

(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
09. November 2023 (09.11.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/213659 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 5/128 (2006.01) H02K 15/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/061016

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. April 2023 (26.04.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 204 302.2
02. Mai 2022 (02.05.2022) DE

(71) Anmelder: ZF FRIEDRICHSHAFEN AG [DE/DE]; Lö-
wentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: BUETTNER, Konrad; Forster Str. 3A, 97503
Gädheim (DE). LOBO CASANOVA, Ignacio; Schiller-
strasse 28/1, 88677 Markdorf (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, CV, CZ, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AN ASSEMBLY FOR AN ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER BAUGRUPPE FÜR EINE ELEKTRISCHE MASCHINE

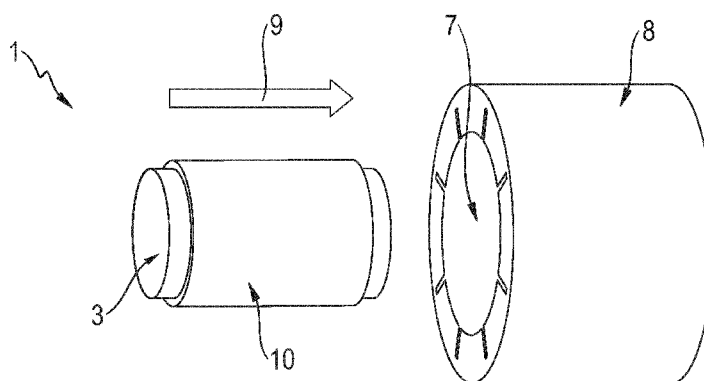


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing an assembly (18) for an electric machine, in particular an electric machine for a motor vehicle, which assembly (18) comprises a stator main body (8) and a can (10) arranged on an inner surface (12) of the stator main body (8), wherein the method comprises the following steps: - providing a structural element (2) on a core (3); - inserting the structural element (2) into a cavity (5) of a tool (4); - injecting a matrix material (6) into the cavity (5); - partially curing the matrix material (6) up to a defined first degree of curing below a complete degree of curing; - removing and inserting the structural element (2), with the core (3), into a stator main body (8); - curing the matrix material (6) beyond the defined first degree of curing.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe (18) für eine elektrische Maschine, insbesondere eine elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug, welche Baugruppe (18) einen Statorgrundkörper (8) und ein an einer Innenfläche (12) des Statorgrundkörpers (8) angeordnetes Spaltrohr (10) aufweist, wobei das Verfahren die Schritte umfasst: - Bereitstellen eines Strukturelements (2) auf einem Kern (3); - Einbringen des Strukturelements (2) in eine Kavität (5) eines Werkzeugs (4); - Injektion eines Matrixmaterials (6) in die Kavität (5); - Teilaushärtung des Matrixmaterials (6) bis zu einem definierten ersten Aushärtungsgrad unterhalb eines vollständigen Aushärtungsgrads; - Entnehmen und Einbringen des Strukturelements (2) mit dem Kern (3) in einen Statorgrundkörper (8); - Aushärten des Matrixmaterials (6) über den definierten ersten Aushärtungsgrad.

Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe für eine elektrische Maschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe für eine elektrische Maschine, insbesondere eine elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug, welche Baugruppe einen Statorgrundkörper und ein an einer Innenfläche des Statorgrundkörpers angeordnetes Spaltrohr aufweist.

Derartige Baugruppen für elektrische Maschinen bzw. Verfahren zur Herstellung derselben sind grundsätzlich aus dem Stand der Technik bekannt. Hierzu wird zum Beispiel ein Spaltrohr hergestellt, das im Betrieb der elektrischen Maschine den Rotorraum innerhalb einer Innenfläche des Statorgrundkörpers von dem eigentlichen Statorraum, beispielsweise Zwischenräume zwischen einem Blechpaket des Stators, abdichtet. Die Abdichtung ist nötig, um eine Fluidverbindung zwischen dem Statorraum und dem Rotorraum zu verhindern, sodass Kurzschlüsse im Betrieb der elektrischen Maschine ausgeschlossen werden können. Beispielsweise wird sowohl der Statorraum als auch der Rotorraum von einer Kühlflüssigkeit durchflossen, sodass das Vermischen der Kühlflüssigkeiten verhindert werden muss, um Kurzschlüsse ausschließen zu können.

Üblicherweise wird ein Strukturelement, beispielsweise ein schlauchartiges Fasermaterial, als „Liner“ auf einen Kern aufgezogen und in einem Resin-Transfer-Molding-Prozess („RTM-Prozess“) mit einem üblicherweise harzbasierten Matrixmaterial getränkt, wobei das Matrixmaterial innerhalb des RTM-Werkzeugs vollständig ausgehärtet wird. Nach dem Aushärten kann das auf dem Kern aufgezogene bzw. ausgehärtete Spaltrohr in die Öffnung des Statorgrundkörpers eingebracht werden. Für das Einbringen ist erforderlich, dass der Außendurchmesser des Spaltrohrs an den Innendurchmesser der Öffnung des Statorgrundkörpers angepasst wird. Hierzu kann eine spanende Bearbeitung des Spaltrohrs erforderlich werden, um eine exakte Passung zwischen der Innenfläche des Statorgrundkörpers und der Außenfläche des Spaltrohrs sicherzustellen. Ein Einpressen des Spaltrohrs in die Öffnung des Statorgrundkörpers ist nur eingeschränkt möglich, um Beschädigungen des Spaltrohrs, beispielsweise Zwischenfaserbrüche, zu verhindern, die zu einer Undichtigkeit des Spaltrohrs führen könnten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein demgegenüber verbessertes Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe für eine elektrische Maschine anzugeben.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Wie beschrieben, betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe für eine elektrische Maschine, insbesondere eine elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug, welche Baugruppe einen Statorgrundkörper und ein an einer Innenfläche des Statorgrundkörpers angeordnetes Spaltrohr aufweist. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Bereitstellen eines Strukturelements auf einem Kern;
- Einbringen des Strukturelements in eine Kavität eines Werkzeugs;
- Injektion eines Matrixmaterials in die Kavität;
- Teilaushärtung des Matrixmaterials bis zu einem definierten ersten Aushärtungsgrad unterhalb eines vollständigen Aushärtungsgrads;
- Entnehmen und Einbringen des Strukturelements mit dem Kern in einen Statorgrundkörper;
- Aushärten des Matrixmaterials über den definierten ersten Aushärtungsgrad.

Nach dem Verfahren wird ein Strukturelement auf einem Kern bereitgestellt, beispielsweise auf einen Kern aufgezogen oder aufgewickelt. Wie beschrieben, kann das Strukturelement grundsätzlich aus Fasermaterial bestehen bzw. Fasermaterial aufweisen und beispielsweise schlauchartig als Gewebe oder Gelege auf den Kern aufgebracht werden. Der Kern stellt einen, beispielsweise zylindrischen Körper dar, der zum Beispiel aus einem Metall ausgebildet sein kann und das Strukturelement während der Herstellung trägt. Mit anderen Worten hält der Kern das Strukturelement in Form, sodass dieses im nächsten Schritt in der Kavität des Werkzeugs mit dem Matrixmaterial injiziert werden kann. Dazu wird das auf dem Kern aufgebrachte Strukturelement zusammen mit dem Kern in die Kavität des Werkzeugs eingelegt und Matrixmaterial in die Kavität injiziert.

Als Matrixmaterial kann beispielsweise ein Harz oder ein harzartiges bzw. harzba-
siertes Material verwendet werden. Zum Beispiel kann im Rahmen eines RTM-Pro-
zesses Harz injiziert und insbesondere über Temperierung ausgehärtet werden. Hier-
bei wird das Matrixmaterial nur zum Teil ausgehärtet, d.h. nicht bis zu einem vollstän-
digen Aushärtungsgrad ausgehärtet, wie dies üblicherweise in derartigen Prozessen
durchgeführt wird. Stattdessen findet nur eine Teilaushärtung des Matrixmaterials bis
zu einem definierten ersten Aushärtungsgrad statt, der unterhalb eines vollständigen
Aushärtungsgrads liegt. Das bedeutet, dass das auf dem Kern hergestellte Spaltrohr,
das heißt das Strukturelement zusammen mit dem teilweise ausgehärteten Matrix-
material, das auch als „Liner“ bezeichnet werden kann, noch elastisch und formbar,
d.h. zäh bzw. zähflüssig vorliegt und nicht vollständig ausgehärtet ist.

Das teilweise ausgehärtete Spaltrohr, d.h. das Strukturelement auf dem Kern, das
mit dem Matrixmaterial getränkt und dieses teilweise ausgehärtet vorliegt, kann an-
schließend zusammen mit dem Kern aus dem Werkzeug entnommen werden und in
den Statorgrundkörper eingebracht werden. Da das Matrixmaterial nicht vollständig
ausgehärtet vorliegt, sondern noch elastisch, formbar und zähflüssig ist, ist keine auf-
wendige Nachbearbeitung notwendig, sondern das Spaltrohr, das heißt das Struktu-
relement zusammen mit dem Matrixmaterial auf dem Kern, kann in die Öffnung ein-
gebracht werden. Dabei kann sich das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial noch
verformen. Insbesondere kann das Matrixmaterial, das noch zähflüssig ist, eine stoff-
schlüssige Verbindung mit der Innenseite des Statorgrundkörpers eingehen. Speziell
dann, wenn der Statorgrundkörper offene Statorkanäle aufweist, kann ein Eindringen
des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials in die Statorkanäle, insbesondere an ei-
nem Innenumfang der Kanäle, auftreten, sodass eine stoffschlüssige Verbindung
zwischen Spaltrohr und Statorgrundkörper erreicht werden kann.

Da das Matrixmaterial somit nur teilweise ausgehärtet vorliegt, kann auf eine span-
nende Nachbearbeitung bzw. ein Einpressen verzichtet werden. Ist das Spaltrohr,
das bedeutet das Strukturelement mit dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial
auf dem Kern in die Öffnung des Statorgrundkörpers eingebracht, kann das Matrix-
material vollständig ausgehärtet werden. Hierbei kann ein Aushärten des

Matrixmaterials über den zuvor erreichten definierten ersten Aushärtungsgrad hinaus erfolgen. Insbesondere kann dadurch erreicht werden, dass im ersten Aushärtungsgrad gegenüber dem vollständigen Aushärtungsgrad eine elastische Form vorliegt bzw. das Matrixmaterial noch formbar und zäh bzw. zähflüssig vorliegt, wohingegen im vollständigen Aushärtungsgrad das Matrixmaterial vollständig ausgehärtet ist, d.h., dass das Matrixmaterial fest ist.

Während des Prozesses, insbesondere nach Einbringen des auf dem Kern aufgetragenen Strukturelements in die Kavität, kann die Kavität des Werkzeugs vakuumiert werden bzw. kann ein Unterdruck erzeugt werden, sodass das Injizieren des Matrixmaterials verbessert ablaufen kann.

Wie beschrieben, soll nach Möglichkeit das Einbringen des teilweise ausgehärteten Spaltrohrs in die Öffnung des Statorgrundkörpers vereinfacht werden. Hierbei kann aufgrund des nur teilweise ausgehärteten Matrixmaterials das Einbringen deutlich vereinfacht werden. Insbesondere hierbei kein Einpressen des Spaltrohrs oder ein spannendes Bearbeiten des Spaltrohrs erforderlich. Vorteilhafterweise kann der Kern vor dem Einbringen in den Statorgrundkörper verkleinert und/oder nach dem Einbringen in den Statorgrundkörper vergrößert und/oder vor dem Entnehmen aus dem Strukturelement bzw. dem Statorgrundkörper verkleinert werden. Die Ausgestaltung sieht insbesondere vor, den Durchmesser des Kerns zu verändern, um ein reibungsloses Einbringen und/oder entnehmen zu ermöglichen.

Da, wie zuvor beschrieben, das Matrixmaterial nur teilweise ausgehärtet wurde, ist es möglich, den Kern zunächst verkleinert, beispielsweise mit einem ersten Durchmesser, bereitzustellen und nach Einbringen des teilweise ausgehärteten Spaltrohrs auf dem Kern in die Öffnung des Statorgrundkörpers, den Kern zu vergrößern, zum Beispiel auf einen zweiten Durchmesser, sodass erst im eingebrachten Zustand ein Kontakt zwischen dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial und der Innenseite des Statorgrundkörpers erreicht wird. Der zweite Durchmesser kann größer als der erste Durchmesser sein. Dadurch kann das Spaltrohr letztlich ohne Berührung in die Öffnung des Statorgrundkörpers eingebracht werden. Der Außendurchmesser des Spaltrohrs kann beim Einbringen beispielsweise 0,1 mm bis 5 mm, im Besonderen

0,5 mm bis 1 mm kleiner gewählt werden als der Innendurchmesser des Statorgrundkörpers.

Hierbei kann der Kern nach dem Einbringen aufgeweitet werden, da das nur teilweise ausgehärtete Matrixmaterial einer solchen Änderung des Durchmessers bzw. Änderung der Größe folgen kann ohne Beschädigungen an dem Spaltrohr zu riskieren. Anschließend kann das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial auf dem vergrößerten Kern ausgehärtet werden, da dies in diesem Zustand seine Endposition erreicht hat und mit der Innenfläche des Statorgrundkörpers in Verbindung steht. Ist das Aushärten abgeschlossen, kann der Kern vorteilhafterweise wieder verkleinert werden, um das Entnehmen aus dem ausgehärteten Spaltrohr zu vereinfachen.

Der Kern kann dabei eine geschlossene Oberfläche aufweisen, die ein Eindringen des Matrixmaterials in die Innenseite des Kerns bzw. einen Innenraum des Kerns verhindert. Die Oberfläche des Kerns kann beispielsweise elastisch beschichtet oder foliert sein. Der Kern kann grundsätzlich beliebig in seiner Größe verändert werden, beispielsweise durch geometrische Einkerbungen oder mechanische Schieber. Ebenso ist ein hydraulisches oder pneumatisches Verändern des Volumens des Kerns möglich. Ist der Kern zylinderförmig, kann sein Durchmesser vergrößert und verkleinert werden, um entsprechend ein Einbringen zu erleichtern und im eingebrachten Zustand das Spaltrohr auf seine gewünschte Geometrie zu bringen.

Nach einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens kann ein Prozessfenster festgelegt werden, in dem der erste Aushärtungsgrad liegt. Grundsätzlich kann der erste Aushärtungsgrad beliebig eingestellt werden, sodass das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial noch ausreichend zähflüssig vorliegt, jedoch nicht zu flüssig vorliegt, um sicherzustellen, dass das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial dennoch seine Form behält. Durch Vorgeben bzw. Festlegen des Prozessfensters wird auch festgelegt, in welchem Zustand der Aushärtungsprozess gestoppt bzw. angehalten oder unterbrochen wird. Wie beschrieben, ist es hierbei erforderlich, dass das Matrixmaterial nicht vollständig ausgehärtet ist, jedoch auch nicht zu flüssig vorliegt.

Das Prozessfenster kann hierbei vordefiniert sein, insbesondere basierend auf vorvermessenen Materialparametern des Matrixmaterials. Sind die Materialparameter des Matrixmaterials im Vorfeld vermessen worden, ist es möglich, das Prozessfenster genau festzulegen. Das bedeutet, dass der Aushärtungsprozess in der Kavität des Werkzeugs basierend auf dem vorvermessenen Materialparametern durchgeführt werden kann. Ist das Matrixmaterial grundsätzlich bekannt, kann festgelegt werden, in welchem Bereich das Matrixmaterial die gewünschten Eigenschaften aufweist, sodass das Prozessfenster festgelegt und während dem Aushärtungsprozess erreicht werden kann. Hierbei ist insbesondere eine direkte Messung nicht erforderlich, da das grundsätzliche Verhalten des Matrixmaterials bekannt bzw. vorvermessen sein kann.

Ebenso ist es möglich, dass das Matrixmaterial zeitgesteuert und/oder temperaturgesteuert bis zu dem ersten Aushärtungsgrad ausgehärtet wird. Ist beispielsweise bekannt, nach Ablauf welcher Zeit innerhalb des Werkzeugs bzw. durch Eintrag welcher bestimmten Temperatur bzw. Wärmemenge in das Matrixmaterial für eine bestimmte Dauer der gewünschte erste Aushärtungsgrad erreicht wird, kann der Prozess zeitgesteuert durchgeführt werden. Ebenso ist es möglich, die Temperatur zu steuern, die zur Aushärtung des Matrixmaterials aufgebracht wird. Im Speziellen können sowohl die Aushärtungszeit als auch die Aushärtungstemperatur festgelegt und im Prozess gesteuert werden, um genau den ersten Aushärtungsgrad des Matrixmaterials zu erreichen.

Eine Weiterbildung des Verfahrens kann vorsehen, dass der Aushärtungsgrad, insbesondere basierend auf wenigstens einem Materialparameter, direkt gemessen und die Aushärtung bei Erreichen des ersten Aushärtungsgrads beendet wird. Im Gegensatz zu einer Steuerung des Aushärtungsgrads basierend auf vorvermessenen Materialparametern kann wenigstens ein Materialparameter direkt gemessen werden bzw. kann der aktuelle Aushärtungsgrad gegenüber dem gewünschten ersten Aushärtungsgrad direkt innerhalb des Werkzeugs bestimmt werden. Das Werkzeug kann dazu geeignete Sensoren aufweisen, die ein direktes Messen bzw. Erfassen des Aushärtungsgrads bzw. des den Aushärtungsgrad beschreibenden Materialparameters erlauben. Das Werkzeug kann somit als „intelligentes Werkzeug“ bezeichnet

werden, da das Prozessfenster, das für die teilweise Aushärtung gewünscht ist, basierend auf der vorgenommenen Erfassung erreicht und der Aushärtungsprozess entsprechend geregelt werden kann.

Der Materialparameter kann beispielsweise eine Viskosität und/oder eine Schallgeschwindigkeit und/oder ein exothermes Signal umfassen. Der Materialparameter kann weitere Parameter annehmen bzw. umfassen. Als Viskosität kann beispielsweise die Ionenviskosität bestimmt werden. Die Viskosität kann im Besonderen basierend auf einer dielektrischen Messung erfasst werden. Eine weitere Möglichkeit den aktuellen Aushärtungsgrad zu erfassen kann darin bestehen, die Schallgeschwindigkeit in dem Matrixmaterial zu bestimmen. Die Schallgeschwindigkeit in dem Matrixmaterial verändert sich mit dem Aushärtungsgrad, sodass bei gewünschtem Aushärtungsgrad der Aushärtungsprozess gestoppt bzw. angehalten oder unterbrochen werden kann. Ebenso ist es möglich, eine exotherme Rückmeldung zu erfassen, die in Abhängigkeit einer gestarteten chemischen Reaktion in dem Matrixmaterial erfasst werden kann.

Wie beschrieben, wird zunächst das Matrixmaterial teilweise ausgehärtet und anschließend in den Statorgrundkörper eingebracht. Das Aushärten des Matrixmaterials über den definierten ersten Aushärtungsgrad hinaus, wobei das halbfertig hergestellte Spaltrohr innerhalb des Statorgrundkörpers angeordnet ist, kann durch Temperierung des Matrixmaterials innerhalb des Statorgrundkörpers erfolgen. Hierbei kann die Temperierung durch eine aktive Temperierung des Statorgrundkörpers und/oder des Kerns ausgeführt werden. Ebenso ist es möglich, den Statorgrundkörper und das in den Statorgrundkörper auf dem Kern aufgezugene halb fertig hergestellte Spaltrohr in eine Heizkammer bzw. Heizeinrichtung einzubringen. Der Kern kann beispielsweise eine Heizpatrone aufweisen, die eine aktive Temperierung des Kerns erlaubt. Durch Temperierung des Statorgrundkörpers und des Kerns kann der Wärmeeintrag in das Matrixmaterial gleichmäßig von innen und außen ausgeführt werden, sodass sich zusätzlich die Prozesszeit reduzieren lässt.

Neben dem Verfahren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung einer Baugruppe für eine elektrische Maschine, insbesondere eine elektrische Maschine

für ein Kraftfahrzeug, welche Baugruppe einen Statorgrundkörper und ein an einer Innenfläche des Statorgrundkörpers angeordnetes Spaltrohr aufweist, wobei die Vorrichtung zur Ausführung des zuvor beschriebenen Verfahrens ausgebildet ist. Die Vorrichtung weist insbesondere Einrichtungen auf, die die zuvor beschriebenen Verfahrensschritte ausführen können. Insbesondere ist der Vorrichtung eine Einrichtung zum Aufbringen des Strukturelements auf den Kern sowie ein Werkzeug zugeordnet, in das das auf den Kern aufgezogene bzw. aufgebrachte Strukturelement eingebracht werden kann. Das Werkzeug stellt insbesondere eine Kavität bereit, in die das Matrixmaterial injiziert und bis zu dem beschriebenen ersten Aushärtungsgrad ausgehärtet werden kann. Weiterhin stellt die Vorrichtung eine Heizeinrichtung bereit, die zum Heizen des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials nach Einbringen in die Öffnung des Statorgrundkörpers ausgebildet ist, um das Matrixmaterial vollständig auszuhärten. Die Vorrichtung weist zudem Einrichtungen zum Verbringen des Kerns und des darauf aufgezogenen Spaltrohrs bzw. Strukturelements auf.

Zusätzlich betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine, insbesondere elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug, umfassend eine Baugruppe, die einen Statorgrundkörper und ein an einer Innenfläche des Statorgrundkörpers angeordnetes Spaltrohr aufweist, wobei die Baugruppe durch ein zuvor beschriebenes Verfahren hergestellt ist.

Sämtliche Vorteile, Einzelheiten und Merkmale, die in Bezug auf das Verfahren beschrieben wurden, sind vollständig auf die Vorrichtung und die elektrische Maschine übertragbar und umgekehrt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Fig. erläutert. Die Fig. sind schematische Darstellungen und zeigen:

Fig. 1 einen beispielhaften Verfahrensschritt eines Verfahrens zur Herstellung einer Baugruppe für eine elektrische Maschine;

Fig. 2 einen beispielhaften Verfahrensschritt des Verfahrens nach Fig. 1;

Fig. 3 einen beispielhaften Verfahrensschritt des Verfahrens nach Fig. 1, 2;

Fig. 4 einen beispielhaften Verfahrensschritt des Verfahrens nach Fig. 1-3;

Fig. 5 einen beispielhaften Verfahrensschritt des Verfahrens nach Fig. 1-4;

Fig. 6 einen beispielhaften Verfahrensschritt des Verfahrens nach Fig. 1-5;

Fig. 7a, 7b einen beispielhaften Verfahrensschritt des Verfahrens nach Fig. 1-6; und

Fig. 8 einen beispielhaften Verfahrensschritt des Verfahrens nach Fig. 1-7.

Fig. 1 zeigt einen ersten schematischen Verfahrensschritte, bei dem, beispielsweise als Bestandteil einer Vorrichtung 1, ein Strukturelement 2 auf einen Kern 3 aufgebracht wird, sodass das Strukturelement 2 aufgebracht auf dem Kern 3 für weitere Prozessschritte bereitgestellt werden kann. Das Strukturelement 2 kann beispielsweise als Gewebe oder Gelege bereitgestellt werden, insbesondere als sogenannte „Preform“. Das Strukturelement 2 kann aus einem Fasermaterial bestehen bzw. wenigstens ein Fasermaterial aufweisen. Als Fasermaterialien können beliebige Fasern verwendet werden, beispielsweise Aramidfasern, Keramikfasern, Glasfasern, Kohlenstofffasern und dergleichen.

Wie gezeigt, kann das Strukturelement 2 schlauchförmig bzw. schlauchartig ausgebildet sein und auf einen beispielsweise zylinderförmigen Kern 3 aufgebracht, beispielsweise aufgeschoben, werden. Anschließend kann, wie in Fig. 2 dargestellt, der Kern 3 zusammen mit dem Strukturelement 2 in ein Werkzeug 4, das ebenfalls Bestandteil der Vorrichtung 1 sein kann, eingebracht werden. Das Werkzeug 4 stellt hierzu eine Kavität 5 bereit, in die der Kern 3 mit dem Strukturelement 2 eingelegt werden kann. Das Werkzeug 4 kann nach Einlegen geschlossen werden und optional evakuiert werden. Anschließend kann ein Matrixmaterial 6 in die Kavität 5 eingespritzt werden, sodass das Strukturelement 2 mit dem Matrixmaterial 6 getränkt wird.

In einem weiteren Verfahrensschritt kann durch geeignete Temperierung der Kavität 5 das Matrixmaterial 6 auf einen ersten Aushärtungsgrad ausgehärtet werden. Der erste Aushärtungsgrad liegt dabei unterhalb eines maximalen Aushärtungsgrads, so dass das Matrixmaterial 6 nicht vollständig, sondern nur teilweise aushärtet. Das Matrixmaterial 6 verbleibt dabei elastisch bzw. formbar, d.h. zäh oder zähflüssig gegenüber dem vollständig ausgehärteten Zustand.

Der erste Aushärtungsgrad kann basierend auf einem vorgegebenen Prozessfenster eingestellt werden. Es ist ebenso möglich, die Temperatur des Werkzeugs 4 zu steuern. Im Speziellen können auch verschiedene Materialparameter des Matrixmaterials 6 erfasst und die Aushärtung geregelt werden. Zum Beispiel kann die Schallgeschwindigkeit in dem Matrixmaterial 6 oder die (Ionen-) Viskosität, insbesondere basierend auf einer dielektrischen Messung, bestimmt werden. Insbesondere beim direkten Erfassen über geeignete Sensoren des Materialparameters kann das Werkzeug 4 den gewünschten ersten Aushärtungsgrad somit exakt einstellen.

Das teilweise fertiggestellte Spaltrohr 10, also das Strukturelement 2 mit dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial 6 kann anschließend auf dem Kern 3 aus dem Werkzeug 4 entnommen werden und, wie in Fig. 3 dargestellt, in eine Öffnung 7 eines Statorgrundkörpers 8 eingebracht werden, wie durch Pfeil 9 dargestellt ist. Dazu kann der Kern 3 verkleinert werden bzw. in Bezug auf eine maximale Ausdehnung des Kerns 3 verkleinert vorliegen. Beispielsweise kann der Kern 3 auf einen ersten Durchmesser eingestellt werden, sodass das Einbringen des teilweise fertiggestellten Spaltrohrs 10 in die Öffnung 7 erleichtert wird, insbesondere reibungsfrei durchgeführt werden kann.

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt einer axialen Darstellung, wobei ersichtlich ist, dass zwischen einer Außenfläche 11 des teilweise fertiggestellten Spaltrohrs 10 und einer Innenfläche 12 des Statorgrundkörpers 8 ein Spalt 13 vorliegt, sodass sich Außenfläche 11 und Innenfläche 12 beim Einbringen nicht berühren. Dadurch entfallen aufwendige Nachbearbeitungsschritte des Spaltrohrs 10, beispielsweise eine spanende Behandlung oder ein Einpressen des Spaltrohrs 10 in den Statorgrundkörper 8. In einem weiteren Verfahrensschritt kann, wie in Fig. 5, 6 gezeigt, der Kern 3 aufgeweitet

werden, sodass die Außenfläche 11 an der Innenfläche 12 anliegt und somit der Spalt 13 beseitigt bzw. geschlossen wird.

Da, wie zuvor beschrieben, das Matrixmaterial 6 noch zähflüssig bzw. nicht vollständig ausgehärtet ist, kann eine stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Matrixmaterial 6, also der Außenfläche 11 des Spaltrohrs 10 und der Innenfläche 12 des Statorgrundkörpers 8 hergestellt werden. Dazu kann eine Temperierung des Matrixmaterials 6, wie in Fig. 5 dargestellt, ausgeführt werden. Beispielsweise wird der Statorgrundkörper 8 auf eine definierte Temperatur geheizt. Alternativ oder zusätzlich ist es ebenso möglich, den Kern 3 zu heizen, beispielsweise über eine Heizpatrone. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die in Fig. 5 dargestellte Kombination aus Kern 3, Spaltrohr 10 und Statorgrundkörper 8 insgesamt zu temperieren, beispielsweise in einer Heizkammer.

Dadurch ergibt sich, dass, wie in Fig. 6 dargestellt, das Spaltrohr 10 mit seiner Außenfläche 11 an der Innenfläche 12 des Statorgrundkörpers 8 anliegt und das Matrixmaterial 6 in diesem Zustand vollständig ausgehärtet wird, sodass sich, wie zuvor beschrieben, die stoffschlüssige Verbindung ergibt. Lediglich beispielhaft ist in Fig. 6 dargestellt, dass Statorkanäle 14 in dem Statorgrundkörper 8 in Richtung eines Rotorraums 15 geöffnet sind. In diesem Fall kann das noch zähflüssige Matrixmaterial 6 in die Statorkanäle 14 teilweise eindringen und die Verbindung zwischen Spaltrohr 10 und Statorgrundkörper 8 weiter verbessern.

In Fig. 7a ist dargestellt, dass der Kern 3, der in Bezug auf seine Ausdehnung veränderbar sein soll, eine geschlossene Oberfläche 16 aufweist. Beispielsweise kann die Oberfläche 16 durch eine dehnbare Folie oder eine Beschichtung ausgebildet sein. Der Kern 3 kann hydraulisch oder pneumatisch unter Druck gesetzt werden, sodass der Kern 3 die gewünschte Ausdehnung, beispielsweise einen definierten Durchmesser oder ein definiertes Volumen einstellt. Ebenso ist es möglich, dass der Kern 3 aus einer Anzahl von Kernsegmenten 17 aufgebaut ist, die über die Oberfläche 16, beispielsweise eine Folie oder eine Beschichtung verbunden sind, sodass das Matrixmaterial 6 nicht in einen Innenraum des Kerns 3 eindringen kann.

Nach vollständigem Aushärten des Matrixmaterials 6 kann der Kern 3 beispielsweise wieder verkleinert werden und, wie in Fig. 8 dargestellt, aus der Öffnung 7 entnommen werden. Dadurch wird eine Baugruppe 18 hergestellt, die einen Statorgrundkörper 8 und ein in dem Statorgrundkörper 8 angeordnetes Spaltrohr 10 aufweist. Die Baugruppe 18 kann insbesondere für eine elektrische Maschine verwendet werden, im Speziellen eine elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug.

Sämtliche hierin beschriebenen Vorteile, Einzelheiten und Merkmale sind vollständig auf die elektrische Maschine sowie das Kraftfahrzeug übertragbar. Das hierin beschriebene Verfahren kann mit der Vorrichtung 1 ausgeführt werden bzw. ist die Vorrichtung 1 zur Durchführung sämtlicher beschriebenen Verfahrensschritte ausgebildet.

Bezugszeichen

1	Vorrichtung
2	Strukturelement
3	Kern
4	Werkzeug
5	Kavität
6	Matrixmaterial
7	Öffnung
8	Statorgrundkörper
9	Pfeil
10	Spaltrohr
11	Außenfläche
12	Innenfläche
13	Spalt
14	Statorkanal
15	Rotorraum
16	Oberfläche
17	Kernsegment
18	Baugruppe

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe (18) für eine elektrische Maschine, insbesondere eine elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug, welche Baugruppe (18) einen Statorgrundkörper (8) und ein an einer Innenfläche (12) des Statorgrundkörpers (8) angeordnetes Spaltrohr (10) aufweist, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:
 - Bereitstellen eines Strukturelements (2) auf einem Kern (3);
 - Einbringen des Strukturelements (2) in eine Kavität (5) eines Werkzeugs (4);
 - Injektion eines Matrixmaterials (6) in die Kavität (5);
 - Teilaushärtung des Matrixmaterials (6) bis zu einem definierten ersten Aushärtungsgrad unterhalb eines vollständigen Aushärtungsgrads;
 - Entnehmen und Einbringen des Strukturelements (2) mit dem Kern (3) in einen Statorgrundkörper (8);
 - Aushärten des Matrixmaterials (6) über den definierten ersten Aushärtungsgrad.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (3) vor dem Einbringen in den Statorgrundkörper (8) verkleinert und/oder nach dem Einbringen in den Statorgrundkörper (8) vergrößert wird und/oder vor dem Entnehmen verkleinert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Prozessfenster festgelegt wird, in dem der erste Aushärtungsgrad liegt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessfenster vordefiniert ist, insbesondere basierend auf vorvermessenen Materialparametern des Matrixmaterials (6).
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrixmaterial (6) zeitgesteuert und/oder temperaturgesteuert bis zu dem ersten Aushärtungsgrad ausgehärtet wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Aushärtungsgrad, insbesondere basierend auf wenigstens einem Materialparameter, direkt gemessen und die Aushärtung bei Erreichen des ersten Aushärtungsgrads beendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Materialparameter eine Viskosität und/oder eine Schallgeschwindigkeit und/oder ein exothermes Signal umfasst.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aushärten des Matrixmaterials (6) über den definierten ersten Aushärtungsgrad durch Temperierung des Matrixmaterials (6) innerhalb des Statorgrundkörpers (8), insbesondere durch aktive Temperierung des Statorgrundkörpers (8) und/oder des Kerns (3), ausgeführt wird.
9. Vorrichtung (1) zur Herstellung einer Baugruppe (18) für eine elektrische Maschine, insbesondere eine elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug, welche Baugruppe (18) einen Statorgrundkörper (8) und ein an einer Innenfläche (12) des Statorgrundkörpers (8) angeordnetes Spaltrohr (10) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche ausgebildet ist.
10. Elektrische Maschine, insbesondere elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug, umfassend eine Baugruppe (18), die einen Statorgrundkörper (8) und ein an einer Innenfläche (12) des Statorgrundkörpers (8) angeordnetes Spaltrohr (10) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Baugruppe (18) durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 hergestellt ist.

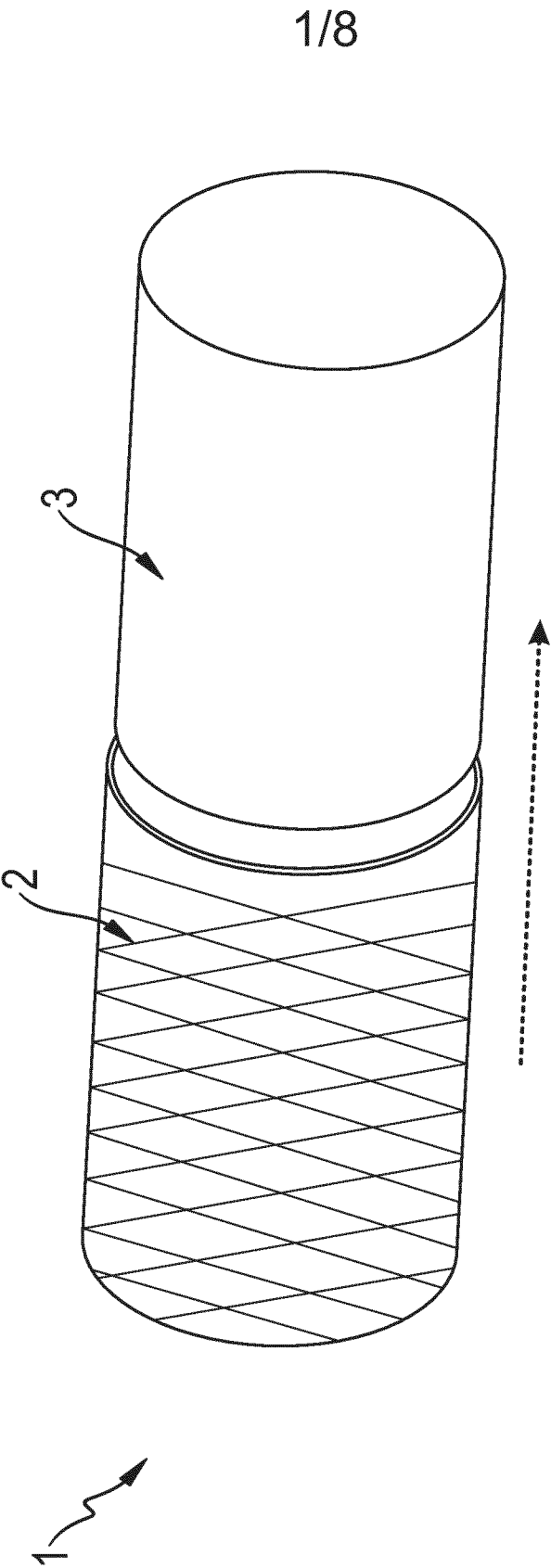


Fig. 1

2/8

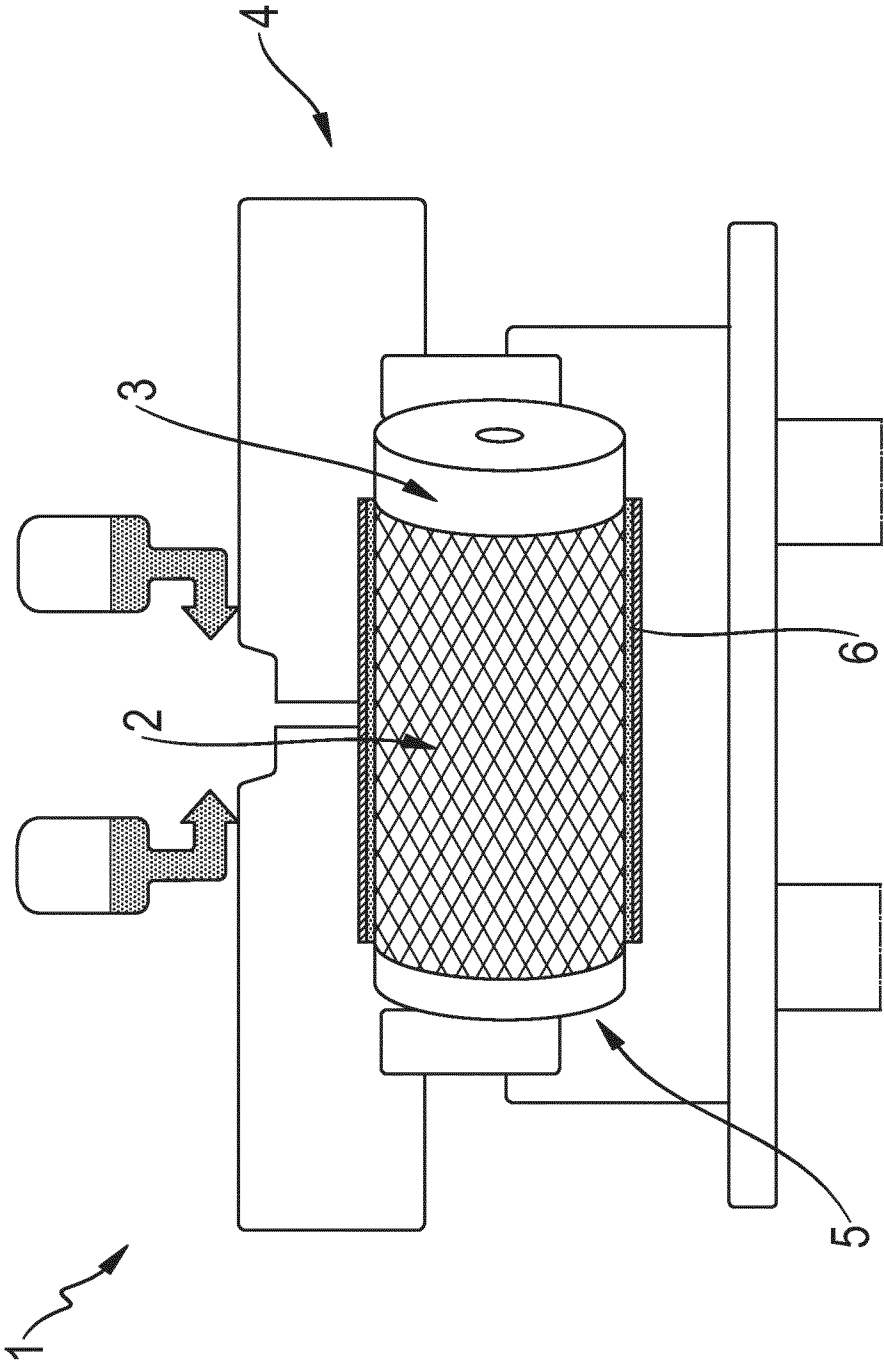


Fig. 2

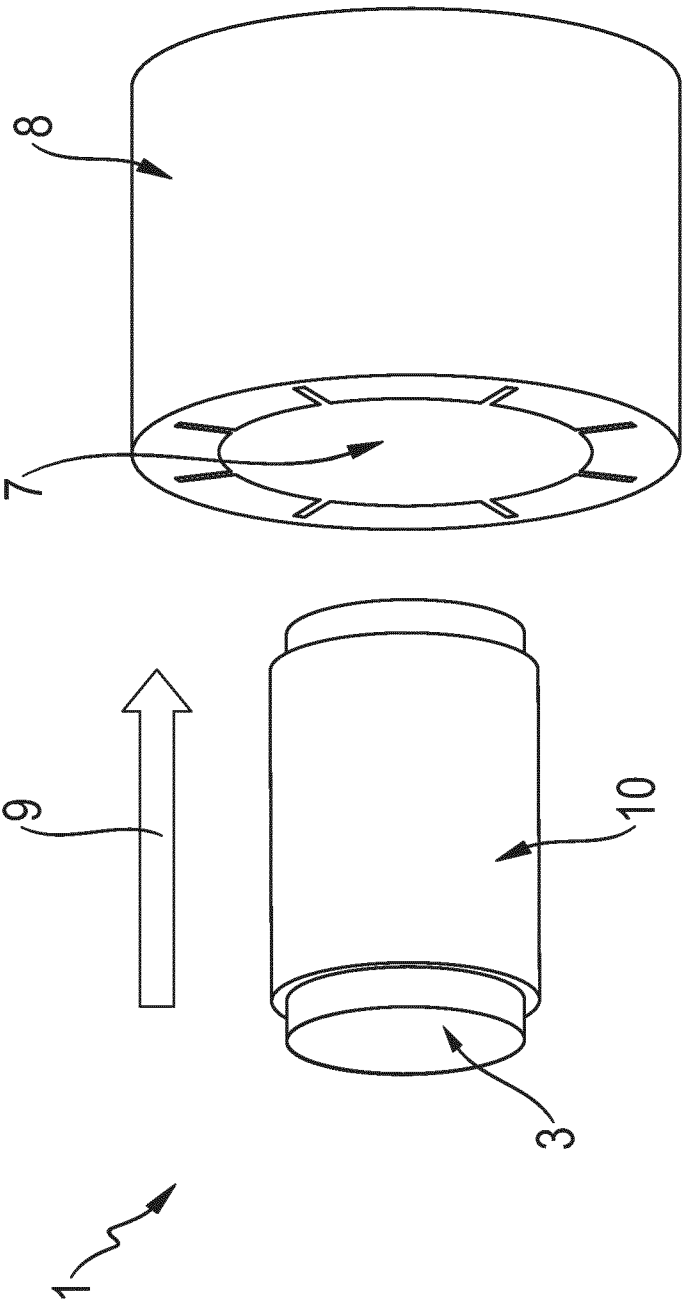


Fig. 3

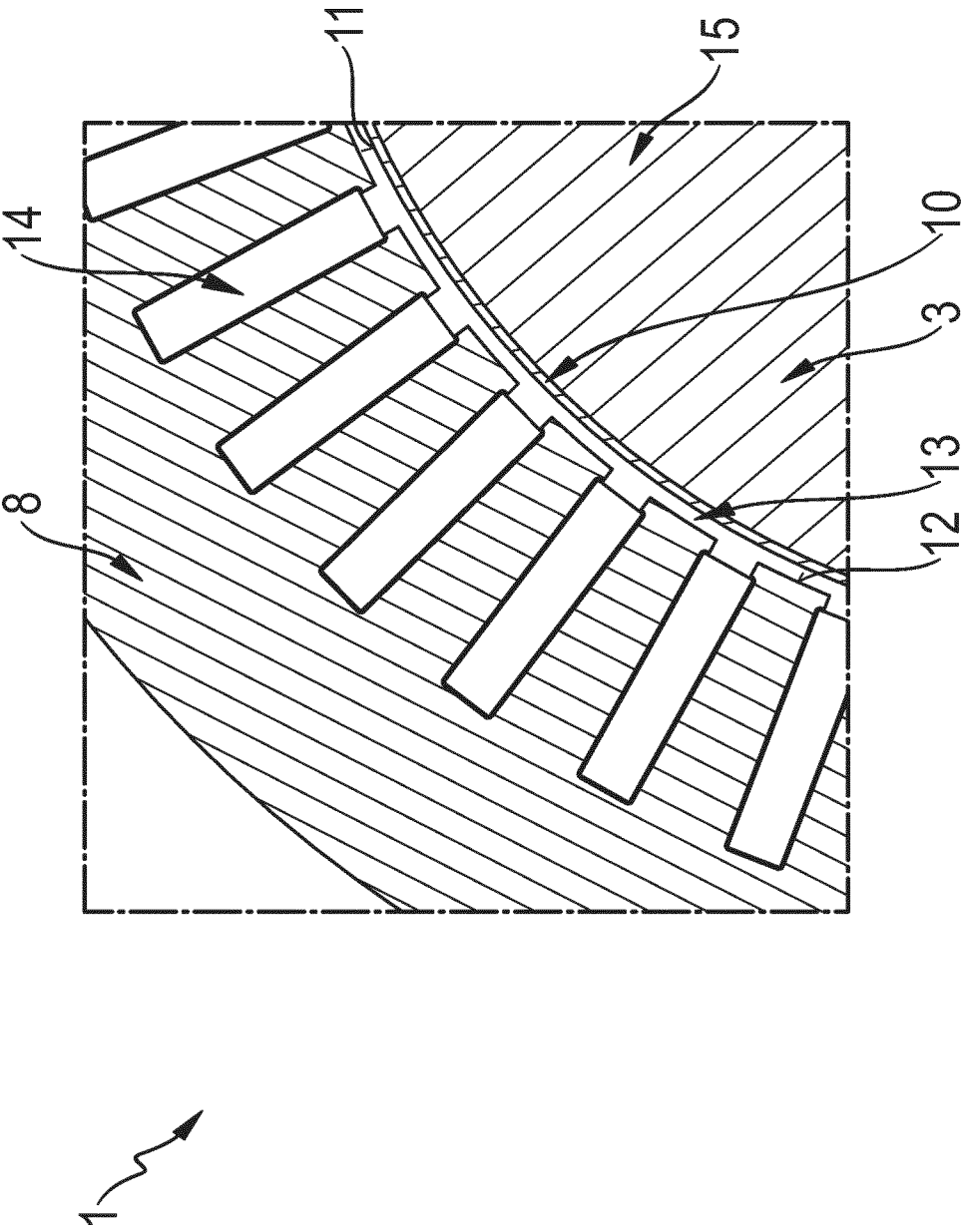


Fig. 4

5/8

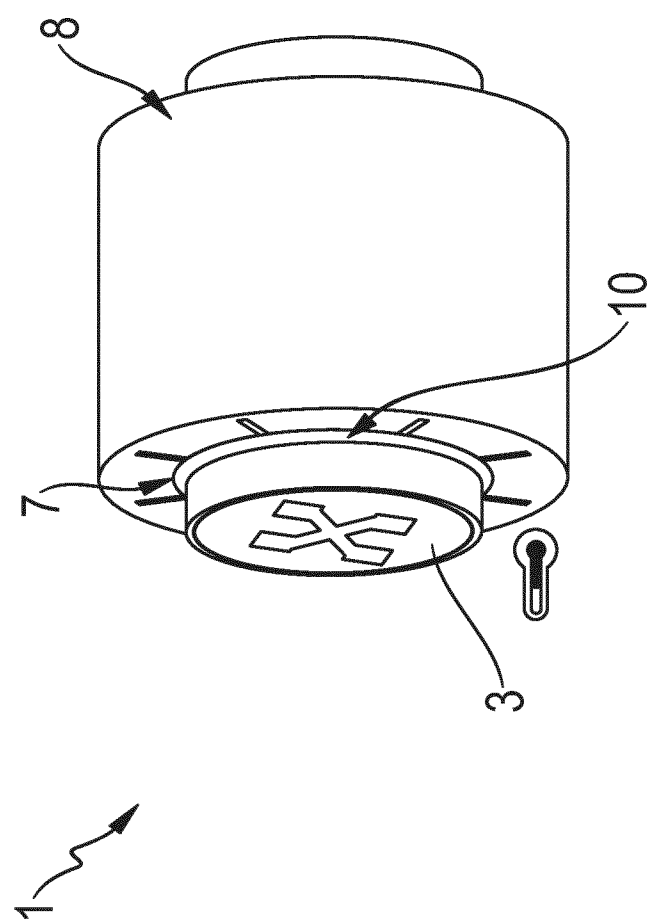


Fig. 5

6/8

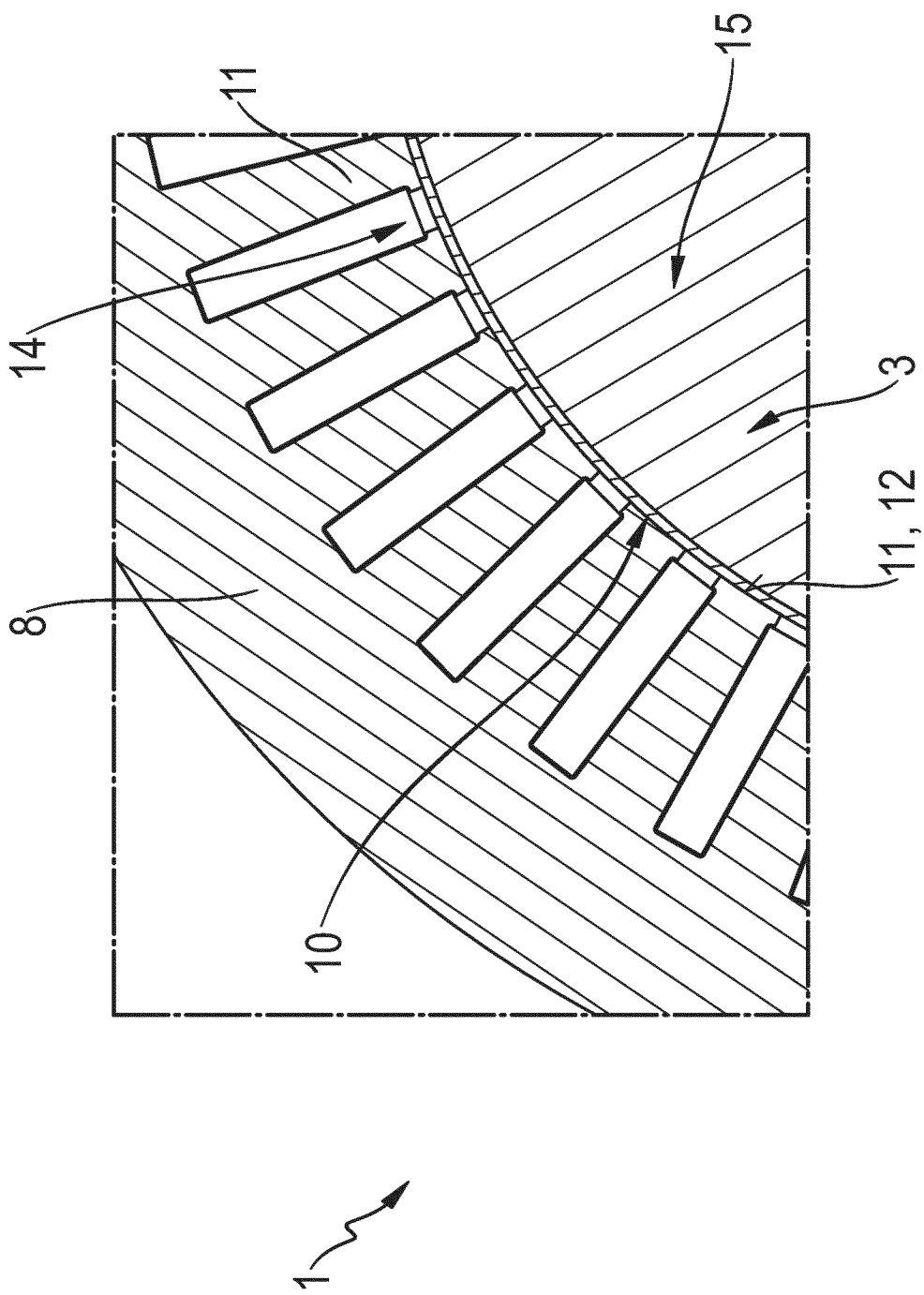


Fig. 6

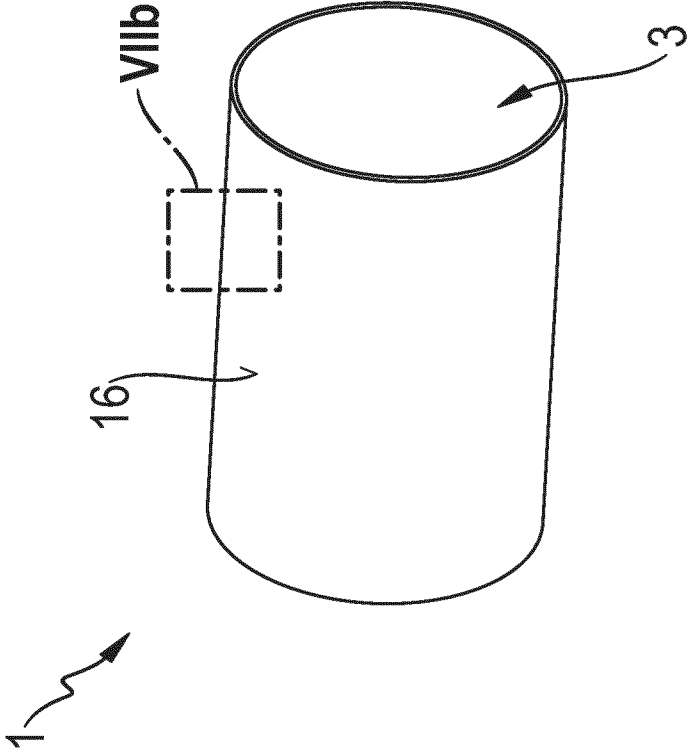


Fig. 7a

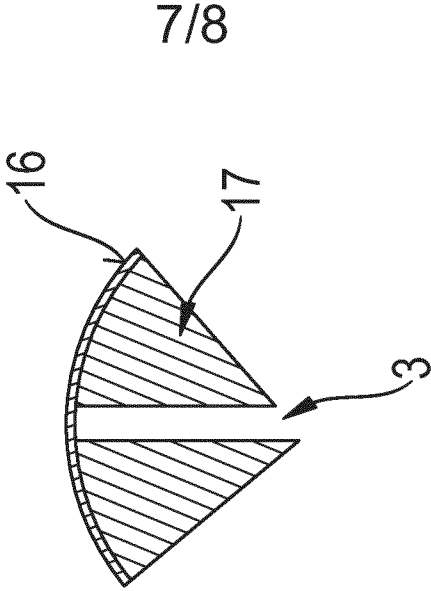


Fig. 7b

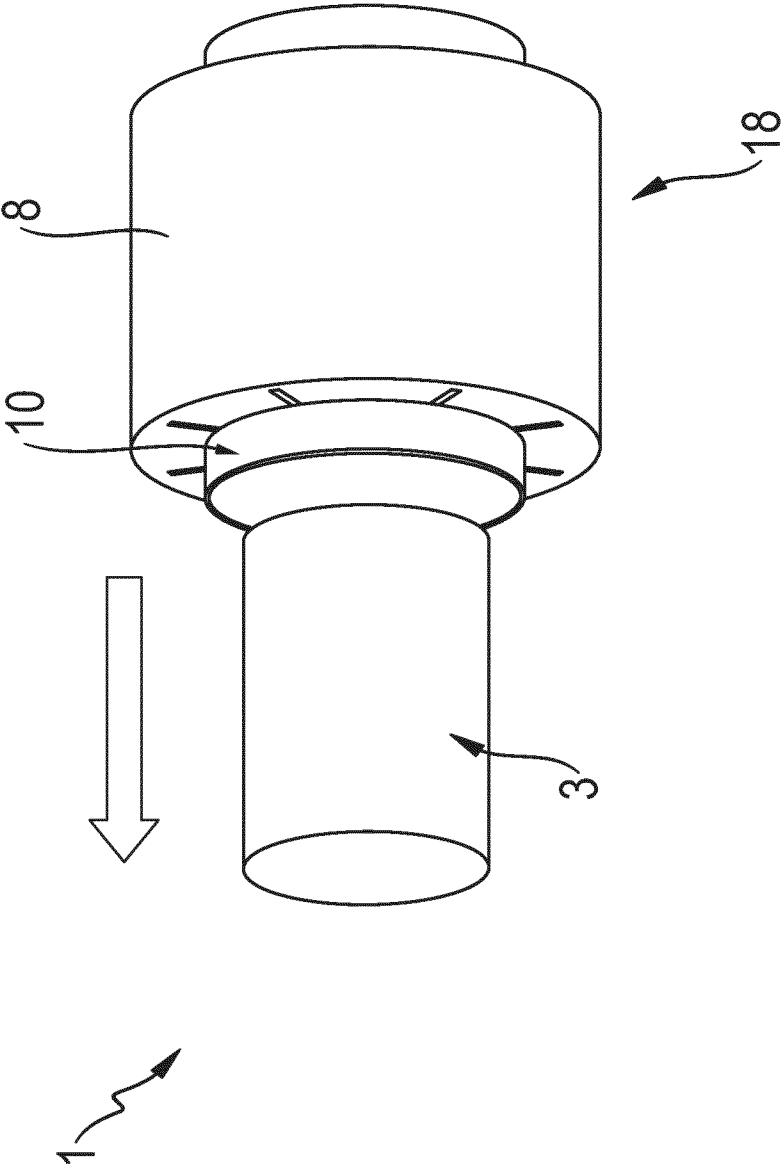


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/061016**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H02K 5/128**(2006.01)i; **H02K 15/02**(2006.01)i

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)

H02K; 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2018226855 A1 (BERENDES PHILIPP [DE] ET AL) 09 August 2018 (2018-08-09) figure 7 paragraphs [0008], [0011], [0044]	1-10
Y	EP 2342068 B1 (WILO SE [DE]; FRIEDRICH ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN NÜRNBERG [DE]) 29 April 2015 (2015-04-29) figures 1,3 paragraph [0062]	1-10

☐ 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

11 July 2023

Date of mailing of the international search report

19 July 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Le Chenadec, Hervé

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/061016

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018226855	A1	09 August 2018	CN	108390510	A	10 August 2018
				DE	102017102141	A1	09 August 2018
				JP	6603737	B2	06 November 2019
				JP	2018126052	A	09 August 2018
				US	2018226855	A1	09 August 2018
EP	2342068	B1	29 April 2015	EP	2342068	A2	13 July 2011
				WO	2010040518	A2	15 April 2010

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02K5/128 H02K15/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02K 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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2018/226855 A1 (BERENDES PHILIPP [DE] ET AL) 9. August 2018 (2018-08-09) Abbildung 7 Absätze [0008], [0011], [0044] -----	1-10
Y	EP 2 342 068 B1 (WILO SE [DE]; FRIEDRICH ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN NÜRNBERG [DE]) 29. April 2015 (2015-04-29) Abbildungen 1, 3 Absatz [0062] -----	1-10
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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 11. Juli 2023		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 19/07/2023
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 Le Chenadec, Hervé

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/061016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2018226855 A1	09-08-2018	CN 108390510 A	10-08-2018
		DE 102017102141 A1	09-08-2018
		JP 6603737 B2	06-11-2019
		JP 2018126052 A	09-08-2018
		US 2018226855 A1	09-08-2018

EP 2342068 B1	29-04-2015	EP 2342068 A2	13-07-2011
		WO 2010040518 A2	15-04-2010
