

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. September 2017 (08.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/148997 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B29C 33/50 (2006.01) *B29C 70/34* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/054739
- (22) Internationales Anmeldedatum:
1. März 2017 (01.03.2017)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2016 103 977.2 4. März 2016 (04.03.2016) DE
- (71) Anmelder: **KTM TECHNOLOGIES GMBH** [AT/AT];
St. Leonharder Strasse 2, 5081 Salzburg/Anif (AT).
- (72) Erfinder: **WILHELM, Michael**; Ringstrasse 23, 84048 Mainburg (DE). **LOCHNER, Hans**; Berchtesgadener Strasse 93, 83486 Ramsau (DE).
- (74) Anwalt: **BERGMEIER, Werner**; Friedrich-Ebert-Strasse 84, 85055 Ingolstadt (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MOULD CORE COMPRISING EXPANSION MATERIAL

(54) Bezeichnung : FORMKERN MIT EXPANSIONSMATERIAL

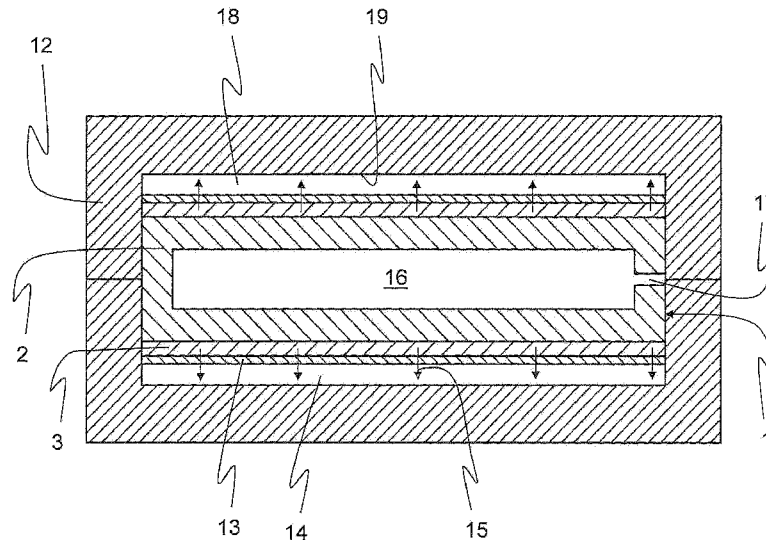


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a mould core for producing a fibre-reinforced component, particularly an undercut and/or hollow component, comprising a support core (2) that provides a basic shape for the mould core (1), and a coating in at least one surface region (4). According to the invention, the coating comprises an expansion material (3) that expands when the temperature rises such that, as the component is being produced, reinforcing fibres (13) can be pressed against an inner side (19) of a moulding tool (12).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/148997 A1

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft einen Formkern zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines Hinterschnitt-und/oder Hohlbauteils, mit einem Stützkern (2), der eine Grundform des Formkerns (1) vorgibt, und mit einer in zumindest einem Oberflächenbereich (4) angeordneten Beschichtung. Erfindungsgemäß umfasst die Beschichtung ein Expansionsmaterial (3), das bei einer Temperaturerhöhung expandiert, so dass bei der Herstellung des Bauteils Verstärkungsfasern (13) an eine Innenseite (19) eines Formwerkzeugs (12) pressbar sind.

Formkern mit Expansionsmaterial

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Formkern zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, mit einem Stützkern, der eine Grundform des Formkerns vorgibt, und mit einer in zumindest einem Oberflächenbereich des Stützkerns angeordneten Beschichtung, die ein Expansionsmaterial umfasst, das bei einer Temperaturerhöhung expandiert, so dass bei der Herstellung des Bauteils Verstärkungsfasern an eine Innenseite eines Formwerkzeugs pressbar sind. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Herstellungsverfahren für einen derartigen Formkern zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, bei welchem ein Stützkern zumindest in einem Oberflächenbereich beschichtet wird. Auch bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, bei welchem ein Formkern und eine Matrix mit Verstärkungsfasern in ein Formwerkzeug eingebracht werden, so dass die Matrix mit den Verstärkungsfasern zwischen dem Formkern und dem Formwerkzeug angeordnet sind, und die Matrix mittels einer Temperatur- und/oder Druckerhöhung ausgehärtet wird.

Aus der DE 10 2013 106 876 A1 ist ein Formkern zum Formen von faserverstärkten Strukturhohlbauteilen bekannt. Dieser umfasst einen Stützkern, der durch ein festes Granulat und ein wasserlösliches Bindemittel zum Binden des Granulats gebildet ist. Dabei ist das wasserlösliche Bindemittel durch einen wasserlöslichen Thermoplast gebildet und der Stützkern ist von einer Mantelschicht wenigstens teilweise umgeben. Nachteilig bei einem derartigen Formkern ist es, dass der Formkern im Wesentlichen die Größe eines Hohlraums eines Formwerkzeuges aufweist, in dem das Strukturhohlbauteil gebildet wird. Dies führt zu Problemen beim Einbringen des Formkerns in

das Formwerkzeug. Der Formkern kann beim Schließen des Formwerkzeugs eingequetscht oder zwischen den Formwerkzeughälften eingeklemmt werden. Dies kann zu einem Ausschuss oder zumindest zu Fehlern an den Strukturhohlbauteilen führen. Gleiches Problem kann nicht nur bei Hohlbauteilen, sondern auch bei Hinterschnittbauteilen, insbesondere Strukturhinterschnittbauteilen, auftreten.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, diesen Nachteil zu beseitigen.

Die Aufgabe wird gelöst durch einen Formkern zur Herstellung eines Bauteils, insbesondere eines, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, ein Herstellungsverfahren für den Formkern sowie ein Verfahren zur Herstellung des faserverstärkten Bauteils mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche.

Vorgeschlagen wird ein Formkern zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils. Bei dem Bauteil handelt es sich somit vorzugsweise um ein Strukturhohlbauteil und/oder ein Strukturhinterschnittbauteil. Der Formkern umfasst einen Stützkern. Dieser gibt vorzugsweise eine Grundform des Formkerns vor. Außerdem umfasst der Formkern eine in zumindest einem Oberflächenbereich angeordnete Beschichtung. Die Beschichtung des Formkerns umfasst ein Expansionsmaterial, das bei einer Temperaturerhöhung expandiert. Vorzugsweise sind die bei der Herstellung aufgelegten Verstärkungsfasern über dem Expansionsmaterial angeordnet. Durch die Expansionseigenschaften drückt das Expansionsmaterial die Verstärkungsfasern somit vom Formkern weg nach außen und presst diese gegen die Innenseite des Formwerkzeugs, so dass die Verstärkungsfasern während der Herstellung des Bauteils, insbesondere des Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, die Kontur der Innenseite annehmen. Das Expansionsmaterial erstreckt sich von dem Oberflächenbereich des Stützkerns aus-

gehend zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, in sein Inneres hinein. Hierdurch kann vorteilhafterweise die Expansionswirkung und die Stabilität des Formkerns verbessert werden. Des Weiteren ist der Formkern hierdurch nicht so alterungsanfällig, so dass dieser ohne Qualitätseinbußen deutlich länger gelagert werden kann.

Des Weiteren kann der Formkern durch das Expansionsmaterial in seinem Volumen und/oder Abmessungen kleiner als das Formwerkzeug ausgebildet werden. D.h. wenn der Formkern in dem Formwerkzeug angeordnet ist, ist ein Abstand bzw. ein Spalt zwischen diesen beiden ausgebildet. Während der Temperaturerhöhung expandiert das Expansionsmaterial zumindest soweit, dass der Spalt zwischen Formkern und Formwerkzeug ausgeglichen wird und übt zusätzlich einen Expansionsdruck aus, der die Verstärkungsfasern an die Innenseite des Formwerkzeugs presst. Das Expansionsmaterial vergrößert dabei sein Volumen um das Expansionsvolumen. Das Expansionsvolumen ist die Differenz des Volumens des Expansionsmaterials nach und vor der Expansion. Durch die kleinere Ausbildung des Formkerns im Vergleich zum Formwerkzeug kann der Formkern ohne Beschädigung in das Formwerkzeug eingelegt werden. Außerdem wird ein Einquetschen während des Schließens des Formwerkzeugs verhindert.

Vorteilhaft ist es, wenn der Stützkern aus einem Stützmaterial ausgebildet ist, das ein Bindemittel und/oder ein Granulat umfasst. Das Granulat umfasst insbesondere einen mineralischen Grundstoff, wie beispielsweise ein Glas, eine Keramik und/oder ein Sand. Das Granulat mit dem Bindemittel kann dabei eine Porosität aufweisen, so dass zwischen dem Granulat und/oder dem Bindemittel Zwischenräume ausgebildet sind. Vorzugsweise ist das Expansionsmaterial zumindest in einem Teil der Zwischenräume der Porosität angeordnet. Die Zwischenräume dienen somit als Speicher für das Expansionsmaterial. Das Granulat umfasst eine Vielzahl an Granulatkörnern.

Die Granulatkörner, insbesondere die Sandkörnchen, die Glaspartikel und/oder die Keramikpartikel, weisen beispielsweise eine Korngröße von 0,05 mm bis 1,5 mm auf. Von der Korngröße kann die Porosität abhängig sein. Wenn die Granulatkörner beispielsweise größer sind, sind auch die Zwischenräume und somit die Porosität größer. Damit kann mehr Expansionsmaterial in den Zwischenräumen gespeichert werden. Bei einer Wahl der Größe der Granulatkörner kann somit auf die in den Zwischenräumen gespeicherte Menge Expansionsmaterial eingegangen werden.

Das Granulat und/oder das Bindemittel ist vorteilhafterweise temperaturbeständig, so dass das Granulat und/oder das Bindemittel bei der Temperaturerhöhung bei der Bildung des Bauteils nicht zersetzt wird.

Vorteilhaft ist es, wenn das Granulat und/oder das Bindemittel im Vergleich zum Expansionsmaterial einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, so dass das Granulat und/oder Bindemittel bei der Temperaturerhöhung nur unwesentlich, zumindest im Vergleich zu dem Expansionsmaterial, expandiert.

Des Weiteren ist es von Vorteil, wenn der Stützkern vollständig von dem Expansionsmaterial umschlossen ist. Dadurch kann die Expansionswirkung an der gesamten Oberfläche des Stützkerns erzielt werden.

Zusätzlich oder alternativ ist es von Vorteil, wenn sich das Expansionsmaterial von der Oberfläche in Richtung eines Kernbereichs des Stützkerns zumindest teilweise in diesen hineinerstreckt. Dabei kann der Stützkern auch vollständig von dem Expansionsmaterial durchtränkt sein. Zusätzlich oder alternativ ist es vorteilhaft, wenn der Stützkern vollständig mit dem Expansionsmaterial durchzogen ist, so dass der gesamte Stützkern ganzvolumig, d.h. im Umfang seines gesamten Volumens, aus einer das Granulat, das Bindemittel und das Expansionsmaterial umfassenden Materialeinheit ausgebildet ist. Dadurch ist eine größere Menge an Expansionsmaterial von

dem Stützkern aufgenommen, so dass das dessen Expansionsvolumen größer ist.

Vorteilhaft ist es, wenn der Stützkern in einem Rapid-Prototyping-Verfahren, insbesondere in einem 3D-Druckverfahren, hergestellt ist und/oder dass in dem Rapid-Prototyping-Verfahren neben dem Bindemittel auch das Expansionsmaterial auf und/oder in den Stützkern auf- und/oder eingebracht ist. Hierdurch kann der Formkern sehr schnell und kostengünstig hergestellt werden. Des Weiteren ist dessen Herstellung nicht ortsgebunden. Stattdessen können beispielsweise Geometrie- und/oder Zusammensetzungsdaten des Formkerns, insbesondere virtuell, zu einem Kunden geschickt werden, der den Formkern dann bei sich vor Ort an seiner eigenen Rapid-Prototyping-Vorrichtung, insbesondere einem 3D-Drucker, herstellen kann.

Ferner ist es von Vorteil, wenn das Expansionsmaterial ein Wachs, ein Silikon, ein Kunststoff, ein Fett und/oder eine niedrigschmelzende Legierung umfasst. Alternativ oder Zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn das Expansionsmaterial einen Zucker und/oder ein Salz umfasst. Der Kunststoff kann vorzugsweise als ein Elastomer ausgebildet sein. Ein derartiges Expansionsmaterial weist bei einer Temperaturerhöhung einen derartigen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, dass der Abstand zwischen Formkern und Formwerkzeug überwunden wird. Beispielsweise ist der Volumenausdehnungskoeffizient des Expansionsmaterials im Bereich zwischen $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ und $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$.

Ebenfalls ist es von Vorteil, wenn der oben erwähnte Wärmeausdehnungskoeffizient des Stützmaterials, insbesondere des Granulats und/oder des Bindemittels, kleiner als ein Wärmeausdehnungskoeffizient des Expansionsmaterials ist. Dabei kann der Wärmeausdehnungskoeffizient des Expansionsmaterials 20- bis 30-fach höher sein als der Wärmeausdehnungskoeffizient des Stützmaterials. Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Expansionsmaterials kann aber auch, insbesondere maximal, 150-fach höher sein.

Beispielsweise kann ein Granulat einen Volumenausdehnungskoeffizienten aufweisen, der im Bereich zwischen $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ und $30 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ aufweisen.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist es, wenn dem Expansionsmaterial ein erster Zusatzstoff zugemischt ist, der bei der Temperaturerhöhung den Expansionsdruck erhöht. Der erste Zusatzstoff kann beispielsweise ein physikalisches und/oder ein chemisches Treibmittel, insbesondere Wasser, umfassen, das sich bei der Temperaturerhöhung ebenfalls ausdehnt. Das physikalische Treibmittel ändert bei der Temperaturerhöhung beispielsweise seinen Aggregatzustand, wobei es beispielsweise verdampfen kann, so dass es den Expansionsdruck erhöht. Ein chemisches Treibmittel wandelt sich chemisch in andere Stoffe um. Beispielsweise bildet sich ein Gas, so dass der Expansionsdruck erhöht wird.

Zusätzlich oder alternativ kann das Expansionsmaterial auch ein zweiter Zusatzstoff zugemischt sein, mittels dem der Beginn der Expansion des Expansionsmaterials in Abhängigkeit der Temperatur und/oder des Drucks steuerbar ist. Der zweite Zusatzstoff kann beispielsweise einen Alkohol umfassen.

Ebenso ist es von Vorteil, wenn der Formkern auf seiner Außenseite zumindest im Bereich des Expansionsmaterials eine Trennschicht aufweist, die den Formkern nach außen versiegelt und die sich der Expansion des Expansionsmaterials anpasst. Die Trennschicht kann vorteilhafterweise elastisch sein, so dass die Trennschicht mit der Expansion des Expansionsmaterial ausdehnt. Die Trennschicht kann insbesondere ein Elastomer umfassen. Beispielsweise kann das Elastomer eine Silikon- und/oder Kunststoffschicht umfassen. Die Trennschicht versiegelt dabei den Formkern und insbesondere auch das Expansionsmaterial. Der Formkern kann dadurch beispielsweise gelagert werden, wobei die Trennschicht die Expansionsschicht und den Stützkern vor Abnutzung schützt. Die Trennschicht kann auch für die spätere Herstellung des Bauteils, insbesondere des Hinterschnitt- und/oder Hohlbau-

teils, vorteilhaft sein. Die Trennschicht sorgt beispielsweise für eine glatte Oberfläche des Formkerns.

Alternativ oder zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn das Expansionsmaterial matrixmaterialabstoßen, insbesondere harzabstoßend, ist, so dass sich dieses bei der Herstellung des Bauteils nicht mit der Matrix vermischt.

Von Vorteil ist es auch, wenn das Bindemittel, das Expansionsmaterial, der erste Zusatzstoff, der zweite Zusatzstoff und/oder die Trennschicht mittels eines Lösungsmittels löslich sind. Hierdurch kann der Formkern nach dem Herstellen des Bauteils, insbesondere des, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, von diesem entfernt bzw. aus diesem ausgespült werden. Das Lösungsmittel kann beispielsweise Wasser und/oder ein Alkohol umfassen. Das Lösungsmittel kann aber auch Säuren und/oder Basen umfassen. Das Lösungsmittel muss dabei natürlich derart gewählt werden, dass es das Bindemittel, das Expansionsmaterial, die Zusatzstoffe und/oder die Trennschicht auflöst.

Ferner ist es von Vorteil, wenn der Formkern einen Hohlraum, der leer ist oder zumindest teilweise mit dem Expansionsmaterial gefüllt ist, aufweist, mittels dem ein Auslösen des Formkerns beschleunigbar ist. Der Hohlraum verringert auf der einen Seite das Gewicht des Formkerns und auf der anderen Seite kann in den Hohlraum eine Ausspülvorrichtung, zum Auslösen des Formkerns eingebracht werden, so dass das Auslösen des Formkerns beschleunigt wird. Der Formkern wird damit von innenheraus über den Hohlraum durch die Ausspülvorrichtung ausgespült bzw. aufgelöst.

Wenn der Hohlraum mit dem Expansionsmaterial gefüllt ist, wird die Menge an in dem Formkern angeordnetem Expansionsmaterial erhöht, so dass das Expansionsvolumen insgesamt erhöht wird.

Vorgeschlagen wird ferner ein Herstellungsverfahren für einen Formkern zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils. Bei diesem Herstellungsverfahren wird ein Stützkern zumindest in einem Oberflächenbereich mit einem Expansionsmaterial beschichtet. Der Formkern wird gemäß und/oder mit den Merkmalen der vorangegangenen Beschreibung hergestellt, wobei die genannten Merkmale einzeln oder in beliebiger Kombination vorhanden sein können.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist es, wenn der Stützkern mittels eines Rapid-Prototyping-Verfahrens, insbesondere mit einem 3D-Druckverfahren, hergestellt wird. Dadurch kann der Stützkern besonders kostengünstig und schnell hergestellt werden.

Vorteilhaft ist es, wenn in dem Rapid-Prototyping-Verfahren neben dem Bindemittel auch das Expansionsmaterial auf und/oder in den Stützkern (2) auf und/oder eingebracht wird. Hierdurch kann die Geometrie des Stützkerns und dessen Expansionseigenschaften in einem einzigen Verfahrensschritt ausgebildet werden, so dass der Formkern sehr schnell und kostengünstig hergestellt werden kann. Des Weiteren ist dessen Herstellung nicht ortsgebunden. Stattdessen können beispielsweise Geometrie- und/oder Zusammensetzungsdaten des Formkerns, insbesondere virtuell, zu einem Kunden geschickt werden, der den Formkern dann bei sich vor Ort an seiner eigenen Rapid-Prototyping-Vorrichtung, insbesondere einem 3D-Drucker, herstellen kann.

Alternativ ist es von Vorteil, wenn das Expansionsmaterial auf den Stützkern mittels Eintauchen in ein Bad aus Expansionsmaterial aufgebracht wird. Der Stützkern kann dabei vorzugsweise zumindest so lange in das Bad eingetaucht werden, bis der Stützkern zumindest zu 20 % mit Expansionsmaterial durchtränkt ist. Der Stützkern kann aber auch so lange in das Bad eingetaucht bleiben, bis dieser im Wesentlichen vollständig, beispielsweise 75 % -

100 % seines Volumens, mit dem Expansionsmaterial durchtränkt ist. Dadurch kann das Expansionsmaterial besonders einfach und schnell aufgebracht werden. Durch das Eintauchen kann das Expansionsmaterial auch besonders gleichmäßig auf den Stützkern aufgebracht werden, so dass das Expansionsmaterial an allen Stellen der Oberfläche gleichmäßig expandiert.

Zusätzlich oder alternativ kann das Expansionsmaterial auch auf den Stützkern aufgestrichen und/oder aufgesprüht werden. Dadurch kann das Expansionsmaterial in ausgewählten Ausschnitten der Oberfläche auf den Stützkern aufgebracht werden.

Um ein Eindringen des Expansionsmaterials in den Stützkern zu unterstützen bzw. zu verbessern, ist es vorteilhaft, wenn der Stützkern und/oder Expansionsmaterial erwärmt wird, bevor das Expansionsmaterial auf und/oder in den Stützkern auf- und/oder eingebracht wird. Dadurch sinkt die Viskosität des Expansionsmaterials und kann dadurch besser in die Porosität bzw. die Zwischenräume des Stützkerns eindringen. Der Stützkern kann dabei auf eine Temperatur erwärmt werden, die von der Viskosität und/oder von dem Schmelzpunkt des Expansionsmaterials abhängig ist.

Vorgeschlagen wird ferner ein Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils. Das Bauteil kann demnach insbesondere ein Strukturhohlbauteil und/oder ein Strukturhinterschnittbauteil sein. Bei dem Verfahren werden ein Formkern und eine Matrix mit Verstärkungsfasern in ein Formwerkzeug eingebracht, so dass die Matrix mit den Verstärkungsfasern zwischen dem Formkern und dem Formwerkzeug angeordnet sind. Die Matrix wird mittels einer Temperatur- und/oder Druckerhöhung ausgehärtet, wobei durch die Temperaturerhöhung ein Expansionsmaterial des Formkerns expandiert, so dass das Volumen des Formkerns vergrößert wird und die Verstärkungsfasern an eine Innenseite des Formwerkzeugs gepresst werden. Bei der Herstellung des Bauteils wird ein Formkern gemäß der vo-

rangegangenen Beschreibung verwendet, wobei die genannten Merkmale einzeln oder in beliebiger Kombination vorhanden sein können.

Vorteilhafterweise kann das Verfahren gemäß nachstehender Beschreibung ausgebildet sein. So kann das Formwerkzeug beispielsweise zwei Formwerkzeughälften aufweisen, die zum Einbringen des Formkerns geöffnet werden und zur Herstellung des Bauteils geschlossen werden. Nach der Herstellung kann das fertige Bauteil wieder durch Öffnen aus dem Formwerkzeug entnommen werden. Das Formwerkzeug weist eine Kavität auf, in der der Formkern angeordnet ist. Zwischen dem Formkern und der Formwerkzeug sind dabei die Verstärkungsfasern sowie die Matrix angeordnet. Des Weiteren weist das Formwerkzeug eine Innenseite auf, gegen die die Verstärkungsfasern, insbesondere durch die Expansion des Expansionsmaterials, gepresst werden, so dass das Bauteil, insbesondere das, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteil, die Form der Innenseite des Formwerkzeugs annimmt.

Dabei kann zuerst der Formkern lediglich mit den Verstärkungsfasern versehen werden und dann in das Formwerkzeug eingelegt werden. Während des Herstellungsverfahrens und insbesondere bei geschlossenem Formwerkzeug kann die Matrix eingepresst werden. Alternativ können auch die Verstärkungsfasern zuerst in das Formwerkzeug und anschließend der Formkern in die Verstärkungsfasern eingelegt werden. Dabei können die Verstärkungsfasern bereits mit der Matrix versehen sein oder die Matrix kann wieder während dem Herstellungsverfahren in das Formwerkzeug eingepresst werden. Die Verstärkungsfasern können auch bereits mit der Matrix vorimprägniert sein, wobei dieser Verbund auch Prepreg genannt wird. Diese Prepregs werden auf den Formkern aufgelegt, welcher dann in das Formwerkzeug eingelegt wird.

Für die Herstellung des Bauteils, insbesondere des, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, ist es vorteilhaft,

wenn auf den Formkern Verstärkungsfasern aufgelegt werden. Anschließend wird der so präparierte Formkern in ein Formwerkzeug eingelegt. Dabei kann das Formwerkzeug geringfügig größer dimensioniert sein als der Formkern, so dass zwischen Formkern und Formwerkzeug noch ein Spalt ausgebildet sein kann. Dadurch wird das Einlegen des Formkerns in das Formwerkzeug vereinfacht. Das Formwerkzeug weist ferner eine Innenseite auf, die eine Außenkontur des Bauteils, insbesondere des, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, vorgibt. Während des Herstellungsprozesses werden die Verstärkungsfasern gegen die Innenseite des Formwerkzeugs gepresst, so dass diese die Form der Innenseite annehmen.

Während des Herstellungsprozesses werden die Verstärkungsfasern mit einer flüssigen Matrix beaufschlagt, die während der Herstellung des Bauteils, insbesondere des, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, aushärtet, so dass diese mit den Verstärkungsfasern einen Faserverbund bildet. Alternativ kann die Matrix auch zusammen mit den Verstärkungsfasern auf den Formkern aufgebracht werden. Aus dem Faserverbund ist das Bauteil, insbesondere das Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteil, aufgebaut und bildet die tragende Struktur. Ein Zusammenspiel aus Formkern und Innenseite des Formwerkzeugs bestimmt die Form bzw. das Aussehen des faserverstärkten Bauteils, insbesondere des Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils.

Die Aushärtung der Matrix erfolgt vorzugsweise bei Temperaturen von 70° C bis 250° C und Drücken von 2 bar bis 150 bar. Nach einem Zeitraum von beispielsweise 15 Sekunden bis 10 Minuten kann das Aushärten abgeschlossen sein.

Zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn der Formkern vor dem Einlegen in das Formwerkzeug abgekühlt wird. Dadurch ziehen sich der Formkern und ins-

besondere das Expansionsmaterial zusammen, so dass der Formkern besonders leicht in das Formwerkzeug eingelegt werden kann.

Durch die Temperatur- und/oder eine Druckerhöhung wird die Matrix ausgehärtet, so dass das faserverstärkte Bauteil seine Festigkeit erhält. Dabei wird die Temperatur auf beispielsweise 70°C bis 250°C erhöht, so dass die Matrix aushärtet und zusammen mit den Verstärkungsfasern den Faserverbund bildet. Diese Temperatur wird über eine gewisse Zeit gehalten, bis die Aushärtung abgeschlossen ist.

Die Temperaturerhöhung führt zu der Expansion des auf der Oberfläche und/oder in den Zwischenräumen des Formkerns vorhandenen Expansionsmaterials. Durch den oben beschriebenen Volumenausdehnungskoeffizienten (im Bereich von $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ und $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$) steigt dessen Volumen um das Expansionsvolumen. Das Expansionsvolumen ist dabei die Differenz des Volumens bei einer Endtemperatur, beispielsweise 250°C, und der Anfangstemperatur, beispielsweise der Raumtemperatur von 20°C. Das Expansionsmaterial drückt dabei die auf dessen Außenseite angeordneten Verstärkungsfasern nach außen und presst diese gegen die Innenseite des Formwerkzeugs. Die Temperatur wird für einige Zeit, beispielsweise 15 Sekunden bis 10 Minuten, auf beispielsweise 250°C gehalten, so dass die Matrix aushärtet und mit den Verstärkungsfasern den Faserverbund bildet. Nach dem Aushärten kann der in dem Formwerkzeug vorherrschende Druck und/oder die Temperatur langsam, beispielsweise über einen Zeitraum von 30 Sekunden bis 30 Minuten, reduziert werden, um einen Verzug des Faserverbundes zu steuern bzw. um den Verzug gering zu halten. Nach einer Abkühlphase kann das fertige Bauteil aus dem Formwerkzeug entnommen werden.

Die Verstärkungsfasern können verschiedene Fasern umfassen wie beispielsweise Basalt-, Glas-, Keramik-, Aramid-, Kohlestoff- und/oder Nylonfasern umfassen.

Als Matrix können beispielsweise verschiedenen Thermoplaste und/oder Duroplaste, wie beispielsweise Epoxidharze oder Kunststoffen, verwendet werden.

Des Weiteren ist es von Vorteil, wenn nach der Herstellung des Bauteils der Formkern mittels eines Lösungsmittels aus dem Bauteil ausgelöst wird. Das Herauslösen des Formkerns kann beispielsweise durch Einspritzen des Lösungsmittels in den Hohlraum ausgeführt werden. Das Lösungsmittel kann ferner eine Säure, eine Base, Wasser und/oder ein Alkohol umfassen. Durch das Herauslösen des Formkerns aus dem Bauteil, insbesondere dem, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, wird das Gewicht des Bauteils verringert, was bei der weiteren Verwendung des Bauteils vorteilhaft ist.

Weitere Vorteile der Erfindung sind in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine Schnittansicht eines Formkerns,

Figur 2 einen Ausschnitt aus einer Oberfläche des Formkerns mit Granulat, Bindemittel, Expansionsmaterial und Trennschicht und

Figur 3 einen Formkern in einem Formwerkzeug.

Figur 1 zeigt eine Schnittansicht eines Formkerns 1. Der Formkern 1 umfasst einen Stützkern 2. In einem Oberflächenbereich 4 des Stützkerns 2 ist ein Expansionsmaterial 3 angeordnet. Der Formkern 1 ist zur Herstellung eines Bauteils, insbesondere eines, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, vorgesehen, wobei dieser im vorliegenden Ausführungsbeispiel insbesondere für die Herstellung eines rohrförmigen faserverstärkten Strukturhohlbauteils ausgebildet ist. Da der Formkern 1 die Form des Bauteils zumindest im Groben vorgibt, weist der Formkern 1 in

dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine zylindrische Form auf. Das Expansionsmaterial 3 ist gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel nur auf der Mantelfläche des Stützkerns 2 aufgebracht, wohingegen die Stirnseiten 5a, 5b nicht mit dem Expansionsmaterial versehen sind. Dadurch wird bei der Herstellung des Strukturhohlbauteils die Rohrform ausgebildet. Alternativ könnte an den Stirnseiten 5a, 5b aber auch ebenso das Expansionsmaterial 3 angeordnet sein.

Figur 2 zeigt einen Detailausschnitt im Bereich der Oberfläche eines Formkerns 1, insbesondere des Formkerns 1 gemäß Figur 1. Der Formkern 1 ist zur Herstellung des faserverstärkten Bauteils, insbesondere des, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils vorgesehen. Der Stützkern 2 ist aus einem Stützmaterial ausgebildet, das ein Granulat und ein Bindemittel 7 umfasst. Das Granulat umfasst eine Vielzahl von Granulatkörnern 6, von denen zur Wahrung der Übersichtlichkeit nur eines mit einem Bezugszeichen versehen ist. Die einzelnen Granulatkörner 6 sind mittels des Bindemittels 7 miteinander verbunden. Die Granulatkörner 6 können dabei aus einem mineralischen Grundstoff ausgebildet sein. Die Granulatkörner 6 können beispielsweise Sandkörner sein. Die Größe der Granulatkörner 6 kann zwischen 0,05 mm und 1,5 mm betragen. Des Weiteren können diese zueinander unterschiedliche Größen aufweisen. Die Granulatkörner 6 sind ferner von dem Bindemittel 7 umschlossen. An den Kontaktstellen 11 zwischen den einzelnen Granulatkörnern 6 bilden sich Brücken bzw. Klebestellen aus, so dass die Granulatkörner 6 eine feste Gitterstruktur bilden.

Der Stützkern 2 kann - insbesondere, wenn dieser wie vorliegend aus Granulatkörnern 6 und Bindemittel 7 aufgebaut ist, mittels eines Rapid-Prototyping-Verfahrens, insbesondere eines 3D-Druckverfahrens, hergestellt sein.

Da die Granulatkörner 6 zum einen im Wesentlichen rund sind und zum anderen unterschiedliche Größen aufweisen, sind zwischen den Granulatkör-

nen 6 Zwischenräume 8 ausgebildet. Aufgrund der Zwischenräume 8 ist der Stützkern 2 porös ausgebildet. In diese Zwischenräume 8 kann das Expansionsmaterial 3 eindringen, so dass diese als Expansionsmaterialspeicher dienen.

Insbesondere wenn das Expansionsmaterial 3 durch Tränken des Stützkerns 2 in ein Expansionsmaterialbad aufgebracht wird, ist es vorteilhaft, wenn das Expansionsmaterial 3 und/oder der Stützkern 2 vor dem Beschichten, insbesondere Tränken, des Stützkerns 2 erwärmt wird. Der Stützkern 2 kann dabei auf eine Temperatur erwärmt werden, die von der Viskosität und/oder dem Schmelzpunkt des Expansionsmaterials 3 abhängt. Dadurch sinkt die Viskosität des Expansionsmaterials 3 und es kann schneller und/oder tiefer in den Stützkern 2 eindringen. Das Expansionsmaterial 3 kann, wie vorstehend erwähnt, beispielsweise durch Eintauchen des Stützkerns 2 in ein Bad aus Expansionsmaterial 3 aufgebracht werden. Zusätzlich oder alternativ kann das Expansionsmaterial 3 auch auf den Stützkern 2 aufgestrichen und/oder aufgesprüht werden.

Eine sehr schnelle, unkomplizierte und flexible Methode ist es jedoch, wenn zusätzlich auch das Expansionsmaterial 3 in dem Rapid-Prototyping-Verfahren auf und/oder in den Stützkern 2 auf- und/oder eingebracht wird. Demnach wird der Stützkern 2 im Rapid-Prototyping-Verfahren nicht nur aus dem Granulat, insbesondere den Granulatkörnern 6, und dem Bindemittel 7 aufgebaut, sondern zusätzlich auch noch aus dem Expansionsmaterial 3. Im Rapid-Prototyping-Verfahren wird somit zumindest in einem Teil der Zwischenräume 8 und/oder des Oberflächenbereichs 4 Expansionsmaterial 3 eingebracht. Hierdurch kann die Geometrie des Stützkerns 2 und dessen Expansionseigenschaften in einem einzigen Verfahrensschritt ausgebildet werden, so dass der Formkern 1 sehr schnell und kostengünstig hergestellt werden kann. Des Weiteren ist dessen Herstellung nicht ortsgebunden. Stattdessen können beispielsweise Geometrie- und/oder Zusammensetzungsdaten des Formkerns 1, insbesondere virtuell, zu einem Kunden ge-

schickt werden, der den Formkern 1 dann bei sich vor Ort an seiner eigenen Rapid-Prototyping-Vorrichtung, insbesondere einem 3D-Drucker, herstellen kann.

Der Stützkern 2 ist gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel an seiner Außenfläche bzw. im Oberflächenbereich 4 mit dem Expansionsmaterial 3 versehen. Zusätzlich erstreckt sich gemäß Figur 2 das Expansionsmaterial 3 von dem Oberflächenbereich 4 des Stützkerns 2 ausgehend zumindest teilweise in das Innere des Stützkerns 2 hinein. Dies kann im Rahmen des Rapid-Prototyping-Verfahrens oder aber auch durch die Kapillarwirkung erfolgt sein. Der Stützkern 2 kann vollständig von dem Expansionsmaterial 3 umschlossen sein. Des Weiteren kann der Stützkern 2 nur in seinem Randbereich, d.h. im Oberflächenbereich 4 und zumindest teilweise in seinem daran angrenzenden Inneren, mit dem Expansionsmaterial 3 versehen sein. Alternativ kann der Stützkern 2 vollständig mit dem Expansionsmaterial 3 durchzogen sein. In diesem Fall weist der Stützkern 2 über seinen gesamten Querschnitt hinweg das Expansionsmaterial 3 auf. Der gesamte Stützkern 2 ist somit ganzvolumig aus einer die Granulatkörner 6, das Bindemittel 7 und das Expansionsmaterial 3 umfassenden Materialeinheit ausgebildet.

Gemäß Figur 2 weist der Stützkern 2 den Oberflächenbereich 4, insbesondere die Mantelfläche, auf, der durch den Aufbau des Stützkerns 2 mit seinen Granulatkörnern 6 keine geradlinige Trennung darstellt. Der Oberflächenbereich 4, insbesondere die Mantelfläche, schließt jedoch den Stützkern 2 nach außen hin ab. Im Oberflächenbereich 4 ist die Beschichtung des Formkerns 1 bzw. das Expansionsmaterial 3 angeordnet.

Das Expansionsmaterial 3 kann auch vorteilhafterweise, wie in diesem Ausführungsbeispiel gezeigt, in einer Oberflächenschicht 10 über der Mantelfläche bzw. auf den Stützkern 2 angeordnet sein. Dadurch können beispielsweise Unebenheiten in dem Oberflächenbereich 4, insbesondere der Mantelfläche, (bedingt durch die Form der Granulatkörner 6) ausgeglichen werden.

Die Oberflächenschicht 10 kann eine Dicke im Bereich von 0,5 mm und 10 mm aufweisen.

Auf dem Expansionsmaterial 3 kann, wie in Figur 2 dargestellt, eine Trennschicht 9 angeordnet sein, die den Formkern 1 nach außen hin abschließt. Die Trennschicht 9 kann ein Elastomer umfassen und/oder beispielsweise als Silikon- und/oder Kunststoffschicht ausgebildet sein. Vorteilhafterweise kann die Trennschicht 9 elastisch sein, so dass diese sich bei einer Expansion des Expansionsmaterials 3 entsprechend ausdehnt. Die Trennschicht 9 und das Expansionsmaterial 3 weisen zueinander unterschiedliche Materialzusammensetzungen auf. Die Trennschicht 9 kann aufgesprüht, aufgestrichen oder durch Eintauchen in ein Bad aus dem entsprechenden Material aufgebracht werden. Die Trennschicht 9 dient dazu, den Formkern 1 vor Beschädigung zu schützen. Mit der Trennschicht 9 kann der Formkern 1 auch über eine längere Zeit gelagert werden. Des Weiteren verhindert die Trennschicht 9, dass bei der Herstellung des Bauteils, insbesondere des, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, das Expansionsmaterial 3 zwischen die Fasern, insbesondere Karbonfasern, und/oder die Matrix des Faserverbundmaterials des herzustellenden Bauteils gedrückt wird. Die Trennschicht 9 gewährleistet demnach eine zuverlässige Trennung zwischen Formkern 1 und außen angeordnetem Faserverbundmaterial. Zusätzlich oder alternativ ist das Expansionsmaterial 3 matrixmaterial-abweisend, insbesondere harzabweisend. Hierdurch kann eine Trennung zwischen Matrix und Expansionsmaterial 3 sichergestellt werden.

Figur 3 zeigt einen Formkern 1 und ein Formwerkzeug 12. Der Formkern 1 weist den bereits beschriebenen Stützkern 2 und das Expansionsmaterial 3 auf. Das Expansionsmaterial 3 ist abbildungsgemäß nur auf der Außenseite des Stützkerns 2 angeordnet. Das Expansionsmaterial 3 kann jedoch auch, wie in Figur 2 gezeigt, zumindest teilweise in der Porosität des Stützkerns 2 angeordnet sein. Auf dem Expansionsmaterial 3 kann eine hier nicht gezeigte Trennschicht 9 (vgl. Figur 2) aufgebracht sein. Auf dem Expansionsmate-

rial 3 bzw. der Trennschicht 9 sind Verstärkungsfasern 13 angeordnet. Mit diesen kann der Formkern 1 vor dem Einlegen in das Formwerkzeug 12 umwickelt werden. Die Verstärkungsfasern 13 bilden mit einer hier nicht gezeigten Matrix einen Faserverbund aus, so dass ein Bauteil, insbesondere ein, vorzugsweise eine Struktur aufweisendes, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteil, ausgebildet wird.

Der Formkern 1 ist des Weiteren in dem Formwerkzeug 12 angeordnet, welches beispielsweise zwei Hälften umfassen, so dass das Formwerkzeug 12 einfach geöffnet und geschlossen werden kann. Das Formwerkzeug 12 weist ferner eine Kavität 18 auf, in der der Formkern 1 angeordnet ist. Der Formkern 1 weist weiterhin eine geringere Größe als die Kavität 18 auf, so dass zwischen einer Innenseite 19 des Formwerkzeugs 12 und dem Formkern 1 ein Spalt 14 ausgebildet ist. Dadurch kann der Formkern 1 besonders einfach in das Formwerkzeug 12 eingebracht werden. Des Weiteren wird hierdurch beim Schließen des Formwerkzeuges 12 ein Verquetschen der Verstärkungsfasern 13 zwischen den beiden Hälften des Formwerkzeuges 12 vermieden.

Die Verstärkungsfasern 13 können beispielsweise auf den Formkern 1 aufgelegt werden, bevor dieser in das Formwerkzeug 12 eingelegt wird. Ebenso können vor dem Einlegen auch sogenannte Prepregs auf den Formkern 1 aufgelegt werden. Prepregs sind Verstärkungsfasern 13 die bereits mit einer Matrix vorimprägniert sind.

Alternativ könnte die Verstärkungsfasern 13 auch zuerst in das Formwerkzeug 12 eingelegt werden, woraufhin erst danach der Formkern 1 in das Formwerkzeug 12 bzw. in die Verstärkungsfasern 13 eingelegt wird.

Die Matrix kann dann bei einem geschlossenen Formwerkzeug 12 und wenn die Verstärkungsfasern 13 um den Formkern 1 darin angeordnet sind eingepresst werden. Die Matrix wird dann vorteilhafterweise an hier nicht gezeigte

Positionen in das Formwerkzeug 12 eingepresst, so dass die Matrix direkt zwischen Formkern 1 und Formwerkzeug 12 in den Spalt 14 (wo die Verstärkungsfasern 13 angeordnet sind) gelangt.

Um den Herstellungsprozess des Bauteils, insbesondere des, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, zu beginnen, wird eine Temperaturerhöhung, von beispielsweise 20°C auf 250°C, des Formkerns 1 und/oder des Formwerkzeugs 12 durchgeführt, wobei das Expansionsmaterial 3 expandiert und auf die Verstärkungsfasern 13 einen Expansionsdruck 15 ausübt. Dabei drückt das Expansionsmaterial 3 die Verstärkungsfasern 13 nach außen vom Formkern 1 weg. Wenn das Expansionsmaterial 3 soweit expandiert ist, bis der Spalt 14 überwunden ist, werden die Verstärkungsfasern 13 gegen die Innenseite 19 des Formwerkzeugs 12 gepresst. Mittels der Temperatur- und/oder einer Druckerhöhung härtet ferner die Matrix aus und verbindet sich mit den Verstärkungsfasern 13 zu dem Faserverbund, welcher das Bauteil, insbesondere das, vorzugsweise eine Struktur aufweisende, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteil, bildet. Nach einer Aushärtezeit und/oder einer Abkühlzeit, beispielsweise zwischen 15 Sekunden und 10 Minuten, kann das Formwerkzeug 12 geöffnet werden (indem beispielsweise die beiden Hälften auseinander gezogen werden), und das Bauteils kann entnommen werden. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Abkühlzeit derart gewählt wird, dass ein Verzug des sich abkühlenden Bauteils verringert ist. Beispielsweise wird das Bauteil langsam abgekühlt, so dass Spannung und somit ein Verzug des Bauteils verringert wird. Der Verzug kann auch dadurch verringert werden, wenn der in dem Formwerkzeug herrschender Druck langsam reduziert wird.

Da in dem Bauteil, insbesondere dem, vorzugsweise eine Struktur aufweisenden, Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteil, noch der Formkern 1 angeordnet ist, ist das Gewicht des Bauteils erhöht. Um den Formkern 1 bzw. das den Stützkern 2 aufbauende Stützmaterial, insbesondere das Granulat, das Bindemittel, die während des Herstellungsprozesses zugefügten Zusatzstoffe,

das Expansionsmaterial 3 und/oder die Trennschicht aus dem Bauteil auszuspülen, kann eine Ausspülvorrichtung durch eine Öffnung 17 des Formkerns 1 in einen Hohlraum 16 des Formkerns 1 eingeführt werden. Mittels der Ausspülvorrichtung kann dann der Formkern 1 in seine Bestandteile gelöst und ausgespült werden.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Abwandlungen im Rahmen der Patentansprüche sind ebenso möglich wie eine Kombination der Merkmale, auch wenn diese in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellt und beschrieben sind.

Bezugszeichenliste

1	Formkern
2	Stützkern
3	Expansionsmaterial
4	Oberflächenbereich
5	Stirnseite
6	Granulatkorn
7	Bindemittel
8	Zwischenraum
9	Trennschicht
10	Oberflächenschicht
11	Kontaktstelle
12	Formwerkzeug
13	Verstärkungsfasern
14	Spalt
15	Expansionsdruck
16	Hohlraum
17	Öffnung
18	Kavität
19	Innenseite

Patentansprüche

1. Formkern zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, mit einem Stützkern (2), der eine Grundform des Formkerns (1) vorgibt, und mit einer in zumindest einem Oberflächenbereich (4) des Stützkerns (2) angeordneten Beschichtung, die ein Expansionsmaterial (3) umfasst, das bei einer Temperaturerhöhung expandiert, so dass bei der Herstellung des Bauteils Verstärkungsfasern (13) an eine Innenseite (19) eines Formwerkzeugs (12) pressbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Expansionsmaterial (3) von dem Oberflächenbereich (4) des Stützkerns (2) ausgehend zumindest teilweise in sein Inneres hineinstreckt.
2. Formkern nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützkern (2) aus einem, insbesondere porösem und/oder mit Zwischenräumen (8) ausgebildeten, Stützmaterial ausgebildet ist, das ein Bindemittel (7) und/oder ein Granulat (6) umfasst und dass das Expansionsmaterial (3) zumindest in einem Teil der Zwischenräume (8) angeordnet ist.
3. Formkern nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützkern (2) vollständig von dem Expansionsmaterial (3) umschlossen ist und/oder vollständig mit dem Expansionsmaterial (3) durchzogen ist, so dass der gesamte Stützkern (2) ganzvolumig aus einer das Granulat (6), das Bindemittel (7) und das Expansionsmaterial (3) umfassenden Materialeinheit ausgebildet ist.
4. Formkern nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützkern (2) in einem Rapid-

Prototyping-Verfahren, insbesondere in einem 3D-Druckverfahren, hergestellt ist und/oder dass in dem Rapid-Prototyping-Verfahren neben dem Bindemittel (7) auch das Expansionsmaterial (3) auf und/oder in den Stützkern (2) eingebracht ist.

5. Formkern nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Expansionsmaterial (3) ein Wachs, ein Silikon, ein Kunststoff, vorzugsweise ein Elastomer, ein Fett, eine niedrigschmelzende Legierung, Zucker und/oder Salz umfasst.
6. Formkern nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmeausdehnungskoeffizient des Stützmaterials kleiner als ein Wärmeausdehnungskoeffizient des Expansionsmaterials (3) ist, wobei der Wärmeausdehnungskoeffizient des Expansionsmaterials (3) vorzugsweise 20- bis 30-fach, insbesondere maximal 150-fach, höher ist.
7. Formkern nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Expansionsmaterial (3) ein erster Zusatzstoff, vorzugsweise ein physikalisches und/oder chemisches Treibmittel, zugemischt ist, der bei der Temperaturerhöhung den Expansionsdruck (15) erhöht.
8. Formkern nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Expansionsmaterial (3) matrixmaterialabstoßend, insbesondere harzabstoßend, ist und/oder dass der Formkern (1) auf seiner Außenseite zumindest im Bereich des Expansionsmaterials (3) eine, insbesondere elastische, Trennschicht (9), insbesondere ein Elastomer, vorzugsweise eine Silikon- und/oder eine Kunststoffschicht, aufweist, die den Formkern (1) nach außen versiegelt und die sich der Expansion des Expansionsmaterials (3) anpasst.

9. Formkern nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bindemittel (7), das Expansionsmaterial (3), der erste Zusatzstoff und/oder die Trennschicht (9) mittels eines Lösungsmittels, insbesondere Säuren, Basen, Wasser und/oder Alkohol, löslich sind.
10. Formkern nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (1) einen leeren oder zumindest teilweise mit dem Expansionsmaterial (3) gefüllten Hohlraum (16) aufweist.
11. Herstellungsverfahren für einen Formkern zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, bei welchem ein Stützkern (2) zumindest in einem Oberflächenbereich (4) mit einem Expansionsmaterial (3) beschichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkern (1) gemäß einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche ausgebildet wird.
12. Herstellungsverfahren für einen Formkern nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützkern (2) in einem Rapid-Prototyping-Verfahren, insbesondere in einem 3D-Druckverfahren, hergestellt wird.
13. Herstellungsverfahren für einen Formkern nach einem oder mehreren der Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Rapid-Prototyping-Verfahren neben dem Bindemittel (7) auch das Expansionsmaterial (3) auf und in den Stützkern (2) eingebracht wird oder dass das Expansionsmaterial (3) auf und in den Stützkern (2) mittels Eintauchens in ein Bad aus Expansionsmaterial (3) eingebracht wird, wobei der Stützkern (2) vorzugsweise zumindest so lange in das Bad eingetaucht wird, bis zumindest 20% des Stützkerns (2), insbesondere

dieser im Wesentlichen vollständig, mit Expansionsmaterial (3) durchtränkt ist.

14. Herstellungsverfahren für einen Formkern nach einem oder mehreren der Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bevor das Expansionsmaterial (3) auf und in den Stützkern (2) eingebracht wird, der Stützkern (2) und/oder das Expansionsmaterial (3) erwärmt wird, wobei der Stützkern (2) vorzugsweise auf eine von der Viskosität und/oder vom Schmelzpunkt des Expansionsmaterials (3) abhängige Temperatur erwärmt wird.

15. Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Bauteils, insbesondere eines Hinterschnitt- und/oder Hohlbauteils, bei welchem ein Formkern (1) und eine Matrix mit Verstärkungsfasern (13) in ein Formwerkzeug (12) eingebracht werden, so dass die Matrix mit den Verstärkungsfasern (13) zwischen dem Formkern (1) und dem Formwerkzeug (12) angeordnet sind, und dass die Matrix mittels einer Temperatur- und/oder Druckerhöhung ausgehärtet wird, wobei durch die Temperaturerhöhung ein Expansionsmaterial (3) des Formkerns (1) expandiert, so dass das Volumen des Formkerns (1) vergrößert wird und die Verstärkungsfasern (13) an eine Innenseite (19) des Formwerkzeugs (12) gepresst werden, dadurch gekennzeichnet, dass ein Formkern gemäß einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche verwendet wird.

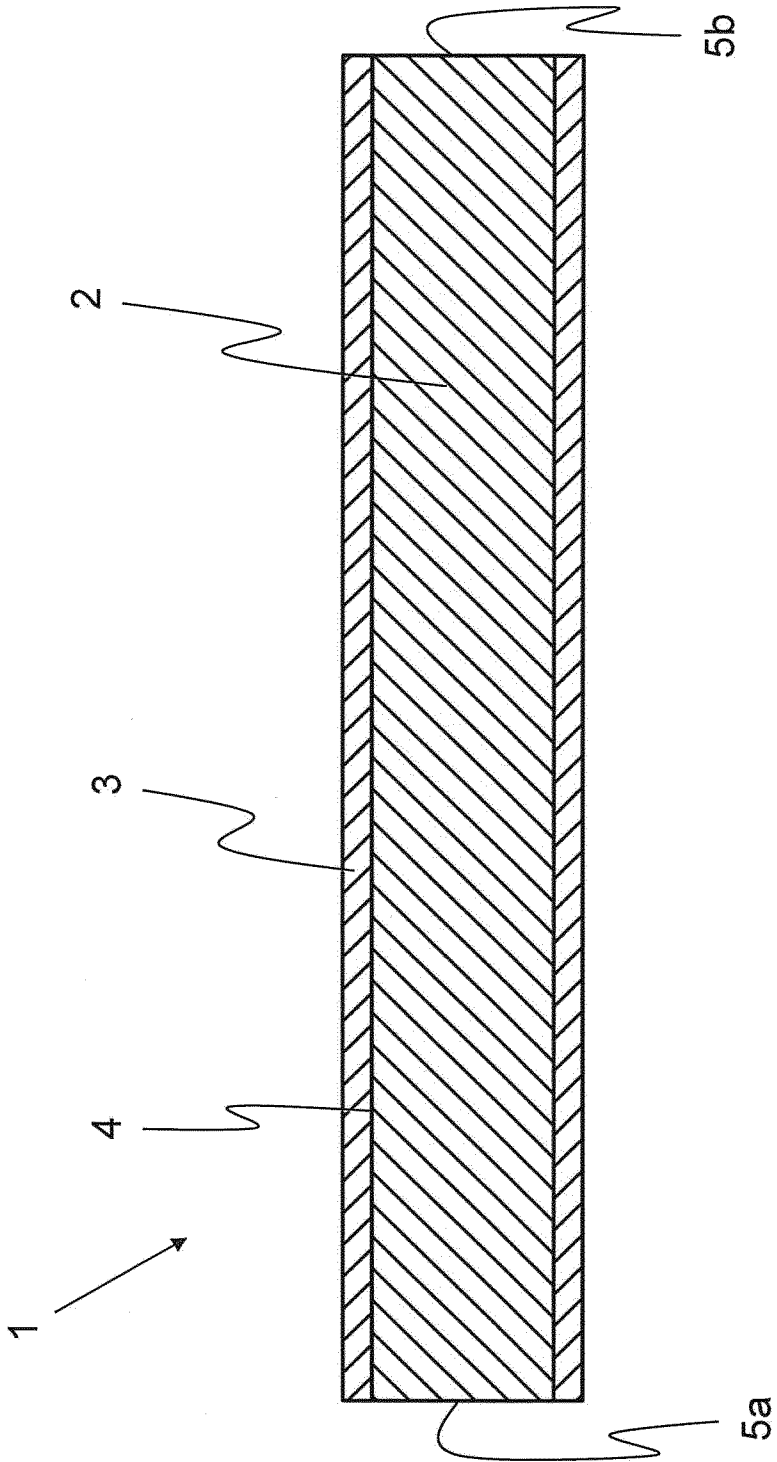


Fig. 1

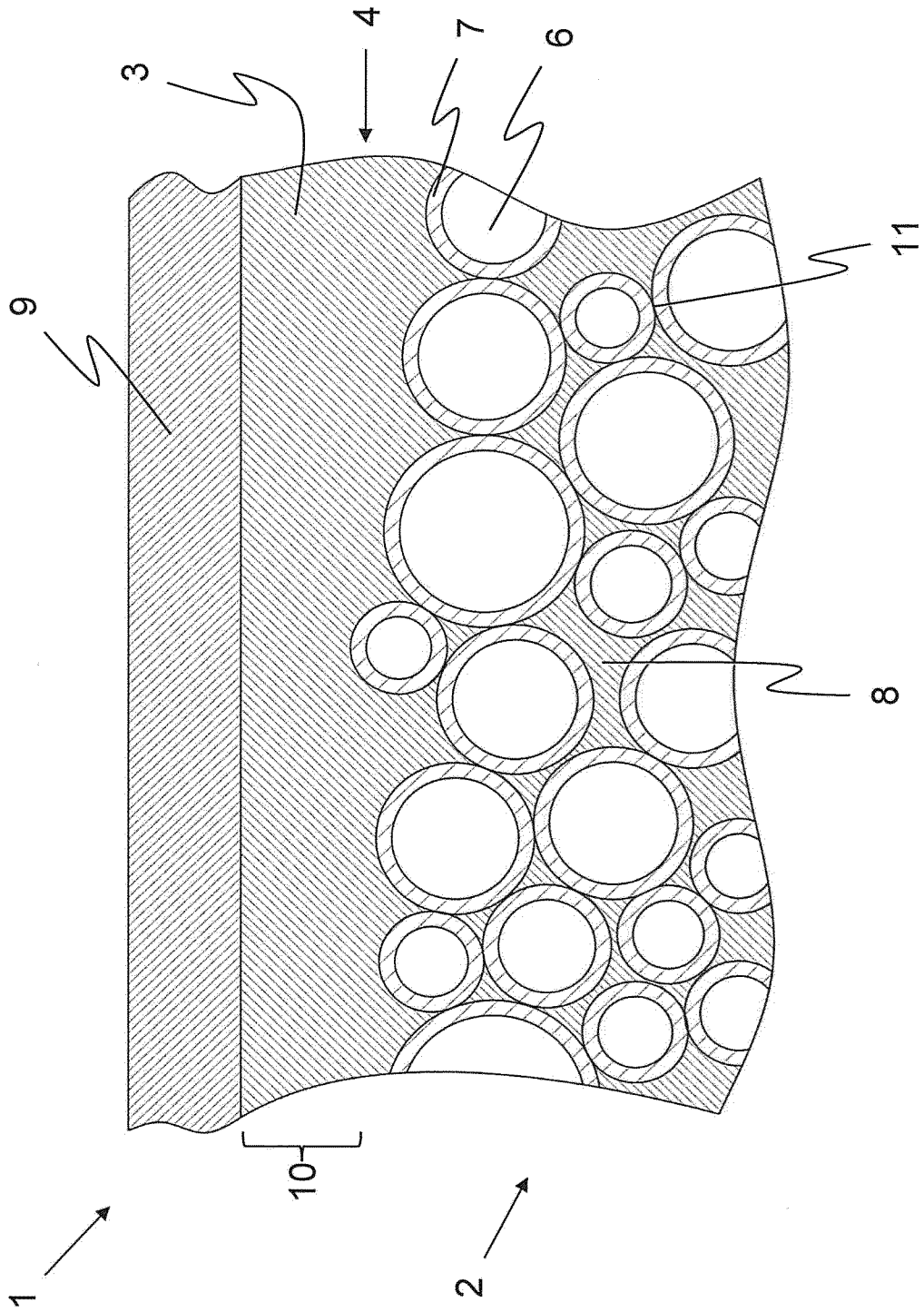


Fig. 2

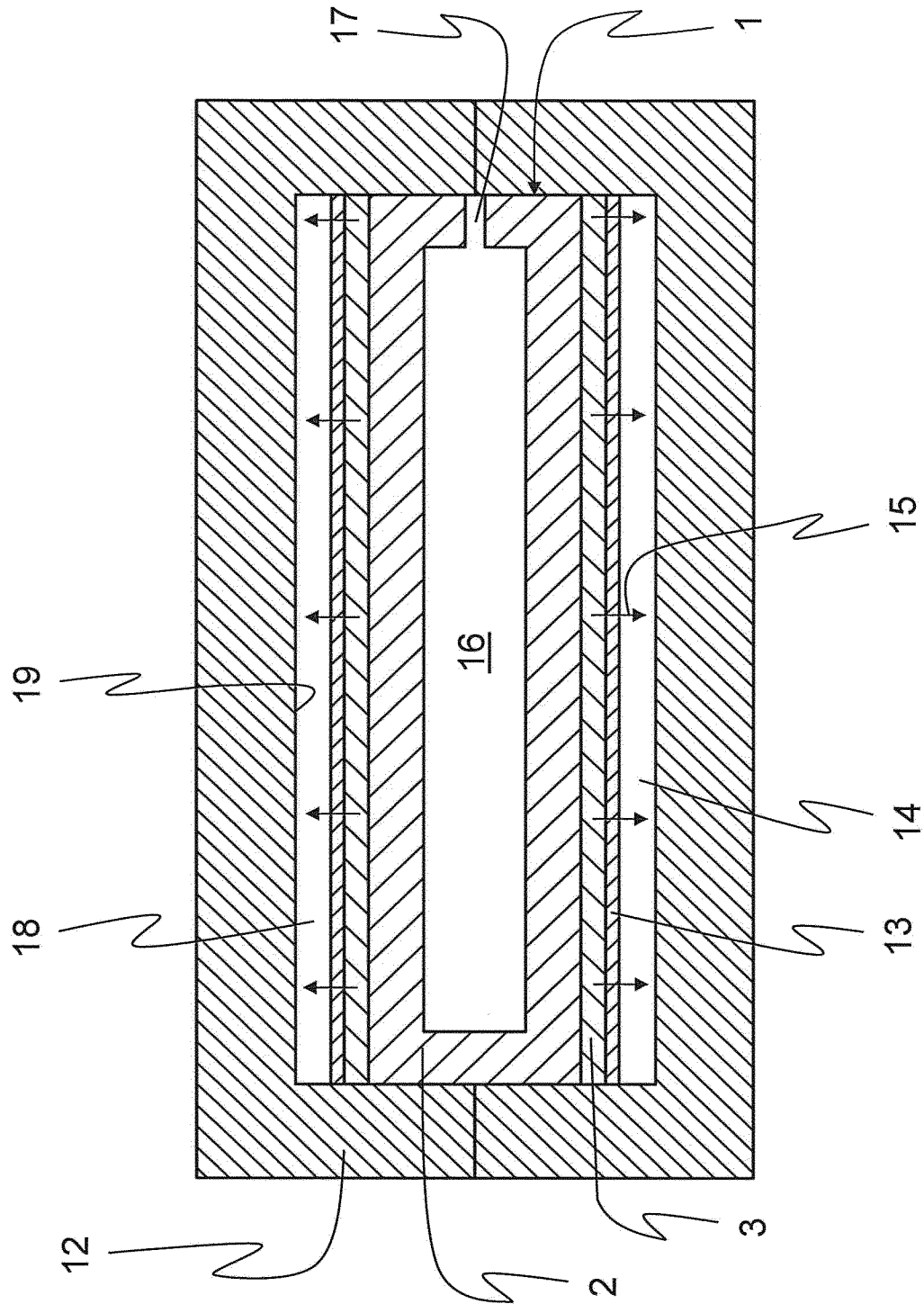


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/054739

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B29C33/50 B29C70/34
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2013 106876 A1 (C F MAIER GMBH & CO KG [DE]) 8 January 2015 (2015-01-08) cited in the application paragraphs [0002], [0010], [0012], [0019], [0024], [0030], [0031], [0062], [0067], [0072], [0078] figure 1	1-15
A	US 2009/026659 A1 (VONTELL SR JOHN H [US] ET AL) 29 January 2009 (2009-01-29) figure 1 paragraphs [0008], [0014], [0015], [0016], [0017], [0018], [0019]	1-15
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 18 May 2017	Date of mailing of the international search report 12/06/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Jouannon, Fabien

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/054739

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 760 398 A1 (SNECMA [FR]) 11 September 1998 (1998-09-11) page 4, line 3 - line 27 page 6, line 1 - line 4 page 8, line 18 - line 29 -----	1-15
A	WO 2014/099841 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 26 June 2014 (2014-06-26) paragraphs [0069], [0070], [0072] figure 10 -----	1-15
A	US 4 292 101 A (REICHERT JAMES B) 29 September 1981 (1981-09-29) figures 5,6 column 4, line 27 - line 52 -----	1-15
A	WO 2010/069084 A1 (RUAG AEROSPACE AG [CH]; FIEDLER BODO [CH]; CARTIER ANDRE [CH]; PEIKERT) 24 June 2010 (2010-06-24) page 3, line 24 - line 33 page 7, line 17 - line 28 -----	1-15
A	WO 2008/003733 A1 (AIRBUS GMBH [DE]; JACOB TORBEN [DE]; PIEPENBROCK JOACHIM [DE]) 10 January 2008 (2008-01-10) page 2 - page 4 page 9 figure 4 -----	1-15
A	GB 842 815 A (GOODYEAR AIRCRAFT CORP) 27 July 1960 (1960-07-27) page 2, line 63 - line 70 figures 9,10 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/054739

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102013106876 A1	08-01-2015	NONE	

US 2009026659 A1	29-01-2009	NONE	

FR 2760398 A1	11-09-1998	CA 2232097 A1	06-09-1998
		DE 69815734 D1	31-07-2003
		DE 69815734 T2	29-04-2004
		EP 0865892 A1	23-09-1998
		ES 2202765 T3	01-04-2004
		FR 2760398 A1	11-09-1998
		JP 3798143 B2	19-07-2006
		JP H10291258 A	04-11-1998
		US 6290889 B1	18-09-2001

WO 2014099841 A1	26-06-2014	NONE	

US 4292101 A	29-09-1981	NONE	

WO 2010069084 A1	24-06-2010	NONE	

WO 2008003733 A1	10-01-2008	CA 2655709 A1	10-01-2008
		EP 2038100 A1	25-03-2009
		JP 2009542493 A	03-12-2009
		WO 2008003733 A1	10-01-2008

GB 842815 A	27-07-1960	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B29C33/50 B29C70/34 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B29C		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2013 106876 A1 (C F MAIER GMBH & CO KG [DE]) 8. Januar 2015 (2015-01-08) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0002], [0010], [0012], [0019], [0024], [0030], [0031], [0062], [0067], [0072], [0078] Abbildung 1	1-15
A	US 2009/026659 A1 (VONTELL SR JOHN H [US] ET AL) 29. Januar 2009 (2009-01-29) Abbildung 1 Absätze [0008], [0014], [0015], [0016], [0017], [0018], [0019] ----- -/--	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
18. Mai 2017	12/06/2017	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Jouannon, Fabien	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	FR 2 760 398 A1 (SNECMA [FR]) 11. September 1998 (1998-09-11) Seite 4, Zeile 3 - Zeile 27 Seite 6, Zeile 1 - Zeile 4 Seite 8, Zeile 18 - Zeile 29 -----	1-15
A	WO 2014/099841 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 26. Juni 2014 (2014-06-26) Absätze [0069], [0070], [0072] Abbildung 10 -----	1-15
A	US 4 292 101 A (REICHERT JAMES B) 29. September 1981 (1981-09-29) Abbildungen 5,6 Spalte 4, Zeile 27 - Zeile 52 -----	1-15
A	WO 2010/069084 A1 (RUAG AEROSPACE AG [CH]; FIEDLER BODO [CH]; CARTIER ANDRE [CH]; PEIKERT) 24. Juni 2010 (2010-06-24) Seite 3, Zeile 24 - Zeile 33 Seite 7, Zeile 17 - Zeile 28 -----	1-15
A	WO 2008/003733 A1 (AIRBUS GMBH [DE]; JACOB TORBEN [DE]; PIEPENBROCK JOACHIM [DE]) 10. Januar 2008 (2008-01-10) Seite 2 - Seite 4 Seite 9 Abbildung 4 -----	1-15
A	GB 842 815 A (GOODYEAR AIRCRAFT CORP) 27. Juli 1960 (1960-07-27) Seite 2, Zeile 63 - Zeile 70 Abbildungen 9,10 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/054739

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013106876 A1	08-01-2015	KEINE	
US 2009026659 A1	29-01-2009	KEINE	
FR 2760398 A1	11-09-1998	CA 2232097 A1	06-09-1998
		DE 69815734 D1	31-07-2003
		DE 69815734 T2	29-04-2004
		EP 0865892 A1	23-09-1998
		ES 2202765 T3	01-04-2004
		FR 2760398 A1	11-09-1998
		JP 3798143 B2	19-07-2006
		JP H10291258 A	04-11-1998
		US 6290889 B1	18-09-2001
WO 2014099841 A1	26-06-2014	KEINE	
US 4292101 A	29-09-1981	KEINE	
WO 2010069084 A1	24-06-2010	KEINE	
WO 2008003733 A1	10-01-2008	CA 2655709 A1	10-01-2008
		EP 2038100 A1	25-03-2009
		JP 2009542493 A	03-12-2009
		WO 2008003733 A1	10-01-2008
GB 842815 A	27-07-1960	KEINE	