



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 007 869.8**  
(22) Anmeldetag: **03.06.2014**  
(43) Offenlegungstag: **03.12.2015**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **11.02.2016**

(51) Int Cl.: **B29C 70/48 (2006.01)**  
**B29C 70/00 (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).

(73) Patentinhaber:  
**Airbus Defence and Space GmbH, 85521  
Ottobrunn, DE**

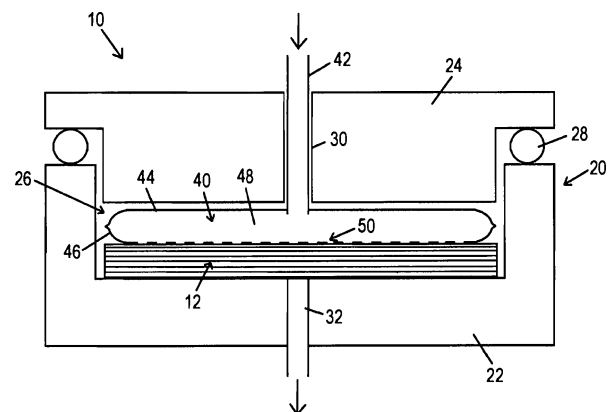
(72) Erfinder:  
**Weimer, Christian, Dr., 81667 München, DE;**  
**Filsinger, Jürgen, 85635 Höhenkirchen-  
Siegertsbrunn, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 57 655	B4
DE	10 2013 006 940	A1
DE	694 29 655	T2
US	6 406 659	B1
US	2013 / 0 266 750	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Infiltrieren von Fasermaterial mit Harz zur Herstellung eines Faserverbundbauteils**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) zum Infiltrieren von Fasermaterial (12) mit Harz zur Herstellung eines Faserverbundbauteils, umfassend ein Formwerkzeug (20) mit einer von mindestens zwei Werkzeugteilen (22, 24) umschlossenen Kavität (26), wobei das Formwerkzeug (20) für eine Relativverstellung der mindestens zwei Werkzeugteile (22, 24) ausgebildet ist, derart, dass in einer ersten Werkzeugstellung innerhalb der Kavität (26) Raum zur Aufnahme des Fasermaterials (12) und zusätzlicher Raum zur Aufnahme von Harz bereitstellbar ist und die Kavität (26) durch eine Verstellung des Formwerkzeuges (20) von der ersten Werkzeugstellung in eine zweite Werkzeugstellung verkleinerbar ist. Erfindungsgemäß ist in der Kavität (26) eine Fließhilfe (40) vorgesehen, umfassend zumindest eine erste Lage (44) und eine zweite Lage (46), die in einem Randbereich der Fließhilfe (40) miteinander verbunden sind, um einen Fließraum (48) zu umschließen, wobei die erste Lage (44) harzdicht ist, wohingegen die zweite Lage (46) einen Auslass (50) zum Ausleiten von Harz aus dem Fließraum (48) heraus in das Fasermaterial (12) hinein bereitstellt, und wobei der Fließraum (48) der Fließhilfe (40) mit Harz gefüllt ist und/oder die Fließhilfe (40) einen Einlass (42) zur Zufuhr von Harz in den Fließraum (48) aufweist. Ferner betrifft die Erfindung ein entsprechendes Infiltrationsverfahren sowie eine Verwendung der Vorrichtung bzw. des Verfahrens.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung von Faserverbundbauteilen und insbesondere eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 6. Ferner betrifft die Erfindung eine Verwendung einer derartigen Vorrichtung bzw. eines derartigen Verfahrens.

**[0002]** Ganz allgemein ist es für eine hohe Qualität von Faserverbundbauteilen wichtig, dass beim Harzinfiltrationsvorgang das Harz das Fasermaterial möglichst gleichmäßig durchtränkt. Zu diesem Zweck ist aus dem Stand der Technik der Einsatz von sogenannten "Fließhilfen" bekannt. Üblicherweise handelt es sich bei derartigen zusammen mit dem zu infiltrierenden Fasermaterial in einen Infusionsaufbau eingebrachte Fließhilfen um Strukturen zum Fördern einer raschen und/oder besonders gleichmäßigen Harzverteilung im Fasermaterial bzw. entlang wenigstens einer Seite, z. B. Flachseite, des Fasermaterials. Die Idee dabei ist, dass das zugeführte Harz sich aufgrund des niedrigen Fließwiderstandes der Fließhilfe (z. B. textile grobmaschige Matten, gitterartige Geflechte etc.) besonders rasch in der Fließhilfe verteilt, so dass das in der Fließhilfe verteilte Harz sodann "auf kurzem Weg" und über die entsprechenden Grenzflächen bzw. Oberflächen des Fasermaterials in das Fasermaterial hinein vordringen kann.

**[0003]** Eine gattungsgemäße Vorrichtung und ein gattungsgemäßes Verfahren sind aus der DE 101 57 655 B4 bekannt.

**[0004]** Bei der bekannten Vorrichtung wird zum Infiltrieren einer Preform (Fasermaterial) mit Harz ein Formwerkzeug verwendet, bei welchem eine Kavität zur Aufnahme der Preform von mindestens zwei gegeneinander bewegbaren, jedoch gegeneinander abgedichteten Werkzeugteilen umschlossen wird. Das Formwerkzeug ist derart ausgebildet, dass in einer ersten Werkzeugstellung innerhalb der Kavität Raum zur Aufnahme der Preform und "zusätzlicher Raum" zur Aufnahme von zugeführtem Harz bereitstellbar ist und die Kavität durch eine Verstellung des Formwerkzeuges von der ersten Werkzeugstellung in eine zweite Werkzeugstellung verkleinerbar ist, um nach der Harzinfiltration das im zusätzlichen Raum der Kavität verbleibende Harz keilförmig aus diesem zusätzlichen Raum heraus und auch noch in die Preform hinein zu drücken.

**[0005]** Vorteilhaft wird damit eine wirtschaftliche Herstellung von Faserverbundbauteilen ohne Abfall ("überschüssiges" Harz) ermöglicht.

**[0006]** Bei diesem Stand der Technik wird anstatt einer Fließhilfe ein "zusätzlicher Raum" während

des Infiltrationsvorganges im Formwerkzeug (Spalte oberhalb und unterhalb des zu imprägnierenden Fasermaterials) vorgesehen.

**[0007]** Nachteilig ist bei diesem Stand der Technik jedoch, dass insbesondere bei vergleichsweise hoher Harzzufuhrgeschwindigkeit die Gefahr besteht, dass es während des Infiltrationsvorganges, insbesondere beim Befüllen des "zusätzlichen Raumes" in der Werkzeugkavität, zu unerwünschten Verformungen bzw. Faserverschiebungen am angrenzenden Fasermaterial kommt.

**[0008]** Aus der DE 694 29 655 T2 ist ein Vakuumbeutel zur Verwendung in einem Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen durch Vakuumformen bekannt. Der bekannte Vakuumbeutel besitzt darin integriert eine Fließhilfe mit Harzverteilerkanälen zum Infiltrieren eines damit zu verarbeitenden Fasermaterials. Die Struktur des Vakuumbeutels besitzt eine ausreichende Steifigkeit, um unter Vakuum den Kollaps der Verteilerkanäle zu verhindern und somit eine "vakuumgetriebene" Infiltration zu ermöglichen.

**[0009]** Aus der US 2013/0266750 A1 ist eine Fließhilfe zur Verwendung in einem vakuumunterstützten RTM-Verfahren (VARTM) bekannt. Die Infiltration von Harz über die Fließhilfe in das Fasermaterial erfolgt vakuumgetrieben.

**[0010]** Ähnliche vakuumunterstützte Infiltrationsverfahren sowie hierbei verwendbare Vakuumfolien und Fließhilfen sind in der US 6,406,659 B1 und der nachveröffentlichten DE 10 2013 006 940 A1 beschrieben.

**[0011]** Ausgehend von dem gattungsgemäßen Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den vorgenannten Nachteil zu vermeiden und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Infiltrierung von Fasermaterial mit Harz bereitzustellen, bei welchen eine vergleichsweise rasche Imprägnierung des Fasermaterials mit vergleichsweise geringer Gefahr von Faserverschiebungen ermöglicht ist.

**[0012]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass in der Kavität eine Fließhilfe vorgesehen ist, umfassend zumindest eine erste Lage und eine zweite Lage, die in einem Randbereich der Fließhilfe miteinander verbunden sind, um einen Fließraum zu umschließen, wobei die erste Lage harzdicht ist, wohingegen die zweite Lage einen Auslass zum Ausleiten von Harz aus dem Fließraum heraus in das Fasermaterial hinein bereitstellt, und wobei der Fließraum der Fließhilfe mit Harz gefüllt ist und/oder die Fließhilfe einen Einlass zur Zufuhr von Harz in den Fließraum aufweist.

**[0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist dementsprechend dadurch gekennzeichnet, dass es ferner folgende Schritte umfasst:

- Anordnen einer Fließhilfe in dem zusätzlichen Raum der Kavität, wobei die Fließhilfe zumindest eine erste Lage und eine zweite Lage umfasst, die in einem Randbereich der Fließhilfe miteinander verbunden sind, um einen Fließraum der Fließhilfe zu umschließen, wobei die erste Lage harzdicht ist, wohingegen die zweite Lage einen Auslass zum Ausleiten von Harz aus dem Fließraum heraus in das Fasermaterial hinein bereitstellt, und wobei der Fließraum der Fließhilfe mit Harz gefüllt ist und/oder die Fließhilfe einen Einlass zur Zufuhr von Harz in den Fließraum aufweist, und
- gegebenenfalls Zuführen von Harz in den Fließraum der Fließhilfe, so dass bei der Verstellung des Formwerkzeuges von der ersten Werkzeugstellung in die zweite Werkzeugstellung Harz aus dem Fließraum der Fließhilfe heraus in das Fasermaterial hinein gedrückt wird.

**[0014]** Die Grundidee der Erfindung besteht somit darin, beim Einsatz einer gattungsgemäßen Vorrichtung bzw. eines gattungsgemäßen Verfahrens, bei welchem "eigentlich" bereits die Konstruktion der Vorrichtung bzw. deren Betriebsweise eine so genannte "Fließhilfe" entbehrlich macht (vgl. hierzu z. B. die vorgenannte DE 101 57 655 B4, Absätze 0002, 0003 und 0013), trotzdem eine solche Fließhilfe einzusetzen, um damit beim Infiltrationsvorgang jedoch nicht eine verbesserte Harzverteilung zu erzielen, sondern vielmehr, gewissermaßen "zweckentfremdet" das Eindringen des Harzes in das Fasermaterial vorteilhaft besser kontrollieren zu können.

**[0015]** Erfindungsgemäß werden unerwünschte Faserverschiebungen durch den Einsatz der Fließhilfe vermieden, die in dem "zusätzlichen Raum" innerhalb der Kavität des Formwerkzeuges angeordnet wird und einen (z. B. dem jeweiligen Anwendungsfall optimal anpassbaren) "Auslass" zum Ausleiten von Harz aus der Fließhilfe heraus in das Fasermaterial hinein bereitstellt.

**[0016]** Da das Harz diesen Auslass passieren muss, um in das Fasermaterial hineinzugelangen, kann durch entsprechende Ausgestaltung des Auslasses insbesondere z. B. sichergestellt werden, dass das dem zusätzlichen Raum bzw. der Fließhilfe in diesem zusätzlichen Raum zugeführte Harz nicht völlig ungehindert sogleich in das Fasermaterial eindringen und (insbesondere bei hohen Injektionsdrücken bzw. Volumenströmen) dort Faserverschiebungen bewirkt.

**[0017]** Die im Rahmen der Erfindung von ihrer Form und Größe her prinzipiell frei dimensionierbare Fließhilfe besitzt bevorzugt eine flächig ausgedehnt platten- oder kissenartige Formgestaltung. Insbesondere in diesem Fall kann vorgesehen sein, dass die Fließ-

hilfe in der Vorrichtung bzw. bei dem Verfahren mit einer von der zweiten Lage gebildeten Flachseite an einer Flachseite eines insgesamt flächig ausgedehnten Fasermaterials anliegend angeordnet ist/wird.

**[0018]** Die "erste Lage" der Fließhilfe ist harzdicht. Davon ist jede Lage umfasst, durch welche das Harz auch bei den in der Verwendungssituation zweckdienlicher Weise einzustellenden Temperatur- und Druckverhältnissen nicht hindurch treten kann.

**[0019]** Der Begriff "Harz" soll im Sinne der Erfindung ein Material bezeichnen, welches dazu geeignet ist, mit einem Fasermaterial ein Faserverbundbauteil zu bilden. Dieses Material (Matrixmaterial) kann dabei z. B. auch bereits einen Härter enthalten (Mehrkomponentenharzsystem). Harz im engeren Sinne bezieht sich dabei auf duroplastische Kunststoffe, z. B. Epoxidharzsysteme. Nicht ausgeschlossen sein sollen jedoch z. B. auch thermoplastische Kunststoffe.

**[0020]** Die "zweite Lage" der Fließhilfe stellt den erwähnten Auslass für das Harz bereit. Von dem Begriff "Auslass" ist dabei eine einzelne Öffnung oder bevorzugt eine Mehrzahl von Öffnungen umfasst, durch welche das Harz austreten kann, insbesondere bei einem Überdruck (bezogen auf den Druck jenseits des Auslasses, also dem Raum, in welchem das zu infiltrierende Fasermaterial sich befindet).

**[0021]** In einer Ausführungsform ist der Auslass der zweiten Lage durch eine Perforation in der zweiten Lage und/oder eine materialbedingte Harzdurchlässigkeit der zweiten Lage bereitgestellt.

**[0022]** Bevorzugt umfasst der Auslass eine Vielzahl von in der zweiten Lage derart eingebrachten Öffnungen (Perforation), dass das Harz lokal an vielen Stellen in das Fasermaterial gedrückt werden kann, ohne längere Wege durch das Fasermaterial fließen zu müssen.

**[0023]** Die beiden genannten Lagen der Fließhilfe können beispielsweise aus einem Folienmaterial und/oder einem Textilmaterial gebildet sein. In einer Ausführungsform ist die erste Lage aus einem Folienmaterial (bevorzugt aus Kunststoff) und die zweite Lage aus einem Textilmaterial gebildet. Alternativ kann auch die zweite Lage z. B. aus einem Folienmaterial gebildet sein, welches jedoch z. B. geeignet perforiert ist.

**[0024]** In einer Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung ferner Harzzufuhrmittel zur Zufuhr von Harz in den Fließraum der Fließhilfe. Derartige Harzzufuhrmittel können z. B. einen oder mehrere Kanäle im Bereich der mindestens zwei Werkzeugteile umfassen, durch welche hindurch Harz in die Fließhilfe einfließen gelassen werden kann (z. B. über einen Schlauch, der eine kavi-

tätsseitige Mündung eines solchen Kanals mit dem Innenraum (Fließraum) der Fließhilfe verbindet.

**[0025]** Alternativ zu einer derartigen Zufuhr von Harz über Harzzufuhrmittel der Vorrichtung ist es im Rahmen der Erfindung auch möglich, eine bereits zuvor mit Harz gefüllte Fließhilfe zusammen mit dem Fasermaterial in der Kavität des Formwerkzeuges anzuordnen. In diesem Fall kann sich bei eingelegter (und bereits befüllter) Fließhilfe ein nachfolgendes Zuführen von Harz in den Fließraum der Fließhilfe erübrigen.

**[0026]** Die zweite Lage der Fließhilfe kann z. B. vorteilhaft trennende Eigenschaften bezüglich des verwendeten Harzes besitzen (z. B. durch entsprechende Oberflächenbehandlung oder -beschichtung), um nach Abschluss des Infiltrationsvorganges bzw. der Herstellung des Faserverbundbauteils (durch z. B. thermische Aushärtung des infiltrierten Fasermaterials) die Fließhilfe wieder leicht vom ausgehärteten Fasermaterial trennen zu können.

**[0027]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird eine zwischen der Fließhilfe und dem Fasermaterial eingelegte perforierte Trennfolie und/oder ein so genanntes Abreißgewebe eingesetzt.

**[0028]** Alternativ ist es im Rahmen der Erfindung jedoch auch möglich, die Fließhilfe nach Abschluss des Infiltrationsvorganges am bzw. im fertigen Faserverbundbauteil zu belassen. Denkbar ist hierbei z. B. die Verwendung eines Materials für die beiden Lagen, welches vom verwendeten Harz angelöst wird, bzw. sich in diesem Harz auflöst, z. B. um eine gezielte Modifikation der Harzeigenschaften an der betreffenden Bauteilgrenzfläche bzw. -oberfläche zu bewirken.

**[0029]** Die zweite Lage der Fließhilfe, welche dem Fasermaterial zugewandt ist, kann so beschaffen sein, dass sie bei kleineren Druckdifferenzen (z. B. bis etwa 1 bar) nicht für das Matrixmaterial durchlässig ist, sondern erst bei Überschreiten eines bestimmten Differenzdruckes (z. B. 2 bar) durchlässig wird (z. B. aufgrund einer mikroporösen Materialstruktur der zweiten Lage). Alternativ oder zusätzlich kann eine Durchlässigkeit bzw. nennenswert erhöhte Durchlässigkeit auch durch Überschreiten einer bestimmten Temperatur des Harzes geschaffen werden (d. h. bei Unterschreiten einer bestimmten (temperaturabhängigen) Viskosität des Harzes).

**[0030]** Eine weitere Möglichkeit, um in der Verwendungssituation im Verlauf des Herstellungsverfahrens eine Durchlässigkeit der zweiten Lage für das Harz zu schaffen, besteht darin, diese zweite Lage so auszubilden, dass bei Überschreiten einer bestimmten Temperatur (sei es z. B. durch die Zufuhr von Harz oder z. B. durch eine hierfür vorgesehene Aufheizung des Werkzeuges) Bereiche der zweiten Lage schmelzen.

**[0031]** In einer Ausführungsform umfasst die Vorrichtung ferner Luftabfuhrmittel zur Abfuhr von Luft aus der Kavität. Auch diese Luftabfuhrmittel können z. B. Kanäle umfassen, die im Bereich der mindestens zwei Werkzeugteile (durch wenigstens eines davon durchgehend) ausgebildet sind.

**[0032]** In diesem Zusammenhang ist eine Ausgestaltung des Formwerkzeuges von Vorteil, bei welcher die Kavität luftdicht verschließbar ist, insbesondere so, dass diese Luftdichtigkeit sowohl in der ersten Werkzeugstellung als auch der zweiten Werkzeugstellung, und während einer Verstellung zwischen diesen beiden Werkzeugstellungen aufrechterhaltbar ist. Zu diesem Zweck kann beispielsweise eine am Rand zweier Werkzeugteile umlaufend in einem Spalt dieser Werkzeugteile eingelegte komprimierbare Dichtung vorgesehen sein, welche sich bei einer Bewegung der beiden Werkzeugteile aufeinander zu oder voneinander weg entsprechend komprimiert bzw. ausdehnt und hierbei eine luftdichte Abdichtung des Randspaltes zwischen den Werkzeugteilen gewährleistet. Alternativ oder zusätzlich können relativ zueinander bewegbare Werkzeugteile auch durch direkten Kontakt zueinander abgedichtet sein.

**[0033]** Die beiden Lagen der Fließhilfe können in ihrem Randbereich auf vielfältige Art miteinander verbunden sein. Bevorzugt sind die Lagen in dem Randbereich verschweißt, verklebt oder vernäht, wobei auch eine Kombination dieser Verbindungsarten vorgesehen sein kann. Der Randbereich weist also bevorzugt eine Schweißnaht, eine Klebnaht und/oder eine genähte Verbindung auf. Diese Verbindung ist bevorzugt umlaufend vorgesehen, wobei jedoch an mindestens einer Stelle dieses Verlaufes auch eine Unterbrechung vorgesehen sein kann, um den Einlass zur Zufuhr von Harz in den Fließraum an dieser Stelle auszubilden bzw. hindurch verlaufen zu lassen.

**[0034]** Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die beiden Lagen der Fließhilfe bereits bei der Herstellung der Fließhilfe miteinander verbunden (z. B. verschweißt) wurden.

**[0035]** Abweichend davon könnte die Fließhilfe jedoch auch separate Lagen (z. B. Folien) aufweisen, die in das betreffende Formwerkzeug eingelegt und erst dort miteinander verbunden werden, beispielsweise lateral außerhalb des Fasermaterialrandes gemeinsam zu einem lateralen Rand des Werkzeuges hin verlaufen und dort miteinander verbunden werden (z. B. verklebt oder mittels einer umlaufenden Dichtung aneinander und an eine Werkzeugteifläche angedrückt werden). In diesem Fall würde ein "miteinander Verbinden der Lagen in einem Randbereich der Fließhilfe" also erst in der Verwendungssituation geschehen.

**[0036]** Dass die beiden Lagen "in einem Randbereich der Fließhilfe" miteinander verbunden sind, bedeutet nicht notwendigerweise, dass dieser Randbereich gleichzeitig einen Randbereich der beiden Lagen darstellt. Vielmehr kann sich wenigstens eine der Lagen auch über den genannten "Randbereich der Fließhilfe" hinaus erstrecken (vgl. z. B. die unten noch beschriebenen Beispiele gemäß der Fig. 3 und Fig. 5).

**[0037]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Lage der Fließhilfe harzdicht, jedoch luftdurchlässig ist und die Fließhilfe ferner eine dritte Lage umfasst, die harzdicht und luftdicht ist und auf der von der zweiten Lage abgewandten Seite der ersten Lage angeordnet und im Randbereich der Fließhilfe mit der ersten Lage verbunden ist. Wenn bei diesem Aufbau durch geeignete Mittel Luft aus dem Zwischenraum zwischen der ersten und dritten Lage abgesaugt wird, so kann aufgrund der Luftdurchlässigkeit der ersten Lage vorteilhaft der die Fließhilfe umgebende Raum der Kavität über die Fließhilfe evakuiert werden, also insbesondere auch der von dem Fasermaterial eingenommene Raum. Sodann kann über einen in den Fließraum (zwischen erster und zweiter Lage) mündenden Einlass der Fließhilfe Harz eingelassen werden. Dabei unterstützt der zwischen der ersten und dritten Lage herrschende Unterdruck das Entgasen des Fließraumes.

**[0038]** In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Infiltrationsverfahrens ist vorgesehen, dass zunächst das Fasermaterial und die Fließhilfe in der Kavität des Formwerkzeuges angeordnet werden, danach mittels Harzzufuhrmitteln der Vorrichtung eine Zufuhr von Harz in den Fließraum der Fließhilfe erfolgt, und schließlich die Kavität durch eine Verstellung des Formwerkzeuges von der ersten Werkzeugstellung in die zweite Werkzeugstellung verkleinert wird, so dass durch diese Verstellung Harz aus dem Fließraum heraus über den von der zweiten Lage bereitgestellten Auslass heraus in das Fasermaterial hinein gedrückt wird. Wie bereits erwähnt ist es jedoch auch möglich, eine bereits mit Harz gefüllte Fließhilfe in der Kavität des Formwerkzeuges anzuordnen, womit der erwähnte Harzzufuhrschritt entbehrlich wird.

**[0039]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass nach Verstellung des Werkzeuges in die zweite Werkzeugstellung innerhalb der Kavität im Wesentlichen nurmehr Raum zur Aufnahme des Fasermaterials bereitgestellt wird.

**[0040]** Erfindungsgemäß ist eine Verwendung der beschriebenen Vorrichtung und/oder des beschriebenen Verfahrens zur Herstellung eines plattenförmigen oder schalenförmigen Faserverbundbauteils bevorzugt. Im einfachsten Fall handelt es sich bei einem solchen Faserverbundbauteil um ein ein- oder mehr-

schichtiges Fasermateriallaminat. Im Rahmen der Erfindung können jedoch auch Faserverbundbauteile hergestellt werden, die aus mehreren Schichten, teils aus Fasermaterial und teils aus einem anderen Material, gebildet werden. Ein Beispiel hierfür können so genannte Sandwichbauteile sein. Bei einem Sandwichbauteil sind wenigstens drei Schichten vorgesehen, die üblicherweise als Kernschicht und (beiderseits des Kerns angeordnete) Deckschichten bezeichnet werden. Bei einem derartigen Aufbau kann die Erfindung z. B. dazu eingesetzt werden, in einem Formwerkzeug diese drei Schichten miteinander zu verbinden und hierbei eine Infiltration der jeweils aus Fasermaterial gebildeten Deckschichten zu bewerkstelligen. Als Kernschicht kann hierbei z. B. insbesondere eine Schaumstoffschicht, bevorzugt geschlossenzellige Schaumstoffschicht vorgesehen sein. Alternativ kann z. B. auch eine so genannte Wabenstruktur (z. B. aus Papier, Pappe, Kunststoffe etc.) vorgesehen sein. In letzterem Fall ist es zweckmäßig, die Wabenstruktur stirnseitig versiegelt einzusetzen (z. B. harzundurchlässige Wabenstruktur-Decklagen), um ein unerwünschtes Vollaufen der Waben mit Harz zu vermeiden.

**[0041]** Mit der Erfindung lassen sich bei der Herstellung von Faserverbundbauteilen insbesondere folgende Vorteile erzielen:

- Schnellere Verteilung des Matrixmaterials (Harz) und Imprägnierung des (z. B. trocken, oder als vorimprägnierte Preform) bereitgestellten Fasermaterials, dadurch kürzere Zykluszeiten und/oder Ermöglichung des Einsatzes höher reaktiver Harzsysteme (z. B. Epoxidharzsysteme, denkbar jedoch auch z. B. thermoplastische Kunststoffe) und/oder höher viskoser (z. B. zähmodifizierter) Matrixsysteme.
- Vermeidung von Faserverschiebungen selbst bei hohen Injektionsdrücken bzw. Volumenströmen des zugeführten Harzes.
- Eine Optimierung des Harzfüllvorganges erfordert vorteilhaft keine oder keine nennenswerten Änderungen an bestehenden Formwerkzeugen (z. B. Position(en) des bzw. der Einspritzpunkte). Vielmehr genügt in der Regel eine Anpassung der Eigenschaften des "Auslasses" der Fließhilfe (z. B. Perforationsmuster), um dadurch kürzere Entwicklungszeiten und geringere Entwicklungskosten zu ermöglichen sowie Bauteil- oder Prozessmodifikationen einfach umzusetzen.
- Je nach Ausführungsform ergibt sich ein reduzierter oder eliminiertes Reinigungsaufwand für das Formwerkzeug nach Herstellung eines Faserverbundbauteils.

**[0042]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Es stellen jeweils schematisch dar:

**[0043]** Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung und eines Verfahrens zum Infiltrieren von Fasermaterial mit Harz zur Herstellung eines Faserverbundbauteils, in einem ersten Verfahrensstadium ("erste Werkzeugstellung"),

**[0044]** Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung in einem zweiten Verfahrensstadium ("zweite Werkzeugstellung"),

**[0045]** Fig. 3 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels,

**[0046]** Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel einer modifiziert gestalteten Fließhilfe (mit dreilagigem Aufbau),

**[0047]** Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Fließhilfe,

**[0048]** Fig. 6 eine Darstellung zur Veranschaulichung einer Infiltration von Fasermaterial bei der Herstellung eines Sandwichbauteils,

**[0049]** Fig. 7 eine der Fig. 6 entsprechende Darstellung gemäß eines modifizierten Ausführungsbeispiels,

**[0050]** Fig. 8 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Fließhilfe, und

**[0051]** Fig. 9 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Fließhilfe.

**[0052]** Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung **10** zum Infiltrieren von Fasermaterial **12** mit Harz zur Herstellung eines Faserverbundbauteils (durch Aushärtung des zuvor mit Harz infiltrierten Fasermaterials **12**).

**[0053]** Die Vorrichtung **10** umfasst ein mehrteiliges Formwerkzeug **20**, im dargestellten Beispiel zweiteilig, mit einer unteren Werkzeughälfte **22** und einer oberen Werkzeughälfte **24**.

**[0054]** Diese Werkzeughälften **22**, **24** umschließen eine Kavität **26** des Formwerkzeuges **20**, in welcher das zu infiltrierende Fasermaterial **12** angeordnet ist.

**[0055]** Im dargestellten Beispiel sorgt eine am seitlichen Rand des Werkzeuges **20** umlaufend wie dargestellt angeordnete Dichtung **28** (z. B. aus Elastomer) für eine luftdichte Abdichtung der Kavität **26** gegenüber der Umgebung.

**[0056]** Des Weiteren umfasst das Werkzeug **20** im dargestellten Beispiel einen durch die obere Werkzeughälfte **24** hindurch verlaufenden Harzzufuhrkanal **30** und einen durch die untere Werkzeughälfte **22** hindurch verlaufenden Luftabfuhrkanal **32**.

**[0057]** Der Harzzufuhrkanal **30** ist an einer in der Figur nicht dargestellten ansteuerbaren Harzzufuhrquelle angeschlossen, wohingegen der Luftabfuhrkanal **32** an eine in der Figur nicht dargestellte Vakuumpumpe angeschlossen ist. Die Luftabfuhrpassage bzw. Vakuumpumpe ist hierbei bevorzugt mit einer so genannten Harzfalle ausgestattet.

**[0058]** Das Werkzeug **20** ist für eine Relativverstellung der Werkzeughälften, hier der unteren Werkzeughälfte **22** und der oberen Werkzeughälfte **24** ausgebildet, derart, dass in einer ersten Werkzeugstellung (gemäß Fig. 1) innerhalb der Kavität **26** Raum zur Aufnahme des Fasermaterials **12** und zusätzlicher Raum zur Aufnahme von Harz bzw. Harz in einer "Fließhilfe" **40** bereitgestellt wird, die zusammen mit dem Fasermaterial **12**, diesem benachbart (hier: flächig anliegend), in der Kavität **26** angeordnet ist.

**[0059]** Die Kavität **26** kann durch eine Verstellung des Werkzeuges **20** von der ersten Werkzeugstellung (Fig. 1) in eine zweite Werkzeugstellung (Fig. 2) verkleinert werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Kavität **26** hierbei soweit verkleinert, dass innerhalb der Kavität **26** im Wesentlichen lediglich noch Raum zur Aufnahme des Fasermaterials **12** bereitgestellt wird. Die Imprägnierung des Fasermaterials **12** gemäß des mit den Fig. 1 und Fig. 2 veranschaulichten Verfahrens kann z. B. wie folgt erfolgen: Zunächst wird das trockene Fasermaterial **12** zusammen mit der Fließhilfe **40** in das mehrteilige Formwerkzeug **20** eingelegt, das in der ersten Werkzeugstellung (Fig. 1) bereits vakuumdicht ist, hierbei jedoch in der Kavität **26** mehr Raum zur Verfügung stellt, als es für die Dicke des Fasermaterials **12** bzw. die Soll-Dicke des daraus herzustellenden Bauteils erforderlich wäre.

**[0060]** Die Evakuierung des beschickten Werkzeuges **20** erfolgt in der ersten Werkzeugstellung durch ein Abpumpen von Luft über den Luftabfuhrkanal **32**. Außerdem erfolgt ein Einspritzen der erforderlichen Harzmenge über den Harzzufuhrkanal **30**, und zwar durch einen durch den Kanal **30** hindurch verlegten (und (nicht dargestellt) zum Kanal **30** hin abgedichteten) Harzzufuhrschlauch **42** der Fließhilfe **40**.

**[0061]** Die Fließhilfe **40** umfasst eine erste Lage **44** und eine zweite Lage **46**, die in einem Randbereich der insgesamt etwa platten- bzw. kissenförmig formgestalteten Fließhilfe **40** miteinander verbunden sind, um einen Fließraum **48** zu umschließen. Die Form der Fließhilfe **40** ist an die Kontur der der zweiten Lage **46** benachbart angeordneten Oberfläche (Flachseite) des Fasermaterials **12** angepasst. Die erste Lage **44** ist harzdicht und z. B. von einer Kunststoffolie gebildet, wohingegen die zweite Lage **46** einen "Auslass" **50** bereitstellt, durch welchen hindurch Harz aus dem Fließraum **48** heraus in das Fasermaterial **12** (zur Imprägnierung desselben) ausgeleitet werden

kann. Die zweite Lage kann z. B. ebenfalls als Kunststoffolie ausgebildet sein, z. B. mit einer geeigneten Perforierung (was in den **Fig. 1** und **Fig. 2** durch eine Strichlierung der zweiten Lage **46** symbolisiert ist).

**[0062]** Das in einem ersten Verfahrensstadium in den Fließraum **48** zugeführte Harz verteilt sich rasch und ungehindert über den gesamten Fließraum bzw. somit über die gesamte Oberfläche des benachbarten Fasermaterials **12**, wobei aufgrund einer mehr oder weniger "harzrückhaltenden" Wirkung des Auslassers **50** vermieden wird, dass es auch bei einer schnellen Injektion des Harzmaterials zu unerwünschten Faserverschiebungen im Fasermaterial **12** kommt. Vielmehr erfolgt in diesem Stadium im Wesentlichen oder ausschließlich (je nach Injektionsbedingungen und Gestaltung des Auslasses **50**) lediglich eine laterale Durchströmung des Fließraumes **48**.

**[0063]** Der Infiltrationsprozess kann z. B. auch so geführt werden, dass die obere Werkzeughälfte **24** aufgrund des im einströmenden Harz herrschenden Drucks angehoben wird, um einen "Fließspalt" zwischen den Werkzeughälften **22**, **24** freizugeben.

**[0064]** Anschließend wird die Harzzufuhrpassage z. B. durch ein entsprechendes Ventil geschlossen und das Werkzeug **20** von der ersten Werkzeugstellung (**Fig. 1**) z. B. hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch in eine zweite Werkzeugstellung (**Fig. 2**) gebracht, in welcher die Kavität **26** verkleinert wird. Im dargestellten Beispiel wird die Kavität **46** so weit verkleinert, dass darin im Wesentlichen nur mehr der Raum zur Aufnahme des Fasermaterials **12** vorhanden ist.

**[0065]** Durch diese Verstellung des Werkzeuges **20** wird das Harz aus dem Fließraum **48** der Fließhilfe **40** heraus, durch den Auslass **50** (Perforationslöcher der zweiten Lage **46**) in das Fasermaterial **12** hineingedrückt. Das Fasermaterial **12** wird dabei vollständig in Dickenrichtung mit Harz getränkt.

**[0066]** Spätestens nach Abschluss einer z. B. thermischen bzw. thermisch unterstützten Aushärtung des Harzes im Fasermaterial **12**, was zweckmäßigerweise in dem selben Werkzeug **20** bewerkstelligt wird, kann die Luftabsaugung über den Luftabfuhrkanal **32** abgestellt und dann das Werkzeug **20** geöffnet werden, um das fertige Faserverbundbauteil zu entnehmen. Das Abstellen der Luftabsaugung ist oftmals bereits unmittelbar vor oder während der Injektion des Matrixmaterials sinnvoll, um z. B. zu verhindern, dass Matrixmaterial in das Vakuumsystem eindringt.

**[0067]** Die dem Fasermaterial **12** zugewandte Seite der Fließhilfe **40** (zweite Lage **46**) kann so beschaffen sein, dass sie bei normalen Umgebungsbedingungen (z. B. Raumtemperatur und max. 1 bar Druck-

differenz) nicht für das Harz durchlässig ist, sondern erst bei Überschreiten eines bestimmten Differenzdruckes und/oder einer bestimmten Temperatur (d. h. Unterschreiten einer gewissen Viskosität des zugeführten Harzmaterials) durchlässig wird. Dies kann durch entsprechende Ausgestaltung des Auslasses **50**, also geeignete Dimensionierung und Anordnung von Perforationslöchern und/oder z. B. einer mikroporösen Struktur des verwendeten Lagen- bzw. Folienmaterials eingestellt werden. Ferner kann die Schaffung der Durchlässigkeit durch ein "Schmelzen eines Siegels", z. B. vergleichsweise niedrig schmelzender Bereiche der zweiten Lage **46** realisiert werden.

**[0068]** Abweichend vom dargestellten Ausführungsbeispiel könnte zwischen der Fließhilfe **40** und dem Fasermaterial **12** auch eine perforierte Trennfolie und/oder ein so genanntes Abreißgewebe eingelegt sein, um nach Fertigstellung des Faserverbundbauteils die Fließhilfe **40** leichter wieder von dem Faserverbund trennen zu können.

**[0069]** Alternativ kann die Fließhilfe **40** zumindest an der bei dem Herstellungsprozess dem Fasermaterial **12** zugewandten Seite trennende Eigenschaften aufweisen, z. B. durch eine geeignete Oberflächenbehandlung bzw. Beschichtung der zweiten Lage **46**.

**[0070]** Abweichend vom dargestellten Beispiel ist außerdem denkbar, dass die Fließhilfe **40** bzw. deren beiden Lagen **44**, **46** aus einem Material bestehen, das vom verwendeten Harz angelöst wird bzw. sich in diesem Harz auflöst, um das Material der Fließhilfe **40** gewissermaßen als oberflächliches Material des fertigen Faserverbundbauteils zu nutzen, etwa um eine Modifikation der Harzeigenschaften an der Bauteiloberfläche zu bewirken.

**[0071]** Bei der nachfolgenden Beschreibung von weiteren Ausführungsbeispielen werden für gleich wirkende Komponenten die gleichen Bezugszahlen verwendet, jeweils ergänzt durch einen kleinen Buchstaben zur Unterscheidung der Ausführungsform. Dabei wird im Wesentlichen nur auf die Unterschiede zu dem bzw. den bereits beschriebenen Ausführungsbeispielen eingegangen und im Übrigen hiermit ausdrücklich auf die Beschreibung vorangegangener Ausführungsbeispiele verwiesen. Jeweils vorteilhafte Besonderheiten der einzelnen Ausführungsbeispiele lassen sich auch miteinander kombinieren.

**[0072]** **Fig. 3** ist eine der **Fig. 1** entsprechende Darstellung zur Veranschaulichung eines weiteren Ausführungsbeispiels. Abgesehen von der etwas modifizierten Formgestaltung von Werkzeughälften **22a**, **24a** eines Formwerkzeuges **20a** besteht ein weiterer Unterschied gegenüber dem Beispiel gemäß der **Fig. 1** und **Fig. 2** darin, dass bei einer verwendeten Fließhilfe **40a** eine der beiden Lagen **44a**, **46a**, hier z. B. die erste Lage **44a** sich über den Randbereich

der Fließhilfe, an welchem die beiden Lagen **44a**, **46a** miteinander verbunden sind, hinaus erstreckt und lateral außerhalb des Randes des Fasermaterials **12a** zu der unteren Werkzeughälfte **22a** hin luftdicht abgedichtet wird.

**[0073]** Dies besitzt den Vorteil, dass in einem ersten Stadium des Infiltrationsverfahrens durch Absaugen der Luft über einen in diesem Werkzeugteil **22a** ausgebildeten Luftabfuhrkanal **32** sich die Fließhilfe **40** an das Fasermaterial **12** anlegt und dieses somit fixiert bzw. kompaktiert. Die obere Werkzeughälfte **24a** kann in diesem Stadium in einem gewissen Abstand über dem Aufbau angeordnet sein (erste Werkzeugstellung), so dass für die nachfolgende Harzinjektion in die Fließhilfe **40a** hinein auch in Betracht kommt, diese Injektion nicht wie in **Fig. 3** symbolisiert über einen Harzzufuhrkanal **30** der oberen Werkzeughälfte **24a** bzw. einen dort hindurch verlaufenden Harzzufuhrschlauch **42a** zu bewerkstelligen, sondern über einen durch einen "Injektionsspalt" zwischen den Werkzeugteilen **22a**, **24a** hindurchverlegten Harzzufuhrschlauch **42a** (nicht dargestellt).

**[0074]** Durch das Einspritzen von Harz in den Fließraum **48a** der Fließhilfe **40a** hebt sich die obere (erste) Lage der Fließhilfe **40a**, bis diese an der oberen Werkzeughälfte **24a** anliegt. Das Harz verteilt sich wieder rasch im Fließraum **48**, ohne sogleich unerwünschte Faserverschiebungen im Fasermaterial **12** zu bewirken.

**[0075]** Anschließend wird das Werkzeug **20a** von der ersten Werkzeugstellung (**Fig. 3**) in eine zweite Werkzeugstellung mit verkleinerter Kavität **26** verstellt, um das Harz aus der Fließhilfe **40a** vertikal in das Fasermaterial **12** hineinzudrücken.

**[0076]** Während das Verfahren gemäß der **Fig. 1** und **Fig. 2** als modifiziertes Spritzpressen (RTM-Verfahren) bezeichnet werden kann, weist das Verfahren gemäß **Fig. 3** durch die Nutzung der ersten Lage **44a** auch als so genannte "Vakuumschicht" Eigenschaften eines so genannten Vakuum-Infusions-Verfahrens auf.

**[0077]** Abweichend vom Beispiel gemäß **Fig. 3**, bei welchem eine in dem Sinne vorgefertigte Fließhilfe **40a** verwendet wird, als deren Lagen **44a**, **46a** bereits bei der Herstellung der Fließhilfe **40a** miteinander verbunden wurden, könnten auch zwei separate Lagen (z. B. Folien) in das Werkzeug **20a** eingelegt und lateral außerhalb des Fasermaterialrandes gemeinsam zum Werkzeug **20a** hin abgedichtet werden. In diesem Fall würde das "Miteinanderverbinden der Lagen in einem Randbereich der Fließhilfe" also erst in der Verwendungssituation geschehen. Bei dem Beispiel gemäß **Fig. 3** könnten also z. B. zwei derartige separate Lagen **44a**, **46a** beide bis an den Rand der unteren Werkzeughälfte **22a** geführt und

dort luftdicht abgedichtet werden. Dies beispielsweise wieder unter Verwendung einer Dichtung **28a** wie in **Fig. 3** dargestellt, oder z. B. durch eine temporäre Verklebung der beiden Lagen **44a**, **46a** miteinander und mit dem Rand der Werkzeughälfte **22a**.

**[0078]** **Fig. 4** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer bei den hier beschriebenen Vorrichtungen bzw. Verfahren einsetzbaren Fließhilfe **40b**, die dreilagig aufgebaut ist, nämlich aus einer harzdichten ersten Lage **44b**, einer einen Auslass **50b** bereitstellenden zweiten Lage **46b** und zusätzlich einer dritten harzdichten und luftdichten Lage **52b**, die über der ersten Lage **44b** angeordnet und am Rand mit dieser verbunden ist. Für die nachfolgende beschriebene Funktionsweise der Fließhilfe **40b** ist ferner noch wesentlich, dass die erste Lage **44b** zwar harzdicht, jedoch luftdurchlässig ist. Im Gesamtaufbau bildet die erste Lage **44b** somit gewissermaßen eine den Innenraum der Fließhilfe **40b** in zwei Kammern aufteilende "semipermeable Membran" (harzundurchlässig, luftdurchlässig). Die Fließhilfe **40b** umfasst dann zwei Kammern, nämlich eine in **Fig. 4** untere, "harzführende" und dem Fasermaterial **12b** zugewandte Kammer und eine darüber, in **Fig. 4** oben angeordnete, nachfolgend als "Vakuumschicht" bezeichnete Kammer.

**[0079]** Die harzführende Kammer verfügt (wie bei den zuvor bereits beschriebenen Beispielen) über mindestens einen Harzzufuhranschluss bzw. z. B. Harzzufuhrschlauch **42b**. Die Vakuumschicht verfügt ebenfalls über mindestens einen Anschluss, hier einen Luftabfuhrschlauch **54b**.

**[0080]** Die Imprägnierung des Fasermaterials **12b** unter Einsatz der Fließhilfe **40b** kann wie folgt durchgeführt werden:

Nachdem das Fasermaterial **12b** mit der darüber angeordneten Fließhilfe **40b** in das betreffende Formwerkzeug (in **Fig. 4** nicht dargestellt) eingelegt wurde, wird über den Luftabfuhrschlauch **54b** die Vakuumschicht evakuiert. Durch die "semipermeable Membran" (erste Lage **44b**) und die darunter liegende, dem Fasermaterial **12b** zugewandte bzw. auf diesem aufliegende, den Auslass **50b** (z. B. Perforation) bereitstellende zweite Lage **46b** wird somit auch das noch trockene Fasermaterial **12b** im betreffenden Raum der Werkzeugkavität evakuiert. Dies gelingt z. B. sowohl bei einem Einsatz in einem Werkzeug **20** gemäß der **Fig. 1** und **Fig. 2** als auch bei Einsatz in einem Werkzeug **20a** gemäß **Fig. 3** (bei entsprechender Modifikation der Fließhilfe **40b**). Insbesondere kann somit die Fließhilfe **40b** auch so wie für eine Modifikation des Beispiels gemäß **Fig. 3** bereits beschrieben eingesetzt werden, nämlich mit einer Abdichtung der drei Lagen **44b**, **46b**, **52b** miteinander und zur unteren Werkzeughälfte hin, um das Evakuieren des Fasermaterials **12b** gegebenenfalls auch bei noch geöffneten Werkzeug durchführen zu können.



**[0081]** Sodann wird über den Harzzufuhrschlauch **42b** der harzführenden Kammer die erforderliche Menge an Harz in den Fließraum **48b** der Fließhilfe **40b** zugeführt. Dabei kann ein in der Vakuumkammer weiterhin anliegendes Vakuum das Entgasen des unterhalb der Membran (erste Lage **44b**) vorbeiströmenden Harzes unterstützen.

**[0082]** Sobald ausreichend Harz injiziert wurde, wird das verwendete Formwerkzeug geschlossen (Verstellung von der ersten zur zweiten Werkzeugstellung). Dadurch wird das in der harzführenden Kammer befindliche Harzmaterial durch den Auslass **50b** der zweiten Lage **46b** aus der Fließhilfe **40b** heraus in das Fasermaterial **12b** hinein gepresst. Die semi-permeable Membran **44b** sperrt hierbei für das Harz und es dringt (im Idealfall) kein Harz in die Vakuumkammer ein.

**[0083]** Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer im Rahmen der Erfindung einsetzbaren Fließhilfe **40c**, umfassend wieder eine harzdichte erste Lage **44c** und eine einen Auslass **50c** bereitstellende zweite Lage **46c**.

**[0084]** Abweichend von den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen ist eine weitere Lage **60c** wie in Fig. 5 dargestellt derart an der Fließhilfe **40c** angebunden, dass damit ein Fasermaterial **12c** an der Fließhilfe **40c** angebunden wird, und zwar in einer Kammer, welche zwischen der zweiten Lage **46c** und der weiteren Lage **60c** gebildet bzw. von diesen beiden Lagen **46c**, **60c** umschlossen wird. Ein Randbereich der weiteren Lage **60c** ist hierfür umlaufend z. B. mit einem über den Rand der Fließhilfe **40c** lateral überstehenden Abschnitt der ersten Lage **44c** verbunden.

**[0085]** Bei dieser Ausführung kann ein in einer Folie versiegeltes Fasermaterial (z. B. Preform) **12** eingesetzt werden, wobei das Fasermaterial **12** passend konfektioniert bereits zusammen mit der Fließhilfe **40c** bereitgestellt wird. Die in Fig. 5 "obere Kammer" (zwischen den Lagen **44c** und **46c**) bildet einen Fließraum **48c** und ist mit einem Harzzufuhranschluss bzw. Harzzufuhrschlauch **42c** versehen, wohingegen die in Fig. 5 "untere Kammer" (zwischen den Lagen **46c** und **60c**) mit einem Luftabfuhranschluss bzw. Luftabfuhrschlauch **54c** versehen ist. Die genannten Anschlüsse sind jeweils bevorzugt verschließbar ausgestaltet.

**[0086]** Zur Vorbereitung der Faserverbundherstellung kann der in Fig. 5 dargestellte Aufbau gewünschtenfalls somit mit vorvakuumiertem Fasermaterial **12c** und/oder mit bereits vorgesehener Harzfällung (der "oberen Kammer") bereitgestellt werden, und bei Bedarf mit einem Formwerkzeug der bereits beschriebenen Art weiterverarbeitet werden. Alternativ kann das Vakuumieren und/oder die Harzzufuhr

in den Fließraum **48c** der Fließhilfe **40c** auch erst im Werkzeug erfolgen, z. B. wie ebenfalls bereits für die vorangegangenen Beispiele beschrieben.

**[0087]** Beim Schließen des Werkzeuges wird dann aufgrund des Druckaufbaus in Dickenrichtung eine Fließfähigkeit durch die Lage **46c** hindurch erzeugt und das Harz somit in das Fasermaterial **12c** hineingedrückt.

**[0088]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren können besonders vorteilhaft z. B. zur Herstellung eines plattenförmigen oder schalenförmigen Faserverbundbauteils verwendet werden, wie bereits mit den vorangegangenen Ausführungsbeispielen veranschaulicht. Insbesondere kann die Erfindung auch zur Herstellung von so genannten Sandwichbauteilen eingesetzt werden, bei welchen z. B. die zwei Sandwich-Deckschichten als Faserverbund und ein dazwischen angeordneter Sandwich-Kern aus einem wahlweise auch anderen Material (z. B. Schaumstoff oder z. B. wabenförmige formgestaltete Struktur aus Papier, Kunststoff etc.) ausgebildet sein kann. Nachfolgend werden mit Bezug auf die Fig. 6 und Fig. 7 zwei beispielhafte Herstellungsverfahren für derartige Sandwichbauteile beschrieben.

**[0089]** Fig. 6 zeigt einen zur Herstellung eines Sandwichbauteils vorgesehenen Aufbau aus einem Wabenkern **70d** und zwei daran anzubindenden Deckschichten in Form eines ersten Fasermaterials **12d-1** und eines zweiten Fasermaterials **12d-2**. Die Fasermaterialien **12d-1** und **12d-2**, nachfolgend einzeln oder zusammen auch als "Fasermaterial **12d**" bezeichnet, werden zunächst im noch trockenen Zustand zusammen mit zwei wie in Fig. 6 dargestellt angeordneten Fließhilfen **40d-1** und **40d-2** in das betreffende Formwerkzeug (nicht dargestellt) eingelegt.

**[0090]** Die Fließhilfen **40d-1**, **40d-2** besitzen in diesem Beispiel denselben Aufbau und dieselbe Funktion wie z. B. die bereits im Zusammenhang mit den Beispielen gemäß der Fig. 1 bis Fig. 3 beschriebenen Fließhilfen.

**[0091]** Die Herstellung des Sandwichbauteils durch Infiltrieren der Fasermaterialien **12d** unter Einsatz der Fließhilfen **40d** erfolgt im Prinzip genauso wie bereits bei den Beispielen gemäß der Fig. 1 bis Fig. 3 beschrieben, so dass sich hier eine detaillierte Erläuterung erübrigt. Es sei lediglich angemerkt, dass aufgrund der "doppelten Anordnung" von Fasermaterialien **12d** und Fließhilfen **40d** in der "ersten Werkzeugstellung" zusätzlicher Raum für zwei harzgefüllte Fließhilfen in der Kavität des Werkzeuges bereitgestellt werden muss und die Zufuhr von Harz ebenfalls doppelt ausgeführt sein muss. Bei Verwendung eines Werkzeuges der in den Fig. 1 bis Fig. 3 dargestellten Art könnte hierfür z. B. die jeweils untere

Werkzeughälfte mit einem weiteren Harzzufuhrkanal (zum Durchtritt des weiteren Harzzufuhrschlauches der zweiten Fließhilfe **40d-2**) versehen werden. Außerdem könnte ein Luftabfuhrkanal des Werkzeuges in diesem Fall zweckmäßigerweise z. B. in lateraler Richtung aus der Kavität heraus (durch wenigstens eines der Werkzeigteile) verlaufen.

**[0092]** Bei dem in **Fig. 6** gezeigten Beispiel ist vorgesehen, dass nach der Verstellung des Werkzeuges in dessen "zweite Werkzeugstellung", und nachfolgender Aushärtung des Harzes in den Fasermaterialien **12d** die Fließhilfen **40d** wieder vom fertigen Bauteil getrennt (und z. B. entsorgt oder wiederverwendet) werden. Ein in dieser Hinsicht anderes Beispiel veranschaulicht **Fig. 7**.

**[0093]** **Fig. 7** zeigt einen dem Beispiel gemäß **Fig. 6** ähnlichen Aufbau zur Herstellung eines Faserverbund-Sandwichbauteils, wobei abweichend vom Beispiel gemäß **Fig. 6** zwei Fließhilfen **40e-1** und **40e-2** nicht als äußerste Schichten des in das Formwerkzeug einzubringenden Konstruktes vorgesehen sind und nach erfolgter Bauteilherstellung vom Bauteil wieder getrennt werden, sondern wie in **Fig. 7** dargestellt jeweils zwischen einem der Faserverbundmaterialien **12e-1**, **12e-2** und dem Kern **70e** des Sandwichaufbaus zwischengefügt werden, so dass diese Fließhilfen **40e** nach Fertigstellung des Sandwichbauteils als integrale Komponenten in dem fertigen Bauteil verbleiben.

**[0094]** Dies kann unter Umständen z. B. von Vorteil sein, wenn durch entsprechende Wahl des Materials der Fließhilfen **40e** damit eine entsprechende Modifikation der Grenzflächen zwischen dem Kern **70e** und den Deckschichten **12e** im fertigen Bauteil erzielt werden soll. Wenn das Material bzw. die Materialien der Fließhilfen **40e-1** und **40e-2** sich im Harz auflösen, so kann damit z. B. eine geeignete Modifikation der Eigenschaften der Anbindung der Sandwich-Decklagen an den Sandwich-Kern bewirkt werden.

**[0095]** Bei dem Beispiel gemäß **Fig. 7** kann auch vorgesehen sein, dass die Fließhilfen **40e-1**, **40e-2** jeweils beidseitig Auslässe zum Ausleiten von Harz aus den jeweiligen Fließräumen **48e-1** bzw. **48e-2** bereitstellen, um sowohl die Sandwich-Decklagen (Fasermaterialien **12e-1** und **12e-2**) als auch, zumindest teilweise, den Sandwich-Kern (z. B. bei Ausbildung aus Papier oder dergleichen) zu infiltrieren oder zu benetzen.

**[0096]** Insbesondere z. B. bei Verwendung von offenzelligen oder offenporigen Materialien für den Sandwich-Kern **70e** kann es aber auch vorteilhaft sein, wenn die dem Kern **70e** benachbarten ersten Lagen **44e-1**, **44e-2** keinen Auslass zum Ausleiten von Harz in den Kern **70e** bereitstellen, sondern vielmehr auf ihren dem Kern **70e** zugewandten Seiten

mit einem Klebstoff, insbesondere z. B. vernetzenden Klebstoff beschichtet sind, um damit die Anbindung an den Kern **70e** zu bewerkstelligen.

**[0097]** **Fig. 8** zeigt nochmals ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei welchem ähnlich dem Beispiel gemäß **Fig. 5** ein Konstrukt in das betreffende Formwerkzeug eingebracht wird oder in dem betreffenden Formwerkzeug geschaffen (aufgebaut) wird, welches ein Fasermaterial **12f** bereits mit einer zugeordneten Fließhilfe **40f** verbunden aufweist.

**[0098]** Die Fließhilfe **40f**, sei sie leer oder bereits mit Harz gefüllt (über einen Harzzufuhrschlauch **42f**) ist im dargestellten Beispiel zusammen mit dem Fasermaterial **12f** von einem Folienbeutel **62f** umschlossen, der mit einem Luftabfuhrschlauch **54f** versehen ist.

**[0099]** Der Einsatz des in **Fig. 8** dargestellten kombinierten Fließhilfe-Fasermaterial-Aufbaus im Rahmen der Erfindung kann dann analog dem für das Beispiel gemäß **Fig. 5** bereits beschriebenen Einsatz erfolgen.

**[0100]** **Fig. 9** zeigt ein noch weiteres Beispiel eines kombinierten Fließhilfe-Fasermaterial-Aufbaus, ähnlich dem in **Fig. 5** gezeigten Aufbau.

**[0101]** Der Unterschied zum Beispiel gemäß **Fig. 5** besteht darin, dass eine zweite Lage **46g** einer Fließhilfe **40g** anfänglich noch nicht durchlässig für Harz ist, sondern erst später (im Formwerkzeug) mittels innerhalb eines Fließraumes **48g** vorgesehenen Perforationsorganen, hier Perforationsstacheln **80g**, perforiert wird. Die Bereitstellung eines Auslasses zum Ausleiten von Harz aus dem Fließraum **48g** heraus in das Fasermaterial **12g** hinein erfolgt also durch die zweite Lage **46g** in Zusammenarbeit mit den Perforationsstacheln **80g**.

**[0102]** Der Einsatz des in **Fig. 9** gezeigten kombinierten Fließhilfe-Fasermaterial-Aufbaus erfolgt ähnlich wie bei dem Beispiel gemäß **Fig. 5**, wobei beim Verstellen des betreffenden Werkzeuges aus der ersten Werkzeugstellung in die zweite Werkzeugstellung die Perforationsstacheln **80g** mit ihren Spitzen die zweite Lage **46g** perforieren, so dass das Harz in das Fasermaterial **12g** geleitet wird.

**[0103]** In einer Weiterbildung des Infiltrationsverfahrens unter Einsatz des in **Fig. 9** gezeigten Aufbaus erfolgt die erwähnte Werkzeugverstellung zunächst ein Mal oder mehrere Male ohne Harzfällung des Fließraumes **48g**, um die Perforation auszubilden, und erst danach die Zufuhr von Harz über einen Harzzufuhrschlauch **42g** in den Fließraum **48g** und schließlich eine weitere Werkzeugverstellung von der ersten in die zweite Werkzeugstellung.

**[0104]** Mit den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen sind vorteilhafte Vorrichtungen und Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen in einem durch Einsatz einer besonderen Fließhilfe modifizierten RTM-Verfahren (d. h. in einem geschlossenen Werkzeug) bereitgestellt. Die Verteilung des Matrixmaterials (Harz) und die Imprägnierung des Fasermaterials können vorteilhaft besonders rasch durchgeführt werden. Die Gefahr von unerwünschten Faserverschiebungen auch bei hohen Injektionsdrücken bzw. Volumenströmen des zugeführten Matrixmaterials ist hierbei erheblich verringert.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Infiltrieren von Fasermaterial (12) mit Harz zur Herstellung eines Faserverbundbauteils, umfassend ein Formwerkzeug (20) mit einer von mindestens zwei Werkzeugteilen (22, 24) umschlossenen Kavität (26),

wobei das Formwerkzeug (20) für eine Relativverstellung der mindestens zwei Werkzeugteile (22, 24) ausgebildet ist, derart, dass in einer ersten Werkzeugstellung innerhalb der Kavität (26) Raum zur Aufnahme des Fasermaterials (12) und zusätzlicher Raum zur Aufnahme von Harz bereitstellbar ist und die Kavität (26) durch eine Verstellung des Formwerkzeuges (20) von der ersten Werkzeugstellung in eine zweite Werkzeugstellung verkleinerbar ist,

**dadurch gekennzeichnet**, dass in der Kavität (26) eine Fließhilfe (40) vorgesehen ist, umfassend zumindest eine erste Lage (44) und eine zweite Lage (46), die in einem Randbereich der Fließhilfe (40) miteinander verbunden sind, um einen Fließraum (48) zu umschließen, wobei die erste Lage (44) harzdicht ist, wohingegen die zweite Lage (46) einen Auslass (50) zum Ausleiten von Harz aus dem Fließraum (48) heraus in das Fasermaterial (12) hinein bereitstellt, und wobei der Fließraum (48) der Fließhilfe (40) mit Harz gefüllt ist und/oder die Fließhilfe (40) einen Einlass (42) zur Zufuhr von Harz in den Fließraum (48) aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Auslass (50) der zweiten Lage (46) durch eine Perforation in der zweiten Lage (46) und/oder eine materialbedingte Harzdurchlässigkeit der zweiten Lage (46) bereitgestellt ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend Harzzufuhrmittel (30, 42) zur Zufuhr von Harz in den Fließraum (48) der Fließhilfe (40).

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend Luftabfuhrmittel (32, 54) zur Abfuhr von Luft aus der Kavität (26).

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Lage (44) der Fließhilfe (40)

harzdicht, jedoch luftdurchlässig ist und die Fließhilfe (40) ferner eine dritte Lage (52) umfasst, die harzdicht und luftdicht ist und auf der von der zweiten Lage (46) abgewandten Seite der ersten Lage (44) angeordnet und im Randbereich der Fließhilfe (40) mit der ersten Lage (44) verbunden ist.

6. Verfahren zum infiltrieren von Fasermaterial (12) mit Harz zur Herstellung eines Faserverbundbauteils, umfassend:

– Anordnen des Fasermaterials (12) in einer Kavität (26) eines Formwerkzeuges (20), bei welchem die Kavität (26) von mindestens zwei, relativ zueinander verstellbaren Werkzeugteilen (22, 24) umschlossen wird,

– Verstellen des Formwerkzeuges (20) von einer ersten Werkzeugstellung, in welcher innerhalb der Kavität (26) Raum zur Aufnahme des Fasermaterials (12) und zusätzlicher Raum bereitgestellt wird, in eine zweite Werkzeugstellung, in welcher die Kavität (26) verkleinert ist, so dass bei dieser Verstellung Harz aus dem zusätzlichen Raum heraus in das Fasermaterial (12) hinein gedrückt wird,

**dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren ferner umfasst:

– Anordnen einer Fließhilfe (40) in dem zusätzlichen Raum der Kavität (26), wobei die Fließhilfe (40) zumindest eine erste Lage (44) und eine zweite Lage (46) umfasst, die in einem Randbereich der Fließhilfe (40) miteinander verbunden sind, um einen Fließraum (48) der Fließhilfe zu umschließen, wobei die erste Lage (44) harzdicht ist, wohingegen die zweite Lage (46) einen Auslass (50) zum Ausleiten von Harz aus dem Fließraum (48) heraus in das Fasermaterial (12) hinein bereitstellt, und wobei der Fließraum (48) der Fließhilfe (40) mit Harz gefüllt ist und/oder die Fließhilfe (40) einen Einlass (42) zur Zufuhr von Harz in den Fließraum (48) aufweist, und

– gegebenenfalls Zuführen von Harz in den Fließraum (48) der Fließhilfe (40),

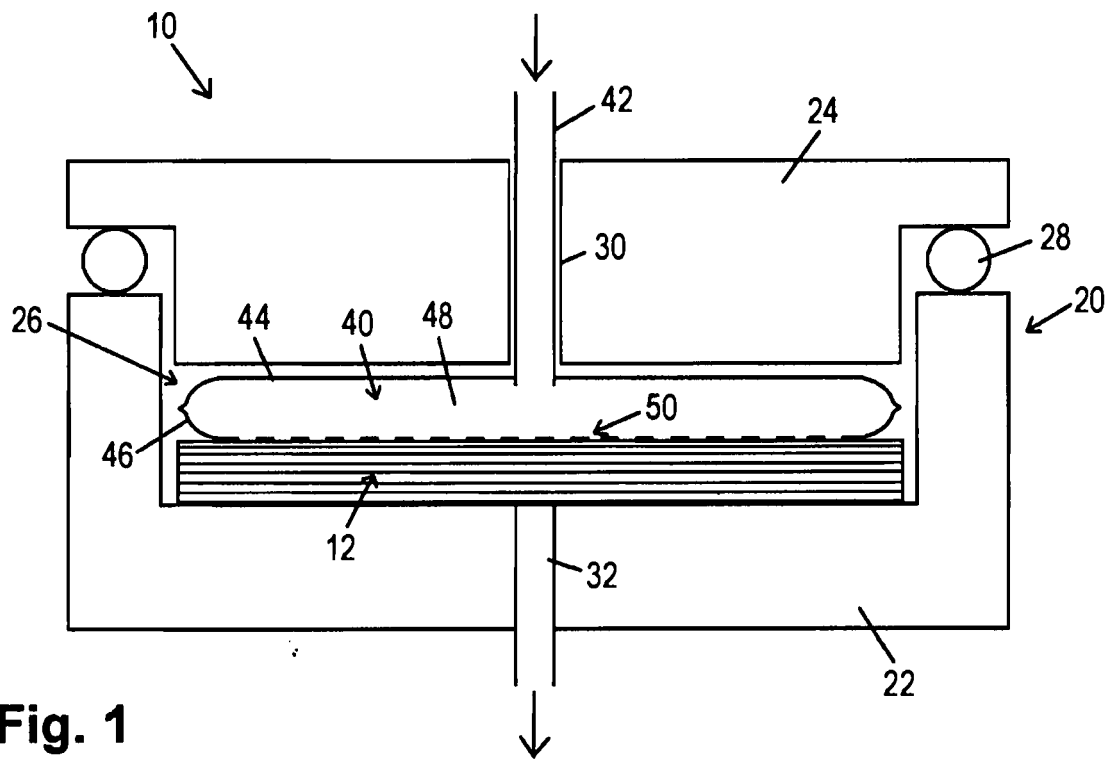
so dass bei der Verstellung des Formwerkzeuges (20) von der ersten Werkzeugstellung in die zweite Werkzeugstellung Harz aus dem Fließraum (48) der Fließhilfe (40) heraus in das Fasermaterial (12) hinein gedrückt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei zunächst das Fasermaterial (12) und die Fließhilfe (40) in der Kavität (26) des Formwerkzeuges (20) angeordnet werden, danach mittels Harzzufuhrmitteln (30, 42) der Vorrichtung (10) eine Zufuhr von Harz in den Fließraum (48) der Fließhilfe (40) erfolgt, und schließlich die Kavität (26) durch eine Verstellung des Formwerkzeuges (20) von der ersten Werkzeugstellung in die zweite Werkzeugstellung verkleinert wird, so dass durch diese Verstellung Harz aus dem Fließraum (48) heraus über den von der zweiten Lage (46) bereitgestellten Auslass (50) heraus in das Fasermaterial (12) hinein gedrückt wird.

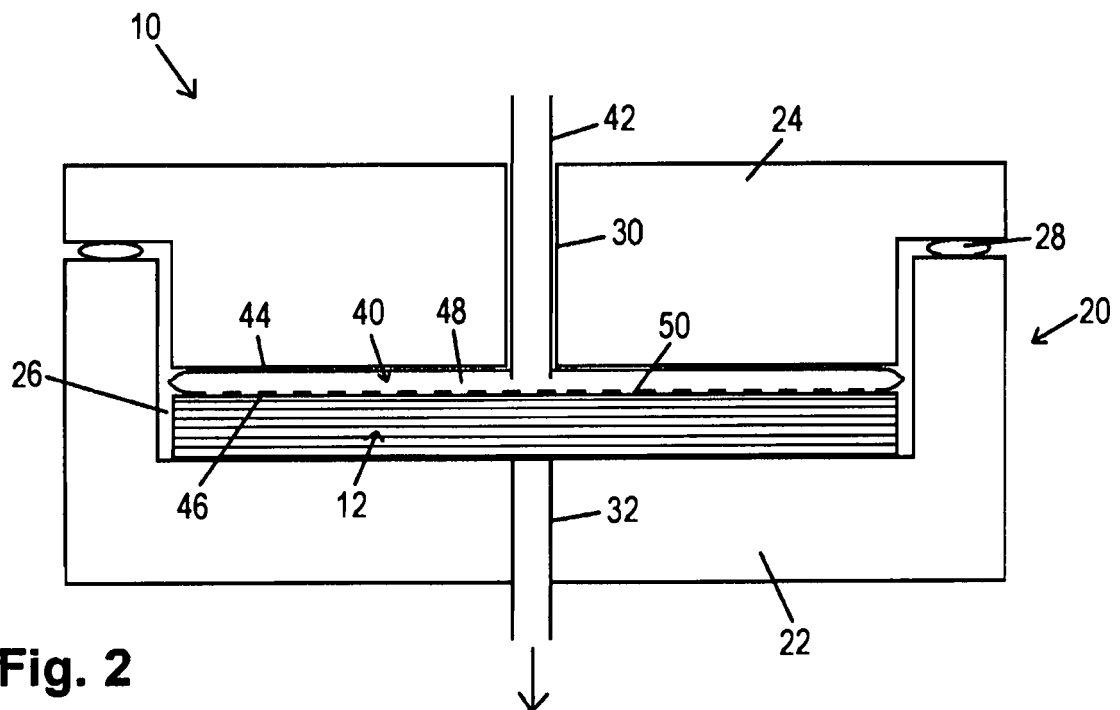
8. Verwendung einer Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und/oder eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 6 bis 7 zum Infiltrieren von Fasermaterial (**12**) mit Harz zur Herstellung eines plattenförmigen oder schalenförmigen Faserverbundbauteils.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

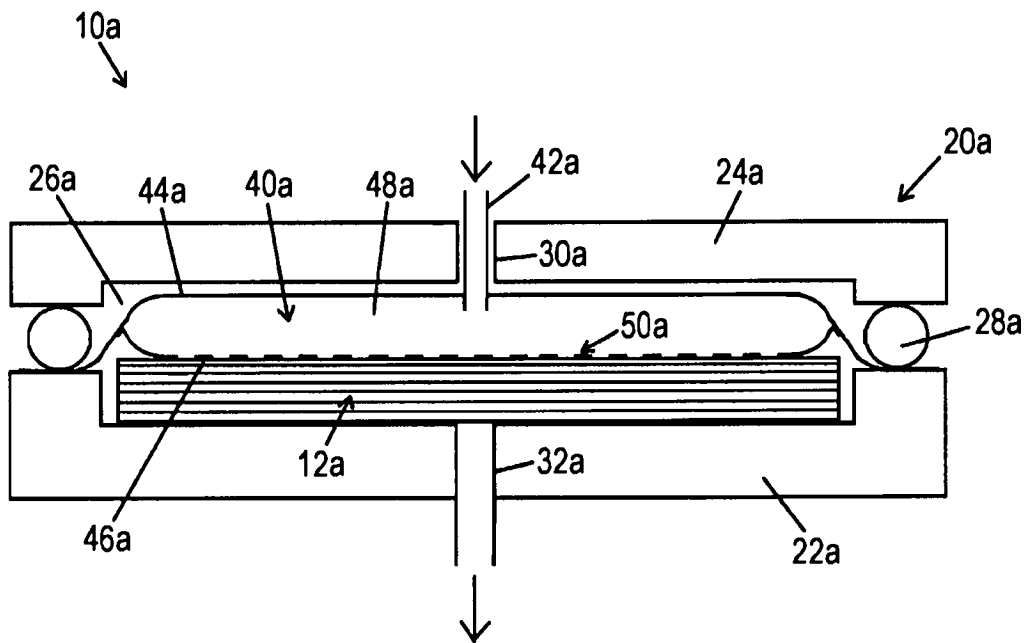
Anhängende Zeichnungen



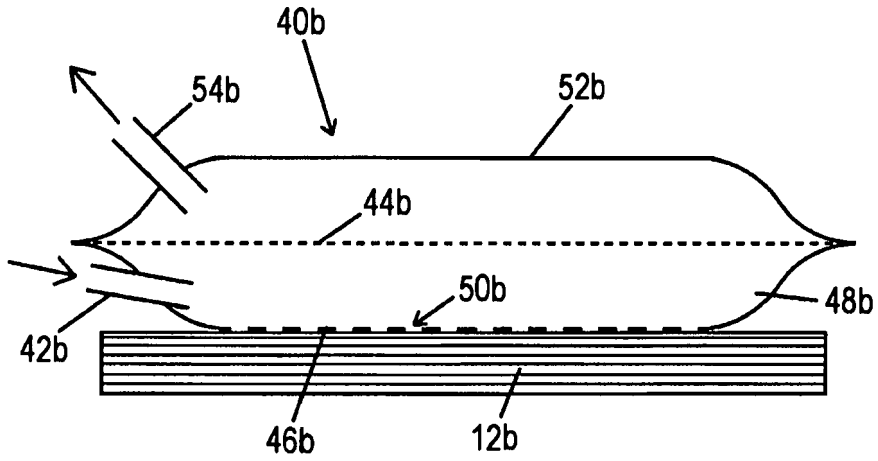
**Fig. 1**



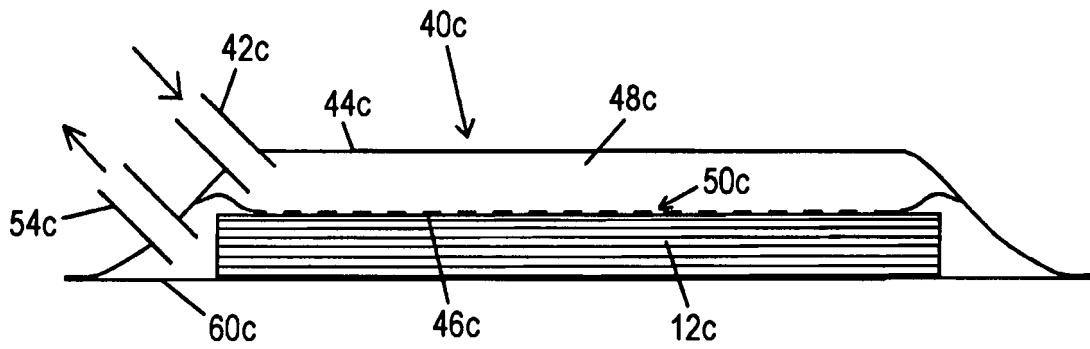
**Fig. 2**



**Fig. 3**



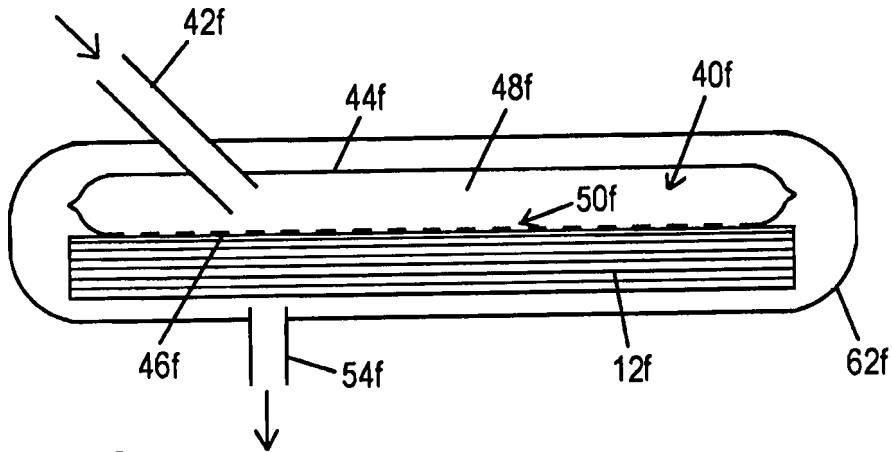
**Fig. 4**



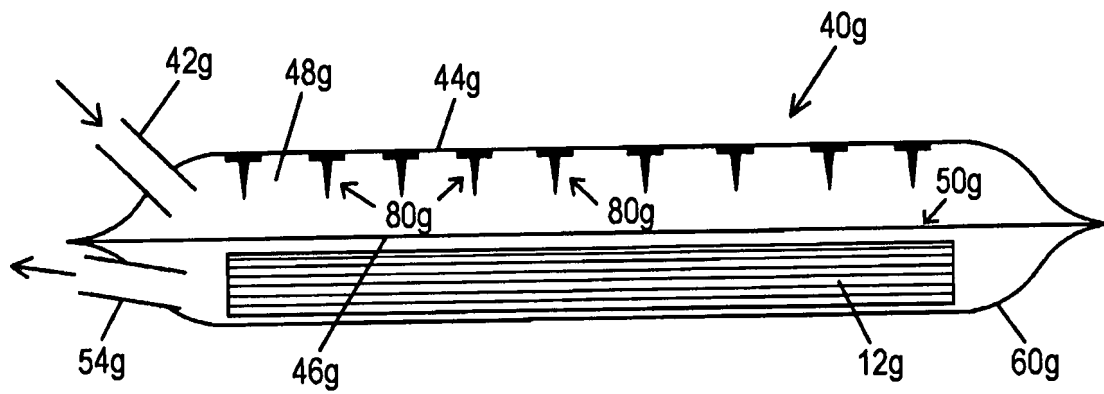
**Fig. 5**







**Fig. 8**



**Fig. 9**