

[0046] Beim Evakuieren wird die Decklage **108** unterdruckbedingt in Richtung des Formwerkzeugs **102** gezogen, wobei das Faserhalbzeug **100** mit einer

Druckkraft beaufschlagt und das Faserhalbzeug **100** unter Druck- und Wärmeeinwirkung konsolidiert wird. Die aus einem Drahtgewebe hergestellte Gasführungsanordnung **106** wird dabei nicht kompaktiert, sodass auch beim Evakuieren eine vergleichmäßigte Evakuierungsströmung mit erhöhtem Durchsatz und reduziertem Strömungswiderstand gewährleistet ist. Die aus einem Drahtgewebe hergestellte Gasführungsanordnung **106** kann zum Verarbeiten weiterer Faserhalbzeuge wiederverwendet werden.

[0047] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann eine aus einem Drahtgewebe hergestellte lagenförmige Gasführungsanordnung alternativ oder zusätzlich lagenförmig zwischen dem Formwerkzeugs **102** und dem Faserhalbzeug **100** und/oder zwischen dem Faserhalbzeug **100** und der Decklage **108** angeordnet werden.

[0048] **Fig. 3** zeigt eine Anordnung zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs **300** mit einer aus einem Drahtgewebe hergestellten Gasführungsanordnung **302**, einer Glaskeramikplatte als Druckelement **304** und untenliegendem Unterdruckanschluss **306**. Der Unterdruckanschluss **306** ist im Bereich der Gasführungsanordnung **302** in dem Formwerkzeug **308** angeordnet. Im Übrigen wird ergänzend insbesondere auf **Fig. 1** und **Fig. 2** sowie die zugehörige Beschreibung verwiesen.

[0049] **Fig. 4** zeigt eine Anordnung zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs **400** mit einer Glaskeramikplatte als Formwerkzeug **402**, einer aus einem Drahtgewebe hergestellten Gasführungsanordnung **404** und einer Glaskeramikplatte als Druckelement **406**.

[0050] Das Faserhalbzeug **100** kann damit von oben durch die Decklage **408** und das Druckelement **406** und/oder von unten durch das Formwerkzeug **402** erwärmt werden. Im Übrigen wird ergänzend insbesondere auf **Fig. 1** und **Fig. 2** sowie die zugehörige Beschreibung verwiesen.

Bezugszeichenliste

100	Faserhalbzeug
102	Formelement, Formwerkzeug
104	Formelement, Druckelement
106	Gasführungsanordnung
108	Decklage
110	Unterdruckanschluss
112	Dichtung
114	Formraum
200	Diagramm
202	Druckverlauf
204	Druckverlauf
300	Faserhalbzeug
302	Gasführungsanordnung
304	Formelement, Druckelement

306	Unterdruckanschluss
308	Formelement, Formwerkzeug
400	Faserhalbzeug
402	Formelement, Formwerkzeug
404	Gasführungsanordnung
406	Formelement, Druckelement
408	Decklage

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10013409 C1 [0002]
- DE 20102569 U1 [0003]
- DE 102014111358 A1 [0004]
- DE 102014116848 A1 [0005]
- DE 4019744 A1 [0006]
- DE 102011076463 A1 [0007]

Patentansprüche

1. Formelement (**102, 104, 304, 308, 402, 406**) zur Verwendung in einem Verfahren zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs (**100, 300, 400**) in einem evakuierbaren Formraum (**114**), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Formelement (**102, 104, 304, 308, 402, 406**) zumindest abschnittsweise für Wärmestrahlung zumindest teilweise transparent ist.

2. Formelement (**102, 104, 304, 308, 402, 406**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Formelement (**102, 104, 304, 308, 402, 406**) zumindest abschnittsweise aus Glaskeramik hergestellt ist.

3. Formelement (**102, 104, 304, 308, 402, 406**) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Formelement (**102, 104, 304, 308, 402, 406**) eine plattenartige Form aufweist.

4. Formelement (**104, 304, 406**) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Formelement (**104, 304, 406**) als Druckelement dient.

5. Formelement (**102, 308, 402**) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Formelement (**102, 308, 402**) als Formwerkzeug dient.

6. Verfahren zum unterdruckunterstützten Verarbeiten eines Faserhalbzeugs (**100, 300, 400**) in einem evakuierbaren Formraum (**114**), **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Anpressen eines Faserhalbzeugs (**100, 300, 400**) wenigstens ein Formelement (**102, 104, 304, 308, 402, 406**) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Formelement (**104, 304, 406**) als Druckelement dient und zwischen dem Faserhalbzeug (**100, 300, 400**) und einer Decklage (**108, 408**) angeordnet wird.

8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Formelement (**102, 308, 402**) als Formwerkzeug dient und das Faserhalbzeug (**100, 300, 400**) an dem Formelement (**102, 308, 402**) angeordnet wird.

9. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Faserhalbzeug (**100, 300, 400**) mithilfe von Wärmestrahlung erwärmt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

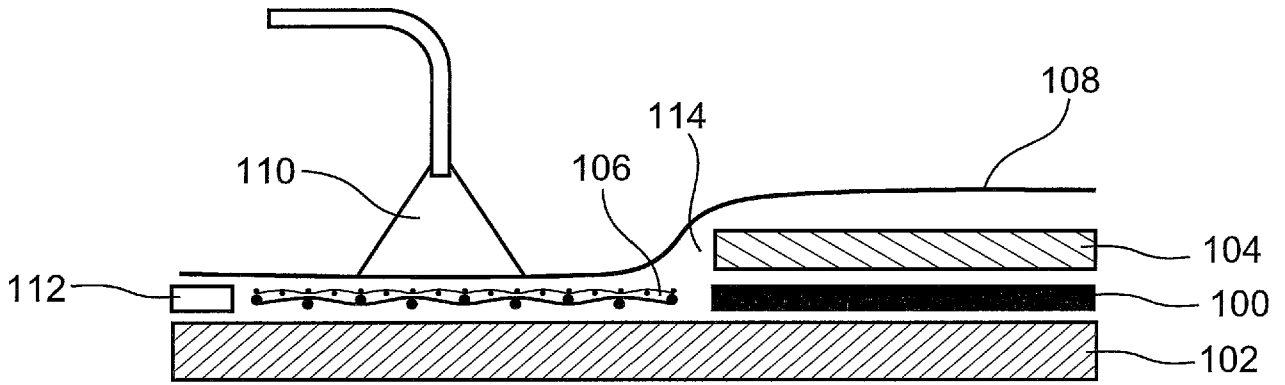


Fig. 1

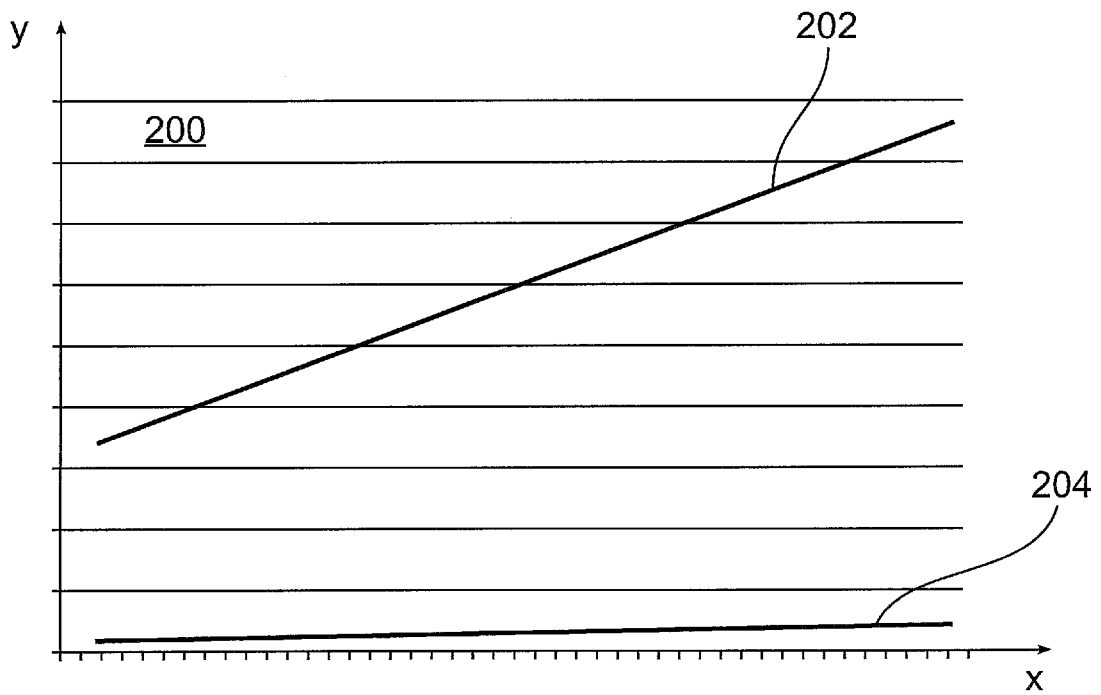


Fig. 2

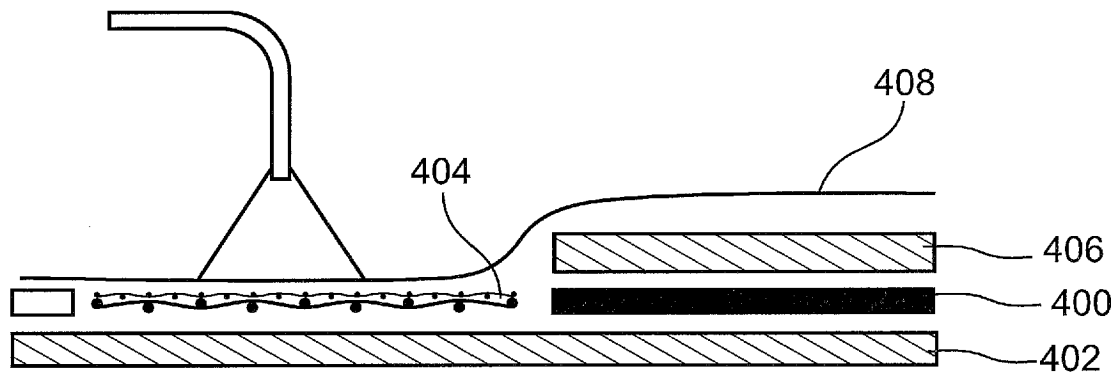
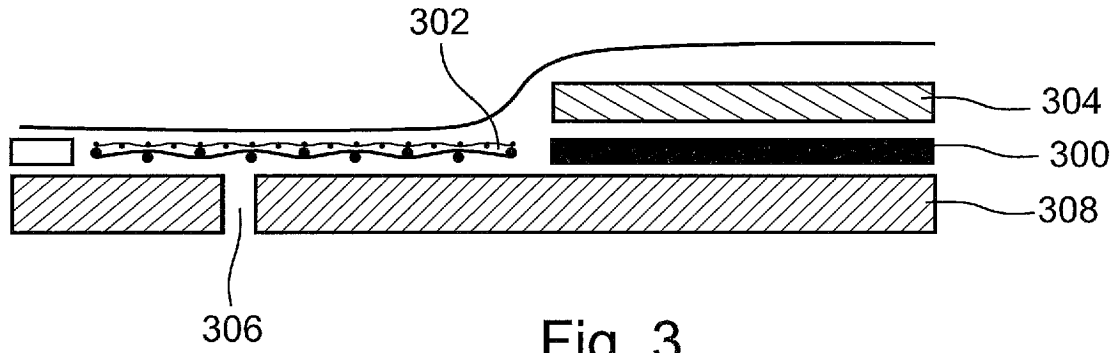


Fig. 4