

(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
18. Februar 2021 (18.02.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/028554 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 15/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/072816

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. August 2020 (13.08.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 121 956.6
14. August 2019 (14.08.2019) DE

(71) Anmelder: GROB-WERKE GMBH & CO. KG
[DE/DE]; Industriestrasse 4, 87719 Mindelheim (DE).

(72) Erfinder: PISTEL, Alexander; Höhlgasse 16, 89229 Unterroth (DE). SACKL, Florian; Wiesenstrasse 14, 87616 Marktoberdor (DE).

(74) Anwalt: KASTEL PATENTANWÄLTE PARTG MBB;
St. Cajetan Str. 41, 81669 München (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: IMPREGNATING APPARATUS, IMPREGNATING ARRANGEMENT AND IMPREGNATING METHOD WITH BARRIER GAS FLOW

(54) Bezeichnung: IMPRÄGNIERVORRICHTUNG, IMPRÄGNIERANORDNUNG UND IMPRÄGNIERVERFAHREN MIT SPERRGASSTRÖMUNG

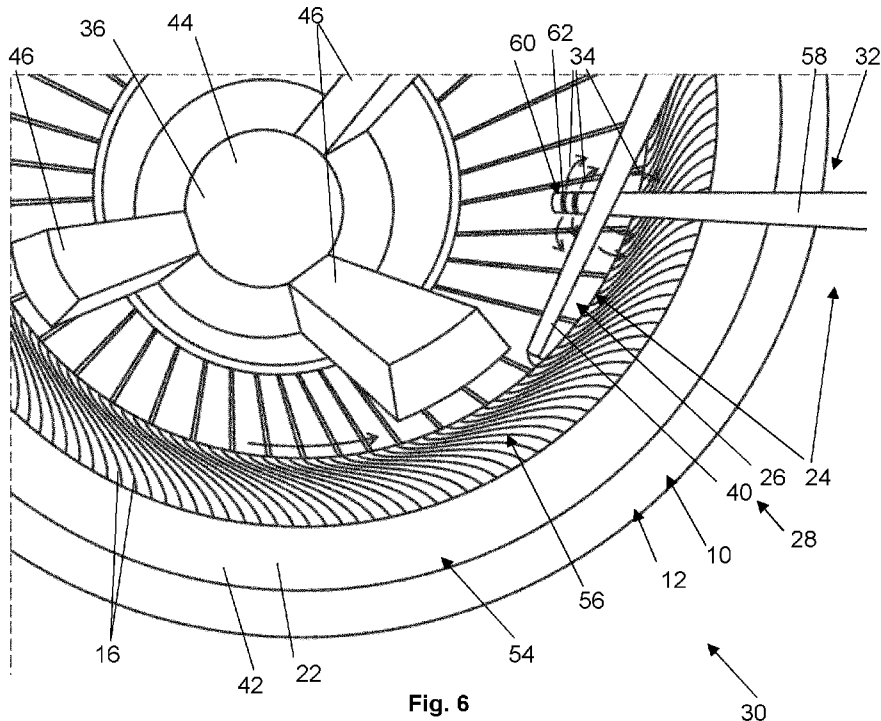


Fig. 6

(57) Abstract: In order to impregnate components (10) of an electric machine in large-quantity series production without having to carry out laborious rework, the invention provides an impregnating apparatus (24), comprising: a resin application device (26) for applying a resin to a first region (54) of a component (10) rotating in the impregnating apparatus (24); and a barrier gas flow-generating device (32) for directing a barrier gas flow (34) onto at least one second region (56), which adjoins the first region (54), of the component (10) in order to prevent the resin from flowing from the first region (54) to the, or over the, second region (56).

(57) Zusammenfassung: Um Bauteile (10) einer elektrischen Maschine in Serienproduktion mit großen Stückzahlen zu imprägnieren, ohne aufwändige Nacharbeiten durchführen zu müssen, schafft die Erfindung eine Imprägniervorrichtung (24), umfassend: eine Har-



WO 2021/028554 A1

(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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

zauftragseinrichtung (26) zum Aufträgen eines Harzes auf einen ersten Bereich (54) eines sich in der Imprägniervorrichtung (24) drehenden Bauteils (10) und eine Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) zum Richten einer Sperrgasströmung (34) auf wenigstens einen sich an den ersten Bereich (54) anschließenden zweiten Bereich (56) des Bauteils (10), um ein Fließen des Harzes von dem ersten Bereich (54) zu dem oder über den zweiten Bereich (56) zu verhindern.

Imprägniervorrichtung, Imprägnieranordnung und Imprägnierverfahren mit Sperrgasströmung

Die Erfindung betrifft eine Imprägniervorrichtung zum Imprägnieren von Bauteilen einer elektrischen Maschine in Serienproduktion. Weiter betrifft die Erfindung eine Imprägnieranordnung mit einer solchen Imprägniervorrichtung und einem zu imprägnierenden Bauteil zum Bilden eines Stators einer elektrischen Maschine. Weiter betrifft die Erfindung ein Imprägnierverfahren zum Imprägnieren von Bauteilen einer elektrischen Maschine in Serienproduktion.

Eine derartige Imprägniervorrichtung, eine derartige Imprägnieranordnung und ein derartiges Imprägnierverfahren sind aus der DE 10 2017 001 939 A1 bekannt. Dabei wird ein Stator zum Bilden einer elektrischen Maschine mittels einer Spanneinheit in einer Träufelanlage zum Träufel Imprägnieren gehalten.

Die Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, eine Imprägniervorrichtung, eine Imprägnieranordnung und ein Imprägnierverfahren zur Verfügung zu stellen, mit denen eine gezielte Imprägnierung mit einem geringeren Nachbearbeitungsaufwand erzielbar ist.

Zum Lösen dieser Aufgabe schafft die Erfindung eine Imprägniervorrichtung, eine Imprägnieranordnung und ein Imprägnierverfahren gemäß den unabhängigen Ansprüchen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung schafft gemäß einem Aspekt davon eine Imprägniervorrichtung zum Imprägnieren von Bauteilen einer elektrischen Maschine in Serienproduktion, umfassend:

eine Harzauftragseinrichtung zum Auftragen eines Harzes auf einen ersten Bereich eines sich in der Imprägniervorrichtung drehenden Bauteils und eine Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung zum Richten einer Sperrgasströmung auf wenigstens einen sich an den ersten Bereich anschließenden zweiten Bereich des Bauteils, um ein Fließen des Harzes von dem ersten Bereich zu dem oder über den zweiten Bereich zu verhindern.

Es ist bevorzugt, dass eine Dreheinrichtung zum Drehen des ringförmigen Bauteils um eine Drehachse vorgesehen ist.

Es ist bevorzugt, dass der erste Bereich und der zweite Bereich bezüglich der Drehachse des Bauteils axial und/oder radial benachbart zueinander sind.

Besonders bevorzugt ist ein an einer Stirnseite eines Stators – als Beispiel für das zu imprägnierende Bauteil – befindlicher Träufelbereich – als Beispiel des ersten Bereichs – axial und radial zu einem Innenbereich des Stators – als Beispiel für den zweiten Bereich – benachbart. Insbesondere soll der Innenbereich des Stators frei von Harz bleiben.

Es ist bevorzugt, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung zum Erzeugen der Sperrgasströmung in der radialen und/oder axialen Richtung von innen nach außen ausgebildet ist.

Besonders bevorzugt ist die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung dazu ausgebildet, eine Sperrgasströmung in wenigstens einer Strömungsrichtung zu erzeugen, die eine radiale Richtungskomponente und eine axiale Richtungskomponente aufweist. Die Strömung hat vorzugsweise auch eine axiale Komponente, um das Harz z.B. aus dem Stator in den ersten Bereich zurück zu drängen, d.h. die oder ein Teil der Strömung strömt vorzugsweise mit einer Richtungskomponente axial in Richtung des ersten Bereichs.

Es ist bevorzugt, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung wenigstens eine Sperrgasdüse mit einer oder mehreren Düsenöffnungen zum Richten der Sperrgasströmung auf den zweiten Bereich aufweist.

Es ist bevorzugt, dass die Harzauftragseinrichtung wenigstens eine zwischen einer Betriebsstellung und einer Ruhestellung bewegbare Träufeldüse zum Aufträufeln von Harz auf den ersten Bereich des Bauteils aufweist.

Es ist bevorzugt, dass die Sperrgasdüse mit der Bewegung der Träufeldüse gekoppelt bewegbar ist.

Es ist bevorzugt, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung eine Druckgasquelle zum Liefern eines Gases mit einem relativ zu einem Umgebungsdruck an dem ersten Bereich um 0,05 bis 4 Bar, vorzugsweise 0,05 bis 1 Bar, insbesondere 0,1 bis 0,2 Bar erhöhten Druck aufweist.

Es ist bevorzugt, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung eine Temperiereinrichtung zur Temperaturbeeinflussung des die Sperrgasströmung erzeugenden Gases aufweist.

Es ist bevorzugt, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung eine Ringdüse mit um einen Umfang herum angeordneten Sperrgasdüsenöffnungen aufweist.

Es ist bevorzugt, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung eine sich zumindest mit einer Richtungskomponenten in axialer Richtung erstreckende Gasleitung mit einer in der axialen Richtung aufeinanderfolgenden Reihe von Sperrgasdüsenöffnungen aufweist.

Es ist bevorzugt, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung eine gaspermeable Schicht oder einen gaspermeablen Körper aufweist, durch welche(n) hindurch die Sperrgasströmung zu dem Bauteil leitbar ist. Zum Beispiel kann die Düse eine Düsenöffnung aufweisen, die mit einem gaspermeablen Körper derart versehen ist, dass zwar Gas austreten, Flüssigkeit wie insbesondere Harz aber nicht eintreten kann. So lässt sich das Eindringen von Verschmutzungen in das Gassystem vermeiden. Auch kann das Bauteil mit einer an einem gaspermeablen Körper ausgebildeten Kontaktfläche kontaktiert werden.

So kann Sperrgas durch den gaspermeablen Körper selbst hindurch bis zu dem Bauteil geleitet werden.

Vorzugsweise ist die gaspermeable Schicht oder der gaspermeable Körper aus einem porösen Metall gebildet, insbesondere aus porösem Aluminium oder porösem Stahl, Chromstahl oder Edelstahl.

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Imprägniervorrichtung weist wenigstens eine durch einen Drehantrieb drehend antreibbare Spanneinheit mit Spannbacken zum Einspannen des Bauteils während des Imprägnierens auf, wobei zumindest ein Teil der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung an oder in der Spanneinheit angeordnet ist. Beispielsweise wird Sperrgas durch die Spanneinheit geleitet. Beispielsweise weist die Spanneinheit die wenigstens eine Sperrgasdüse auf.

Besonders bevorzugt ist die Spannbacke ganz oder teilweise gaspermeabel ausgebildet.

Es ist demnach bevorzugt, dass wenigstens eine der Spannbacken die gaspermeable Schicht oder den gaspermeablen Körper aufweist, um die Sperrgasströmung durch die Spannbacke und die gaspermeable Schicht oder den gaspermeablen Körper zu dem Bauteil zu leiten.

Es ist bevorzugt, dass die Spannbacke einen Spannbackengrundkörper und den an dem Spannbackengrundkörper angebrachten gaspermeablen Körper aufweist, wobei der Spannbackengrundkörper mit einer Leitung oder Düse zum Durchleiten von Sperrgas zu dem gaspermeablen Körper versehen ist und der gaspermeable Körper eine Spannbackenkontaktfläche zum Erfassen des Bauteils aufweist.

Gemäß einem weiteren Aspekt schafft die Erfindung eine Imprägnieranordnung mit einer Imprägniervorrichtung nach einer der voranstehenden Ausgestaltungen und einem zu imprägnierenden Bauteil zum Bilden eines Stators einer elektrischen Maschine, wobei das Bauteil ein ringförmiges Blechpaket mit Nuten aufweist, in denen elektrische Leiter eingesetzt sind, die aus Nutöffnungen hervorstehen, wobei der erste Bereich ein die Nutöffnungen aufweisender oder an die

Nutöffnungen angrenzender Ringbereich ist und der zweite Bereich ein dem Ringbereich benachbarter Innenrandbereich des Blechpakets ist.

Gemäß einem weiteren Aspekt schafft die Erfindung ein Imprägnierverfahren zum Imprägnieren von Bauteilen einer elektrischen Maschine in Serienproduktion, umfassend:

- a) Auftragen von Harz auf einen ersten Bereich des Bauteils und
- b) Richten einer Sperrgasströmung auf einen an den ersten Bereich angrenzenden zweiten Bereich des Bauteils, um ein Fließen von Harz zu dem oder über den zweiten Bereich zu vermeiden.

Es ist bevorzugt, dass Schritt a) den Schritt umfasst:

- a1) Drehen des ringförmigen Bauteils während des Auftragens um eine Drehachse.

Es ist bevorzugt, dass Schritt a) den Schritt umfasst:

- a2) Aufträufeln des Harzes mittels wenigstens einer Träufeldüse.

Es ist bevorzugt, dass Schritt a) den Schritt umfasst:

- a3) Temperieren des Harzes vor dem Auftragen auf eine vorbestimmte Temperatur.

Es ist bevorzugt, dass Schritt a) den Schritt umfasst:

- a4) Temperieren des Bauteils vor und/oder während des Auftragens auf eine vorbestimmte Temperatur.

Es ist bevorzugt, dass Schritt a) den Schritt umfasst:

- a5) Bewegen einer Träufeldüse zu einer Betriebsstellung zum Aufräufeln und in eine Ruhestellung zum Aufnehmen eines neuen Bauteils und Entfernen eines bereits beträufelten Bauteils.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

- b1) Leiten der Sperrgasströmung mit einer bezüglich einer Mittelachse des ringförmigen Bauteils radialen Richtungskomponente von innen nach außen.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

b2) Leiten der Sperrgasströmung in wenigstens einer Strömungsrichtung mit einer bezüglich einer Mittelachse des ringförmigen Bauteils axialen Richtungskomponente. Vorzugsweise ist eine axiale Strömungskomponente vorgesehen, um Harz entlang einer Mittelachse des Bauteils zurück zu dem ersten Bereich zu bewegen.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

b3) Temperieren der Sperrgasströmung auf eine vorbestimmte Temperatur.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

b4) Erzeugen der Sperrgasströmung durch eine Reihe von Düsen, um einen Sperrgasvorhang zu erzeugen.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

b5) Erzeugen eines sich zumindest mit einer Richtungskomponente in eine bezüglich der Mittelachse des ringförmigen Bauteils axiale Richtung erstreckenden Sperrgasvorhangs.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

b6) Erzeugen eines sich zumindest bereichsweise in eine bezüglich der Mittelachse des ringförmigen Bauteils Umfangsrichtung erstreckenden Sperrgasvorhangs.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

b7) Bereitstellen von Druckluft als Sperrgas mit einem Überdruck im Bereich von 0,05 bis 4 Bar, vorzugsweise 0,05 bis 1 Bar, insbesondere 0,1 bis 0,2 Bar.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

b8) Erzeugen der Sperrgasströmung mittels einer Sperrgasdüse, die eine Reihe von Düsenöffnungen aufweist.

Es ist bevorzugt, dass Schritt b) den Schritt umfasst:

b9) Bewegen einer Sperrgasdüse in eine Betriebsstellung zum Erzeugen der Sperrgasströmung und in eine Ruhestellung zum Aufnehmen eines neuen Bauteils und Entfernen eines bereits beträufelten Bauteils.

Vorzugsweise umfasst Schritt b):

Leiten der Sperrgasströmung durch eine gaspermeable Schicht oder einen gaspermeablen Körper hindurch zu dem Bauteil.

Vorzugsweise umfasst das Imprägnierverfahren den Schritt: Halten des Bauteils unter Anpressen der gaspermeablen Schicht oder des gaspermeablen Körpers an dem Bauteil.

Bevorzugt wird das Imprägnierverfahren zum Imprägnieren eines Bauteils zum Ausbilden eines Stators einer elektrischen Maschine, welches Bauteil ein ringförmiges Blechpaket mit Nuten aufweist, in denen elektrische Leiter eingesetzt sind, die aus Nutöffnungen hervorstehen, eingesetzt. Dabei ist bevorzugt, dass Schritt a) umfasst: Auftragen des Harzes in einem die Nutöffnungen aufweisenden oder an die Nutöffnungen angrenzenden Ringbereich. Weiter ist bevorzugt, dass Schritt b) umfasst: Richten der Sperrgasströmung auf einen an den Ringbereich angrenzenden Innenrandbereich des Blechpakets.

Vorzugsweise umfasst das Imprägnierverfahren die Schritte:

Halten des Blechpakets mittels einer Spanneinheit, die an einem Innenumfang des Blechpakets angreifende Spannbacken aufweist und

Verhindern eines Fließens von Harz zu dem Innenumfang durch die Sperrgasströmung.

Vorzugsweise umfasst das Imprägnierverfahren weiter:

drehendes Antreiben der Spanneinheit, um das Bauteil um seine Mittelachse während des Harzauftrags zu drehen.

Es ist bevorzugt, dass das Blechpaket mittels der Spannbacken gehalten wird, die zumindest an der Kontaktfläche zu dem Blechpaket einen gaspermeablen Bereich

aufweisen, wobei Sperrgas durch die Spannbacke und den gaspermeablen Bereich zu dem Blechpaket geleitet wird.

Mit den Ausgestaltungen der Erfindung lassen sich Verschmutzungen des Bauteils durch Harz an Bereichen, die von Harz frei zu halten sind, auf einfache Art und Weise verhindern und nachträgliche Reinigungsarbeiten zur Entfernung eines unerwünschten Harzauftrages entfallen oder sind zumindest deutlich verringert.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigt:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Stators als Beispiel für ein Bauteil einer elektrischen Maschine, welches in einer Imprägniervorrichtung in Serienproduktion zu imprägnieren ist;
- Fig. 2 eine Querschnittsansicht durch den Stator von Fig. 1 entlang einer senkrecht zu einer Mittelachse des Stators liegenden Querschnittsebene;
- Fig. 3 eine Vergrößerung eines Bereichs des in Fig. 2 dargestellten Stators;
- Fig. 4 eine Ansicht wie in Fig. 3 für einen Stator gemäß einer anderen Ausführungsform;
- Fig. 5 eine perspektivische Ansicht einer Imprägnieranordnung mit einem Bauteil einer elektrischen Maschine während eines Imprägnievorgangs in einer Imprägniervorrichtung, von der nur eine als Träufleinrichtung ausgebildete Harzauftragseinrichtung gezeigt ist;
- Fig. 6 eine perspektivische Ansicht der Imprägnieranordnung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung mit dem Bauteil während des Imprägnievorgangs in der Imprägniervorrichtung, welche die als

Träufleinrichtung ausgebildete Harzauftragseinrichtung und eine Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung aufweist;

- Fig. 7 eine Draufsicht auf eine erste Ausführungsform der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung;
- Fig. 8 eine perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung; und
- Fig. 9 eine perspektivische Ansicht einer dritten Ausführungsform der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung;
- Fig. 10 eine schematische geschnittene Seitenansicht einer Spannbacke einer Spanneinheit einer vierten Ausführungsform der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung.

Die Fig. 1 bis 3 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel für ein zu imprägnierendes Bauteil 10 einer elektrischen Maschine. In diesem Ausführungsbeispiel ist das zu imprägnierende Bauteil 10 ein Stator 12 einer elektrischen Maschine und insbesondere eines Elektromotors, der als Fahrmotor in einem Elektrofahrzeug einsetzbar ist. In anderen Ausführungsbeispielen könnte das zu imprägnierende Bauteil 10 auch ein anderes Element einer elektrischen Maschine, wie zum Beispiel ein Rotor sein.

Der Stator 12 hat ein beispielsweise aus einem Blechpaket 13 hergestelltes, vorzugsweise ringförmiges Gehäuse 14 mit bezüglich der Mittelachse des Gehäuses 14 axial angeordneten Nuten 16, in welchen jeweils wenigstens ein Isolationspapier 18 und Drahtabschnitte 20 einer Spulenwicklung 22 untergebracht sind. Der in den Fig. 1 bis 3 dargestellte Stator kann beispielsweise durch ein Verfahren hergestellt sein, wie es näher in der deutschen Patentanmeldung DE 10 2018 103 962.3 sowie der WO 2018/233774 A1 und der WO 2018/233771 A1 beschrieben und gezeigt ist.

Dementsprechend können die Drahtabschnitte 20 in den Nuten 16 einen rechteckigen Querschnitt aufweisen.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für den Stator 12, wo die Spulenwicklungen 22 durch eine Vielzahl von Drahtabschnitten 20 mit rundem Querschnitt gebildet sind.

Bei beiden Ausführungsformen des Stators 12 können die Nuten 16 nicht vollständig durch das Isolationspapier 18 und die Drahtabschnitte 20 befüllt werden.

Zur Stabilisierung des Stators 12, Fixierung der Lage der Drahtabschnitte 20 in der Nut 16, zur besseren Isolierung zwecks Verhinderung von Überschlügen und zur Vermeidung von Beschädigungen von Isolationen der Drahtabschnitte 20 durch Vibrationen ist es vorteilhaft, die verbleibenden Hohlräume innerhalb der Nuten 16 mit einem elektrisch isolierenden Harz auszufüllen. Dieses Einfüllen von Harz erfolgt mittels einer Imprägniervorrichtung 24, die eine Harzauftragseinrichtung 26 zum Auftragen von Harz auf das zu imprägnierende Bauteil 10 aufweist. Die Harzauftragseinrichtung 26 kann unterschiedlich aufgebaut sein. Bevorzugt ist die Harzauftragseinrichtung 26 als Träufleinrichtung 28 ausgebildet

Fig. 5 zeigt eine Imprägnieranordnung 30, die das Bauteil 10 und die Imprägniervorrichtung 24 umfasst, von der in Fig. 5 nur die Harzauftragseinrichtung 26 und eine Spanneinheit 36 gezeigt sind. Dabei ist die Harzauftragseinrichtung 26 als Träufleinrichtung 28 zum Aufträufeln eines zunächst noch flüssigen Harzes auf das Bauteil 10 ausgebildet. Vorzugsweise wird das Bauteil 10 dabei mittels einer Dreheinrichtung 29 um seine Längsmittelachse als Drehachse 38 gedreht. Das Harz von der Träufleinrichtung 28 läuft dann durch Kapillarkräfte und durch Fliehkräfte und – bei Neigung der Drehachse des Bauteils 10 schräg zur Vertikalen auch durch Schwerkraft – in die verbleibenden Hohlräume in den Nuten 16 und füllt diese aus.

Anschließend wird das Harz durch Temperieren geliert und schließlich vollständig ausgehärtet.

Fig. 6 zeigt die Imprägnieranordnung 30 mit der Imprägniervorrichtung 24. Wie in Fig. 6 dargestellt, weist die Imprägniervorrichtung 24 zusätzlich zu der Harzauftragseinrichtung 26 noch eine Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung 32 zur Erzeugung einer Sperrgasströmung 34 und die Spanneinheit 36 zum Halten des Bauteils 10 auf.

Im Folgenden werden Eigenschaften und Wirkungen der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung 32 anhand der Darstellungen der Fig. 1 bis 6 am Beispiel der Imprägnierung des Stators 12 eines Elektromotors als Bauteil 10 näher erläutert.

Der in den Fig. 1 bis 6 gezeigte Stator 12 weist als Gehäuse 14 ein Blechpaket 13 auf, welches aus vielen einzelnen Blechen besteht. Die Bleche werden zueinander ausgerichtet, gefügt und verschweißt. Durch die geometrische Form der einzelnen Bleche ergeben sich nach dem Fügen als axiale Längsnuten ausgebildete Nuten 16, die durch das Blechpaket 13 führen. In diese Nuten 16 wird Isolationspapier 18 eingebracht, welche die als Kupferdrähte/Kupferpins (im Folgenden Drähte 42 genannt; Beispiel für elektrische Leiter) ausgeführten Drahtabschnitte 20 im Blechpaket 13 umhüllen. Fig. 2 und 3 zeigen, wie die Kupferpins (Fig. 2) oder die Kupferdrähte (Fig. 3) durch die Nuten 16 im Blechpaket 13 verlaufen. Die Pins/Drähte sind vom Blechpaket 13 durch das Isolationspapier 18 getrennt.

Zwischen den einzelnen Kupferdrähten und -pins sowie dem Isolationspapier 18 entstehen kleine Lücken. Die Nuten 16 können nicht zu 100% gefüllt werden. Diese entstandenen Lücken werden mit einem Harz befüllt, das nach dem Aushärten bei einer bestimmten Temperatur die einzelnen Komponenten des Stators 12 in ihrer Position stabilisiert. Die Harzfüllung wirkt dem elektrischen Durchschlag einzelner Leiter entgegen, begünstigt die Wärmeableitung und verhindert Vibrationen bzw. Folgeschäden wie Abrasion der Isolationsschicht einzelner Pins und Drähte durch Vibrationen.

Zur Befüllung der Nuten 16 mit dem Harz gibt es verschiedene Verfahren. Bei bevorzugten Ausgestaltungen des hier dargestellten Imprägnierverfahrens geht es

speziell um das sogenannte „Träufelverfahren“, mit welchem das Harz in den Stator eingebracht wird. Die hier dargestellten Ideen hinsichtlich Konzentrierung eines Harzauftrages nur auf gewünschte Bereiche lassen sich aber auch auf andere Imprägnierverfahren anwenden.

Wie in Fig. 5 dargestellt, ist eine Mittelachse des Stators 12 vorzugsweise horizontal auf einer Drehachse 38 angeordnet, um die er sich dreht. Optional kann die Drehachse um eine bestimmte Gradzahl gekippt werden.

Die Träufleinrichtung 28 weist eine oder mehrere Träufeldüsen 40 auf, die auf die Drähte 42 bzw. Pins, die aus den Nuten 16 des Blechpaketes 13 ragen, gerichtet sind. Mit den Träufeldüsen 40 wird das flüssige Harz auf die Drähte 42 bzw. Pins geträufelt, während sich der Stator 12 um seine Drehachse 38 dreht. Es ist anzumerken, dass der gesamte Stator 12 zuvor auf eine bestimmte Temperatur gebracht wurde. Dadurch wird auch das Harz niedrigviskos, also flüssiger und kann so über die Kapillarwirkung zwischen den Drähten 42 und Pins durch die Nuten 16 des Blechpaketes 13 laufen bzw. kriechen.

Nachdem die geplante Menge an Harz auf- bzw. eingebracht wurde, wird das Harz auf eine Geltemperatur gebracht. Die Geltemperatur ist vom Harz abhängig. Hier fängt das Harz an zu polymerisieren d.h. auszuhärten.

Solange das Harz noch nicht angefangen hat zu gelieren, wird der Stator 12 konstant um seine Drehachse 38 weiter gedreht, um zu vermeiden, dass das Harz aus den Nuten 16 läuft. Das Harz wird nur durch die Fliehkräfte der Drehung, die Kapillarwirkung und die definierte Viskosität in Position gehalten.

Beim Träufeln fließt das Harz - begünstigt durch die Kapillarkräfte - in die Nut 16 und füllt dort die Zwischenräume aus. Das Harz wird in der Regel mit einer Temperatur von 10-45°C verarbeitet und trifft beim Träufeln auf einen ca. 80-140° heißen Stator 12. Dadurch ändert sich die Viskosität schlagartig auf einen Bruchteil der Viskosität, welche ursprünglich bei Raumtemperatur vorherrscht. Das Fließverhalten des Harzes nach dem Auftreffen gibt maßgeblich das Design des Stators vor, welches in der Regel von dem Hersteller des Stators 12 auch

entsprechend des Einsatzzweckes vorgegeben wird. Im günstigsten Fall fließt das Harz zwischen Isolationspapier und Kupferlackdrähte – Drähte 42 – und füllt somit die Zwischenräume aus. Der Fließweg des Imprägnierharzes kann jedoch nicht zwangsläufig bestimmt werden, somit besteht die Tendenz, dass das Harz insbesondere durch die Ausprägung des Isolationspapiers an der Stirnseite der Statoren 12 auch zwischen Isolationspapier und Blechpaket 13 fließt.

Der Stator 12 ist beim z.B. durch Träufeln erfolgenden Harzauftrag in der Regel auf einem Innenspanndorn der Spanneinheit 36 aufgespannt. Dieser Spanndorn 44 zentriert den Stator 12, insbesondere das Blechpaket 13, mit mindestens zwei Spannbacken 46 auf die Mittelachse des Blechpakets 13. Diese Spannbacken 46 berühren den Stator 12 am Innendurchmesser des Blechpakets 13 und sind die Schnittstelle von Spanndorn 44 zum Stator 12. Die Spannbacken 46 können in unterschiedlicher Form ausgeprägt werden. Diese werden jedoch in der Regel dem Innendurchmesser des Blechpakets 13 angepasst. Da eine gewisse Spannkraft benötigt wird, um den Stator 12 durch Kraftschluss beim Träufelprozess sowie beim Statortransport mit Spanndorn 44 zu halten, muss die Spannkraft auf eine Fläche verteilt werden. Bei einer zu kleinen Spannfläche ergeben sich Druckspitzen, welche das Blechpaket 13 des Stators 12 im elastischen oder plastischen Bereich verformen könnten.

Das Blechpaket 13 des Stators 12 ist wiederum aus einer Vielzahl von Blechlamellen mit einer Dicke von 0,1-0,4 mm gebildet. Diese Blechlamellen werden in einem Stanzprozess hergestellt, gestapelt und am Außendurchmesser miteinander verschweißt, siehe die entsprechenden Schweißnähte 48 in Fig. 1. Durch den Herstellungsprozess (insbesondere das Stapeln der Blechlamellen) und dessen Toleranzen ist der Innendurchmesser des Blechpakets 13 nicht eben. Durch einen leichten Versatz der einzelnen Blechlamellen entsteht eine unregelmäßige Oberfläche. Des Weiteren ist die Höhe des Blechpakets 13 an einer ersten Position 50, wo sich eine Schweißnaht 48 befindet, und einer zweiten Position 52, die zwischen benachbarten Schweißnähten 48 liegt, unterschiedlich: an den Schweißnähten – erste Position 50 – ist die Höhe jeweils kleiner als an den Zwischenpositionen – zweite Position 52. Dadurch, dass die Schweißnähte 48 am Außendurchmesser liegen, ist die Höhe des Blechpakets 13 am

Innendurchmesser in der Regel größer als am Außendurchmesser, da die Fixierung außen erfolgt. Dadurch ergeben sich kleine Zwischenräume zwischen den Blechlamellen.

Des Weiteren ergeben sich ebenfalls Zwischenräume zwischen den Spannbacken 46 des Spanndorns 44 und dem Blechpaket 13. Diese Zwischenräume wirken als Kapillare, so dass das Harz in diese Kapillaren gezogen werden könnte.

Nach dem Träufelprozess, welcher unter konstanter Rotation um die Statorachse stattfindet, wird der Stator 12 weiter unter Temperatureinfluss unter konstanter Drehzahl gedreht. Während dem Gelieren bzw. Aushärten ist der Stator 12 weiterhin auf dem Spanndorn 44 aufgespannt. Das auf dem Stator 12 befindliche Harz wird dadurch geliert, d.h. die Polymerisation beginnt, bis dieses schließlich vollkommen ausgehärtet ist. Harz, das sich zwischen Spannbacke 46 und Blechpaket 13 befände, würde ebenfalls aushärten.

Wenn sich Harz zwischen Spannbacke 46 und Blechpaket 13 befindet und aushärtet, ergeben sich die folgenden Nachteile:

- Der Innendurchmesser des Blechpakets wird durch das ausgehärtete Harz verschmutzt.
- Am fertigen Stator ist in der Regel ein Innendurchmesser frei von Harz bzw. nur ein minimaler Harzauftrag erwünscht.
- Der Spanndorn 44 lässt sich durch das gelierte/ausgehärtete Harz nur schwer vom Blechpaket 13 lösen.
- Es bleiben Harzreste an den Spannbacken 46 sowie am Innendurchmesser des Blechpakets 13 zurück.
- Bei weiterer Verwendung des Spanndorns 44 baut sich immer mehr Harz an den Spannbacken 46 auf, was mit jedem zusätzlich geträufelten Stator 12 zu einem größeren Harzauftrag am Statorinnendurchmesser führt.

Es sind verschiedene Versuche durchgeführt worden, um die voranstehenden Nachteile zu vermeiden.

Bei einem ersten Ansatz, den Harzauftrag am Innendurchmesser zu eliminieren, hat man versucht, die Geometrie der Backen zu variieren. Die Form der Spannbacken wurde dem Statorinnendurchmesser angepasst und die Nutzwischenräume wurden ausgespart. Somit sollten die Kapillaren zwischen dem Blechpaket und der Spannbacken eliminiert oder verkleinert werden. Dies hatte jedoch weiterhin einen teils erheblichen Harzauftrag zur Folge, sodass die Anforderungen von Statorherstellern ohne eine Reinigung des Statorinnendurchmessers nicht erfüllt werden konnten.

In einem weiteren Ansatz hat man eine linienförmige Auflage der Spannbacken 46 vorgesehen. Eine linienförmige Auflage der Spannbacken 46 führte aber ebenfalls zu keinen besseren Ergebnissen und barg zudem das Risiko einer möglichen Deformation des Blechpakets 13.

Des Weiteren wurden mehrere Versuchsreihen mit einer Reinigung des Spanndorns 44 durchgeführt. Da sich das Harz wie beschrieben auf den Spannbacken 46 aufbaut, war bei einem gereinigten Spanndorn 44 nur ein minimaler Harzauftrag vorhanden. Prinzipiell ist dieses Verfahren für einige Herstellverfahren mit geringerer Stückzahl geeignet, sofern ein minimaler Harzauftrag am Statorinnendurchmesser zulässig ist. Es muss jedoch eine regelmäßige Reinigung des Spanndorns 44 bzw. der Spannbacken 46 erfolgen, welche in eine Anlagentechnik für eine Serienanlage integriert werden muss (Inline-Reinigung). Das ist aufgrund des zusätzlichen Platzbedarfs meist nicht möglich. Des Weiteren sind derzeit am besten geeignete Reinigungskonzepte (Laserreinigung bzw. Trockeneisreinigung) sehr teuer, was das gesamte Anlagenkonzept sehr aufwändig und somit kostenintensiv macht.

Um den Kapillareffekten entgegenzuwirken, wurden weiter Versuche mit beschichteten Spannbacken 46 (Antihafbeschichtung) durchgeführt. Diese waren jedoch ebenfalls nicht zielführend, zumal die Beschichtung durch den teils scharfkantigen Innendurchmesser sehr leicht beschädigt wurde.

Alle oben beschriebenen Versuche wurden mit Metallbacken durchgeführt.

Die nächste Versuchsreihe wurde mit Kunststoffbacken (Spannbacken 46 aus Kunststoff) durchgeführt. Ziel der Versuche war, die Unebenheiten und den daraus entstehenden Zwischenräumen zwischen Spannbacke 46 und des Innendurchmessers des Blechpakets 13 durch eine verformbare Spannbacke 46 zu verschließen. Dadurch waren keine Kapillaren mehr vorhanden. Dieses Prinzip funktioniert für eine kleine Anzahl an Statoren 12 mit denselben Spannbacken 46 sehr gut. Jedoch hat der teils scharfkantige Innendurchmesser die Spannbacken 46 nach wenigen gefertigten Statoren 12 beschädigt. Dadurch entstanden wiederum Zwischenräume zwischen Spannbacke 46 und Blechpaket 13. Dieser füllte sich mit Harz und hatte einen Harzauftrag am Innendurchmesser des Blechpakets 13 zur Folge. Die Standzeit dieser Kunststoffbacken war sehr gering (<20 Bauteile). Somit war dieser Ansatz nicht für eine Serienanlage, auf der mehrere Hundert Bauteile 10 pro Tag produziert werden sollen, geeignet. Die Kosten für die als Verschleißteile oft auszutauschenden Spannbacken 46 wären sehr hoch und die Spannbacken müssten händisch gewechselt werden. Die Standzeit ist teilweise sehr unterschiedlich, und somit sollten die Spannbacken 46 vorbeugend getestet werden bzw. ein System zur Überwachung des Zustands der Spannbacken 46 sollte in die Anlagentechnik integriert werden.

Um diese Nachteile zu vermeiden, wird die Imprägniervorrichtung 24 vorgeschlagen, von der ein Ausführungsbeispiel genauer in Fig. 6 und 7 wiedergegeben ist. Die Imprägniervorrichtung 24 ist zum Imprägnieren von Bauteilen 10 einer elektrischen Maschine in Serienproduktion ausgebildet, und umfasst die Harzauftragseinrichtung 26 zum Auftragen eines Harzes auf einen ersten Bereich 54 eines sich in der Imprägniervorrichtung 24 drehenden Bauteils 10 und die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung 32 zum Richten einer Sperrgasströmung 34 auf wenigstens einen sich an den ersten Bereich 54 anschließenden zweiten Bereich 56 des Bauteils 10, um ein Fließen des Harzes von dem ersten Bereich 54 zu dem oder über den zweiten Bereich 56 zu verhindern.

Als Sperrgas kommt vorzugsweise – weil einfach zu realisieren und kostengünstig – Luft zum Einsatz; je nach gewünschter Atmosphäre können auch andere Gase eingesetzt werden.

Die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung 24 weist wenigstens eine Sperrgasleitung 58 und eine Sperrgasdüse 60 auf.

Der erste Bereich 54 ist insbesondere der Bereich, in dem das Harz aufgeträufelt wird. Dies ist bei dem dargestellten Beispiel eines Stators 12 als Bauteil 10 insbesondere der Ringbereich, in dem sich Wicklungsköpfe der Spulenwicklung 22 befinden und in dem die Isolationspapiere 18 und die Drähte 42 aus den Nuten 16 vorstehen. Der zweite Bereich 56 weist bei dem Beispiel des Stators 12 als Bauteil den Innenrand 62 des Blechpakets 13 und einen Ringbereich des Innendurchmessers des Stators 12 auf.

Das Harz wird zum Beispiel durch eine geeignete Luftführung einer separaten Sperrluftdüse (Beispiel für die Sperrgasdüse 60), welche im Bereich der Träufeldüse 40 angeordnet ist, am Fluss in den Innendurchmesser gehindert.

Durch die beispielsweise als Luftströmung ausgebildete Sperrgasströmung 34 fließt das Harz nicht bzw. kaum mehr zwischen Blechpaket 13 und Isolationspapier 18 und wird zusätzlich in die Nut 16 zwischen Isolationspapier 18 und Draht 42 gelenkt.

Dadurch kann die Verschmutzung am Innendurchmesser komplett eliminiert werden.

Bei einer Versuchsfertigung eines Stators für einen Elektrofahrzeugfahrmotor ist dieses Verfahren bereits erfolgreich getestet worden. Dabei wurden zehn Statoren 12 angefertigt und imprägniert. Diese Statoren 12 wiesen keinerlei Verschmutzung am Innendurchmesser auf.

Die Figuren 7 bis 9 zeigen unterschiedliche Ausführungsformen der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung 32, die jeweils wenigstens eine Sperrgasleitung 58 und wenigstens eine Sperrgasdüse 60 aufweisen. Die wenigstens eine Sperrgasdüse 60 weist weiter eine oder mehrere Düsenöffnungen 62 auf.

Wie Fig. 7 zeigt, weisen vorteilhafte Ausgestaltungen der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung 32 weiter wenigstens eine Druckgasquelle 64 und/oder eine Temperiereinrichtung 66 auf.

Die Druckgasquelle 64 ist zum Beispiel als Pumpe oder Druckgastank ausgebildet und dient dazu, ein Gas, insbesondere Luft, mit einem relativ zu einem Umgebungsdruck an dem ersten Bereich 54 um 0,05 bis 4 Bar, vorzugsweise 0,05 bis 1 Bar, insbesondere 0,1 bis 0,2 Bar erhöhten Druck über die Sperrgasleitung 58 an die wenigstens eine Sperrgasdüse 60 zu liefern.

Die Temperiereinrichtung 66 weist z.B. einen Wärmetauscher, eine Heizeinrichtung und/oder eine Kühleinrichtung auf und ist zur Temperaturbeeinflussung des die Sperrgasströmung 34 erzeugenden Gases, insbesondere Luft, ausgebildet.

Wie in Fig. 7 gezeigt, ist die Sperrgasdüse 60 an einem Halter 68 gehalten, der zwischen einer Betriebsstellung zum Imprägnieren des Bauteils 10 und einer Ruhestellung zum Austauschen des zu imprägnierenden Bauteils 10 bewegbar ist. Insbesondere ist auch die Träufeldüse 40 an dem Halter 68 gehalten, so dass die Träufeldüse 40 und die Sperrgasdüse 60 gemeinsam und somit gekoppelt bewegbar sind und in der Betriebsstellung passend zueinander positioniert sind. Bei einer anderen Ausgestaltung sind unterschiedliche bewegbare Halter 68 für die Träufeldüse 40 und die Sperrgasdüse 60 vorgesehen, wobei die Bewegung dieser unterschiedlichen Halter 68 gekoppelt ist.

Wie weiter in Fig. 7 dargestellt, sind bei einer Ausgestaltung mehrere Düsenöffnungen 62 vorgesehen, die sich mit wenigstens einer Richtungskomponente in eine bezüglich der Drehachse 38 radiale Richtung von innen nach außen erstrecken. Dadurch lässt sich die Sperrgasströmung 34 in radialer Richtung erzeugen. Eine oder mehrere der Düsenöffnungen 62 sind bei einer Ausgestaltung auch schräg angeordnet, so dass die Sperrgasströmung 34 auch eine Richtungskomponente in axialer Richtung erhält. Insbesondere ist zumindest ein Teil der Sperrgasströmung in axialer Richtung von dem zweiten

Bereich 56 hin zu dem ersten Bereich 54 gerichtet. Von dem ersten Bereich 54 zu dem zweiten Bereich 56 fließendes Harz wird durch diese Strömungskomponente zurück in den ersten Bereich 54 gedrängt.

Fig. 7 zeigt ein Beispiel einer Sperrgasdüse 60, mit der die z.B. als Luftströmung ausgebildete Sperrgasströmung 34 entgegen der Fließrichtung des Harzes gedrückt wird. Die in Fig. 7 dargestellte Sperrgasdüse 60 ist an einer Art Lanze ausgebildet, die in axialer Richtung ausgerichtet ist und durch den Halter 68 in der Betriebsstellung derart gehalten wird, dass das eine Ende in das Blechpaket 13 hinein ragt, um die Düsenöffnungen 62 auf den zweiten Bereich 56 zu richten. An der so ausgebildeten Gasleitung 58, die sich zumindest teilweise axial erstreckt, ist eine in axialer Richtung aufeinanderfolgende Reihe von Düsenöffnungen 62 vorgesehen. Fig. 6 zeigt die Anordnung einer in Fig. 7 gezeigten Sperrgasdüse 60 in der Betriebsstellung innerhalb des Stators 12. Mit der unteren Düse – Träufeldüse 40 – wird Harz dosiert, mit der rechten Düse – Sperrgasdüse 60 – wird ein z.B. als Luftvorhang (Sperrluft) ausgebildeter Sperrgasvorhang aufgebaut. Die Drehrichtung des Stators 12 ist bei Fig. 6 gegen den Uhrzeigersinn.

Wie in Fig. 8 dargestellt, kann die Sperrgasdüse 60 oder wenigstens eine von mehreren Sperrgasdüsen 60 auch als Ringdüse 70 mit um einen Umfang herum angeordneten Düsenöffnungen 62 ausgebildet sein.

Die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung 32 ist bei einer anderen, in Fig. 9 dargestellten Ausgestaltung zumindest teilweise an dem Spanndorn 44 der Spanneinheit 36 ausgebildet. Je eine Sperrgasleitung 58 erstreckt sich durch jeden oder einige der Spannbacken 46. Diese Spannbacken 46 weisen an ihren Enden weiter mehrere Düsenöffnungen 62 auf, so dass die Sperrgasdüsen 60 an den Spannbacken 46 ausgebildet sind. Somit wird der Kontaktbereich der Spannbacken 46 als zweiter Bereich 56 frei von Harz gehalten. Wie in Fig. 9 gezeigt, bleiben die Spannbacken 46 des Spanndorns (oder einer Spannzange) nach dem Träufeln frei von Harz.

Fig. 10 zeigt noch eine veränderte Spannbacke 46 einer derzeit besonders bevorzugten Varianten der in Fig. 9 gezeigten Ausgestaltung. Demnach weist die

Spannbacke 46 einen Spannbackengrundkörper 72 – z.B. in Form einer Grundbacke – mit Sperrgasleitung 58 und Düsenöffnungen 62 sowie eine gaspermeable Schicht 74 oder einen gaspermeablen Körper 76 – beispielsweise in Form eines permeablen Aufsatzes – auf. Die Kontaktfläche 78, mit der die Spannbacke 46 das Bauteil 10 erfasst, ist an der gaspermeablen Schicht 74 bzw. dem gaspermeablen Körper 76 ausgebildet. In dem Spannbackengrundkörper 72 ist zum Beispiel eine Luftführung eingebracht. Sperrgas wie zum Beispiel Luft durchströmt den gaspermeablen Körper 76 vom Spannbackengrundkörper 72 ausgehend in Richtung zur Kontaktfläche 78.

Der gaspermeable Körper 76 ist mittels Schrauben 80 – oder anderer lösbarer Befestiger – lösbar an dem Spannbackengrundkörper 72 befestigt und kann bei Verschleiß ausgetauscht werden.

Wie dieses Ausführungsbeispiel zeigt, lässt sich ein Luftpolster oder ein anderes Sperrgaspolster mittels einer (zumindest teilweise oder auch ganz) permeablen Spannbacke 46 aufbauen.

Die gaspermeable Schicht 74 oder der gaspermeable Körper ist zum Beispiel aus einem porösen Metall, gegebenenfalls mit Bindemittel gebildet. Gut geeignet hierfür ist ein poröses Aluminium oder ein poröser Stahl. Poröse Blöcke und Platten aus Aluminium mit Bindemittel oder Stahl/Chromstahl/Edelstahl mit Bindemittel, aus denen die Schicht 74 oder der Körper 76 hergestellt werden können, sind auf dem Markt erhältlich, z.B. von der Fa. ALWA Technische Produkte für Kunststoffverarbeitung, Modell- und Formbau GmbH, Gronau.

Bei anderen, hier nicht näher dargestellten Ausgestaltungen ist eine Kombination der in den Fig. 7 bis 10 dargestellten unterschiedlichen Ausgestaltungen von Sperrgasdüsen 60 vorgesehen. Zum Beispiel ist zusätzlich zu der in Fig. 9 oder 10 gezeigten Ausbildung von Sperrgasdüsen 60 an den Spannbacken 46 die in Fig. 7 und/oder Fig. 8 dargestellte Ausbildung als zusätzliche Sperrgasdüse 60 vorgesehen.

Die in den Fig. 7 bis 10 gezeigte, z.B. als Sperrluftdüse ausgebildete Sperrgasdüse 60 wird mit einem relativen Druck von 0,1-0,2 bar beaufschlagt. Bei den Ausgestaltungen nach den Fig. 7 und 8 wird die Sperrgasdüse 60 an die Bewegung der Träufeldüse 40 gekoppelt. Somit sind keine weiteren (Maschinen-)Achsen notwendig. Die Sperrgasdüse 60 bleibt ortsfest und muss sich nicht mit dem Stator 12 drehen.

Nach ersten Versuchen zeigte sich, dass beste Ergebnisse dann erzielt werden, wenn die z.B. als Luftströmung ausgebildete Sperrgasströmung 34 senkrecht auf den Innendurchmesser des Blechpakets 13 gerichtet wird und die erste Düsenöffnung 62a (siehe Fig. 7) bündig mit der Stirnseite des Blechpakets 13 ausgerichtet wird.

Um ein Abkühlen des Blechpakets 13 zu verhindern, kann das Sperrgas durch die Temperiereinrichtung 66 bereits auf die Statortemperatur erwärmt werden. Hier ergibt sich weiterhin ein Spielraum mit unterschiedlichen Temperaturen.

Wie in Fig. 9 und 10 gezeigt, ergibt sich eine weitere mögliche Umsetzung durch eine Integration der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung 32 in den Spanndorn 44. Hierbei kann eine Kopplung des Spanndorns 44 anlagenseitig mit Luft erfolgen, des Weiteren eine integrierte Luftführung im Spanndorn.

Die Sperrluft braucht nur während des Träufelprozesses appliziert zu werden. Im Gelierofen bzw. im Härteofen ist Sperrluft nicht mehr erforderlich.

Durch die Verwendung von Sperrgas, wie insbesondere Sperrluft kann handelsüblicher Stahl als Material für die Spannbacken 46 verwendet werden. Dadurch können hohe Standzeiten der Spanndorne 44 erreicht werden. Nach den ersten Versuchen zeigte sich keine negative Auswirkung auf den Füllgrad des Stators 12 bzw. auf die Harzverteilung am Wickelkopf (Beispiel für erster Bereich 54).

Bezugszeichenliste:

10	Bauteil
12	Stator
13	Blechpaket
14	Gehäuse
16	Nut
18	Isolationspapier
20	Drahtabschnitte
22	Spulenwicklung
24	Imprägniervorrichtung
26	Harzauftragseinrichtung
28	Träufleinrichtung
29	Dreheinrichtung
30	Imprägnieranordnung
32	Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung
34	Sperrgasströmung
36	Spanneinheit
38	Drehachse
40	Träufeldüse
42	Drähte
44	Spanndorn
46	Spannbacke
48	Schweißnaht
50	erste Position
52	zweite Position
54	erster Bereich
56	zweiter Bereich
58	Sperrgasleitung
60	Sperrgasdüse
62	Düsenöffnung
62a	erste Düsenöffnung
64	Druckgasquelle
66	Temperiereinrichtung
68	Halter

70	Ringdüse
72	Spannbackengrundkörper
74	gaspermeable Schicht
76	gaspermeabler Körper
78	Kontaktfläche
80	Schraube

Ansprüche:

1. Imprägniervorrichtung (24) zum Imprägnieren von Bauteilen (10) einer elektrischen Maschine in Serienproduktion, umfassend:
eine Harzauftragseinrichtung (26) zum Auftragen eines Harzes auf einen ersten Bereich (54) eines sich in der Imprägniervorrichtung (24) drehenden Bauteils (10) und
eine Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) zum Richten einer Sperrgasströmung (34) auf wenigstens einen sich an den ersten Bereich (54) anschließenden zweiten Bereich (56) des Bauteils (10), um ein Fließen des Harzes von dem ersten Bereich (54) zu dem oder über den zweiten Bereich (56) zu verhindern.

2. Imprägniervorrichtung (24) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Dreheinrichtung (29) zum Drehen des ringförmigen Bauteils (10) um eine Drehachse (38) vorgesehen ist und
2.1 dass der erste Bereich (54) und der zweite Bereich (56) bezüglich der Drehachse (38) des Bauteils (10) axial und/oder radial benachbart zueinander sind und/oder
2.2 dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) zum Erzeugen der Sperrgasströmung (34) in der radialen und/oder axialen Richtung von innen nach außen ausgebildet ist.

3. Imprägniervorrichtung (24) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) wenigstens eine Sperrgasdüse (60) mit einer oder mehreren Düsenöffnungen (62) zum Richten der Sperrgasströmung (34) auf den zweiten Bereich (56) aufweist.

4. Imprägniervorrichtung (24) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Harzauftragseinrichtung (26) wenigstens eine zwischen einer Betriebsstellung und einer Ruhestellung bewegbare Träufeldüse (40) zum Aufträufeln von Harz auf den ersten Bereich (54) des Bauteils (10) aufweist und/oder dass die Sperrgasdüse (60) mit der Bewegung der Träufeldüse (40) gekoppelt bewegbar ist.
5. Imprägniervorrichtung (24) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) eine Druckgasquelle (64) zum Liefern eines Gases mit einem relativ zu einem Umgebungsdruck an dem ersten Bereich um 0,05 bis 4 Bar, vorzugsweise 0,05 bis 1 Bar, insbesondere 0,1 bis 0,2 Bar erhöhten Druck aufweist.
6. Imprägniervorrichtung (24) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) eine Temperiereinrichtung (66) zur Temperaturbeeinflussung des die Sperrgasströmung (34) erzeugenden Gases aufweist.
7. Imprägniervorrichtung (24) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) eine Ringdüse (70) mit um einen Umfang herum angeordneten Sperrgasdüsenöffnungen (62) und/oder eine sich zumindest mit einer Richtungskomponenten in axialer Richtung erstreckende Gasleitung (58) mit einer in der axialen Richtung aufeinanderfolgenden Reihe von Sperrgasdüsenöffnungen (62) aufweist.
8. Imprägniervorrichtung (24) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) eine gaspermeable

Schicht (74) oder einen gaspermeablen Körper (76) aufweist, durch welche(n) hindurch die Sperrgasströmung zu dem Bauteil (10) leitbar ist.

9. Imprägniervorrichtung (24) nach einem der voranstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch wenigstens eine durch einen Drehantrieb drehend antreibbare Spanneinheit (36) mit Spannbacken (46) zum Einspannen des Bauteils (10) während des Imprägnierens, wobei zumindest ein Teil der Sperrgasströmungserzeugungseinrichtung (32) an oder in der Spanneinheit (36) angeordnet ist.

10. Imprägniervorrichtung (24) nach Anspruch 8 und nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Spannbacken (46) die gaspermeable Schicht (74) oder den gaspermeablen Körper (76) aufweist, um die Sperrgasströmung durch die gaspermeable Schicht oder den gaspermeablen Körper zu dem Bauteil (10) zu leiten.

11. Imprägniervorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannbacke (46) einen Spannbackengrundkörper (72) und den an dem Spannbackengrundkörper (72) angebrachten gaspermeablen Körper (76) aufweist, wobei der Spannbackengrundkörper (72) mit einer Sperrgasleitung (58) und/oder Düsenöffnung (62) zum Durchleiten von Sperrgas zu dem gaspermeablen Körper (76) versehen ist und der gaspermeable Körper (76) eine Kontaktfläche (78) der Spannbacke (46) zum Erfassen des Bauteils (10) aufweist.

12. Imprägnieranordnung (30) mit einer Imprägniervorrichtung (24) nach einem der voranstehenden Ansprüche und einem zu imprägnierenden Bauteil (10) zum Bilden eines Stators (12) einer elektrischen Maschine, wobei das Bauteil (10) ein ringförmiges Blechpaket (13) mit Nuten (16) aufweist, in denen elektrische Leiter (20, 42) eingesetzt sind, die aus Nutöffnungen hervorstehen, wobei der erste Bereich (54) ein die Nutöffnungen aufweisender oder an die Nutöffnungen angrenzender Ringbereich ist und der zweite Bereich (56) ein dem Ringbereich benachbarter Innenrandbereich des Blechpakets (13) ist.

13. Imprägnierverfahren zum Imprägnieren von Bauteilen (10) einer elektrischen Maschine in Serienproduktion, umfassend:

- a) Auftragen von Harz auf einen ersten Bereich (54) des Bauteils (10) und
- b) Richten einer Sperrgasströmung (34) auf einen an den ersten Bereich (54) angrenzenden zweiten Bereich (56) des Bauteils (10), um ein Fließen von Harz zu dem oder über den zweiten Bereich (56) zu vermeiden.

14. Imprägnierverfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,

dass Schritt a) wenigstens einen oder mehrere der folgenden Schritte umfasst:

- a1) Drehen des ringförmigen Bauteils (10) während des Auftragens um eine Drehachse (38);
- a2) Aufträufeln des Harzes mittels wenigstens einer Träufeldüse (40);
- a3) Temperieren des Harzes vor dem Auftragen auf eine vorbestimmte Temperatur;
- a4) Temperieren des Bauteils (10) vor und/oder während des Auftragens auf eine vorbestimmte Temperatur;
- a5) Bewegen einer Träufeldüse (40) zu einer Betriebsstellung zum Aufträufeln und in eine Ruhestellung zum Aufnehmen eines neuen Bauteils (10) und Entfernen eines bereits beträufelten Bauteils (10).

15. Imprägnierverfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet,

dass Schritt b) wenigstens einen oder mehrere der folgenden Schritte aufweist:

- b1) Leiten der Sperrgasströmung (34) mit einer bezüglich einer Mittelachse des ringförmigen Bauteils (10) radialen Richtungskomponente von innen nach außen,
- b2) Leiten der Sperrgasströmung (34) in wenigstens einer Strömungsrichtung mit einer bezüglich einer Mittelachse des ringförmigen Bauteils axialen Richtungskomponente,
- b3) Temperieren der Sperrgasströmung (34) auf eine vorbestimmte Temperatur;
- b4) Erzeugen der Sperrgasströmung (34) durch eine Reihe von Düsen oder Düsenöffnungen (62), um einen Sperrgasvorhang zu erzeugen,

- b5) Erzeugen eines sich zumindest mit einer Richtungskomponente in eine bezüglich der Mittelachse des ringförmigen Bauteils (10) axiale Richtung erstreckenden Sperrgasvorhangs,
- b6) Erzeugen eines sich zumindest bereichsweise in eine Umfangsrichtung, bezüglich der Mittelachse des ringförmigen Bauteils (10), erstreckenden Sperrgasvorhangs;
- b7) Bereitstellen von Druckluft als Sperrgas mit einem Überdruck im Bereich von 0,05 bis 4 Bar, vorzugsweise 0,05 bis 1 Bar, insbesondere 0,1 bis 0,2 Bar;
- b8) Erzeugen der Sperrgasströmung (34) mittels einer Sperrgasdüse (60), die eine Reihe von Düsenöffnungen (62) aufweist;
- b9) Bewegen einer Sperrgasdüse (60) in eine Betriebsstellung zum Erzeugen der Sperrgasströmung (34) und in eine Ruhestellung zum Aufnehmen eines neuen Bauteils (10) und Entfernen eines bereits beträufelten Bauteils (10).

16. Imprägnierverfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt b) umfasst:

Leiten der Sperrgasströmung (34) durch eine gaspermeable Schicht (74) oder einen gaspermeablen Körper (76) hindurch zu dem Bauteil (10).

17. Imprägnierverfahren nach Anspruch 16, umfassend den Schritt: Halten des Bauteils (10) unter Anpressen der gaspermeablen Schicht (74) oder des gaspermeablen Körpers (76) an dem Bauteil (10).

18. Imprägnierverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, zum Imprägnieren eines Bauteils (10) zum Ausbilden eines Stators (12) einer elektrischen Maschine, welches Bauteil (10) ein ringförmiges Blechpaket (13) mit Nuten (16) aufweist, in denen elektrische Leiter (20, 42) eingesetzt sind, die aus Nutöffnungen hervorstehen, wobei Schritt a) umfasst: Auftragen des Harzes in einem die Nutöffnungen aufweisenden oder an die Nutöffnungen angrenzenden Ringbereich, und wobei Schritt b) umfasst:

Richten der Sperrgasströmung (34) auf einen an den Ringbereich angrenzenden Innenrandbereich des Blechpakets (13).

19. Imprägnierverfahren nach Anspruch 18,

gekennzeichnet durch

Halten des Blechpakets (13) mittels einer Spanneinheit (36), die an einem Innenumfang des Blechpakets (13) angreifende Spannbacken (46) aufweist und Verhindern eines Fließens von Harz zu dem Innenumfang durch die Sperrgasströmung.

20. Imprägnierverfahren nach Anspruch 19,

gekennzeichnet durch drehendes Antreiben der Spanneinheit (36), um das Bauteil (10) um seine Mittelachse während des Harzauftrags zu drehen.

21. Imprägnierverfahren nach Anspruch 17 und nach einem der Ansprüche 19

oder 20, wobei das Blechpaket (13) mittels der Spannbacken (46) gehalten wird, die zumindest an der Kontaktfläche (78) zu dem Blechpaket (13) einen gaspermeablen Bereich (74, 76) aufweisen, wobei Sperrgas durch die Spannbacken (46) und den gaspermeablen Bereich (74, 76) zu dem Blechpaket (13) geleitet wird.

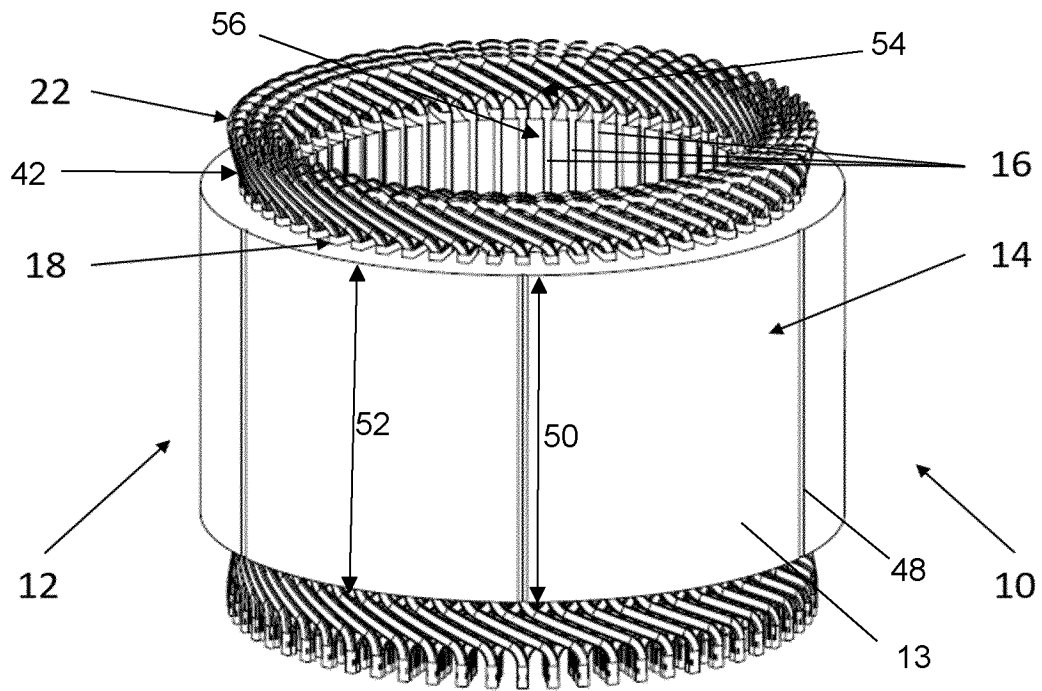


Fig. 1

10

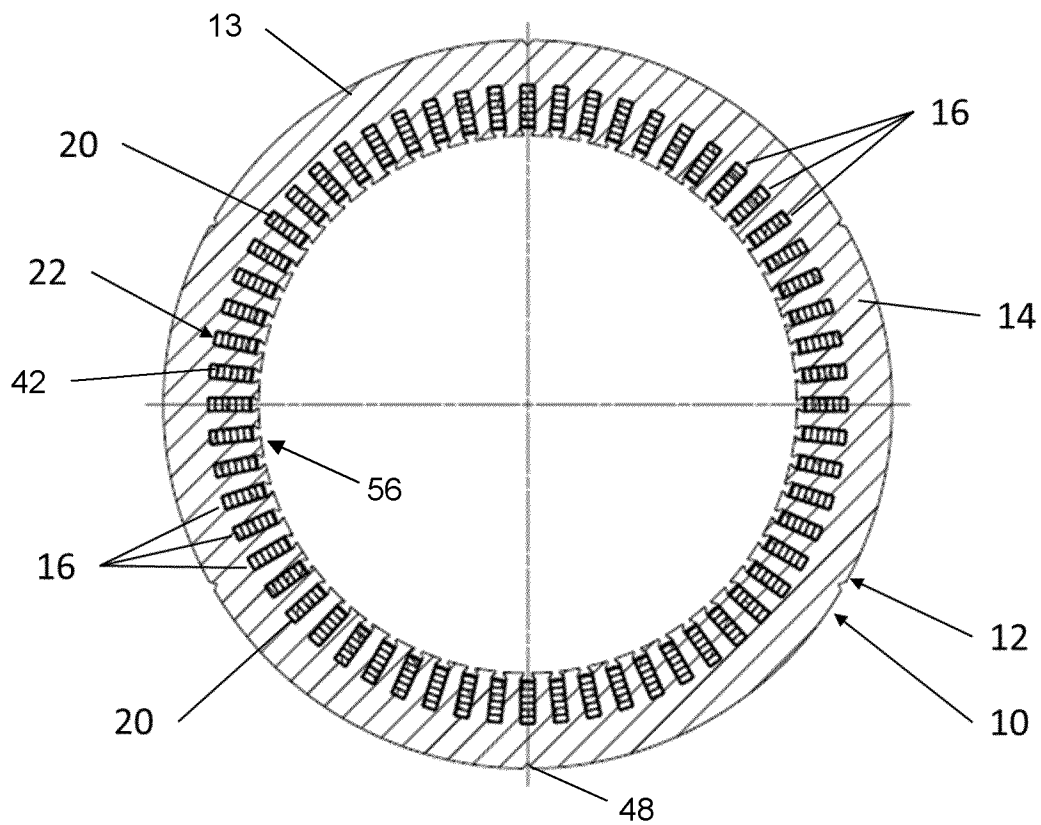


Fig. 2

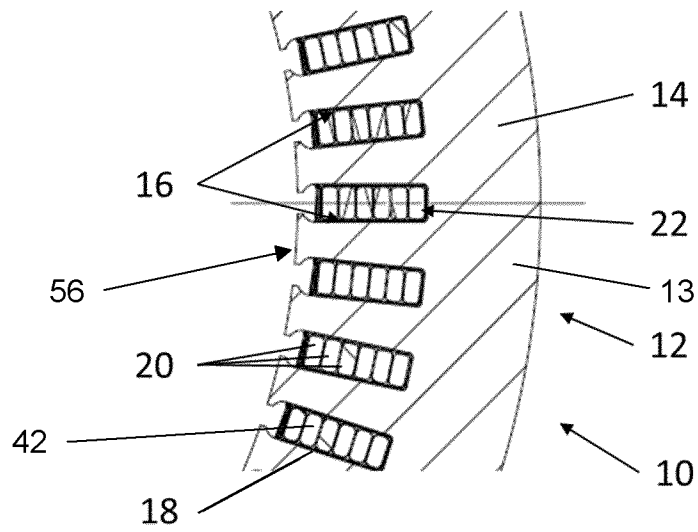


Fig. 3

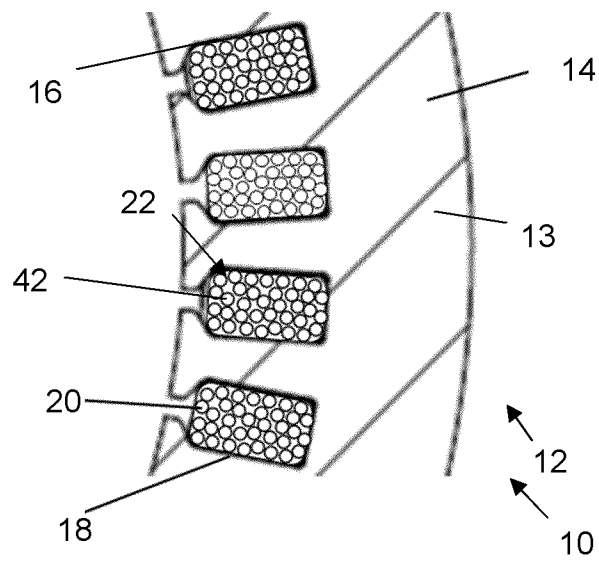


Fig. 4

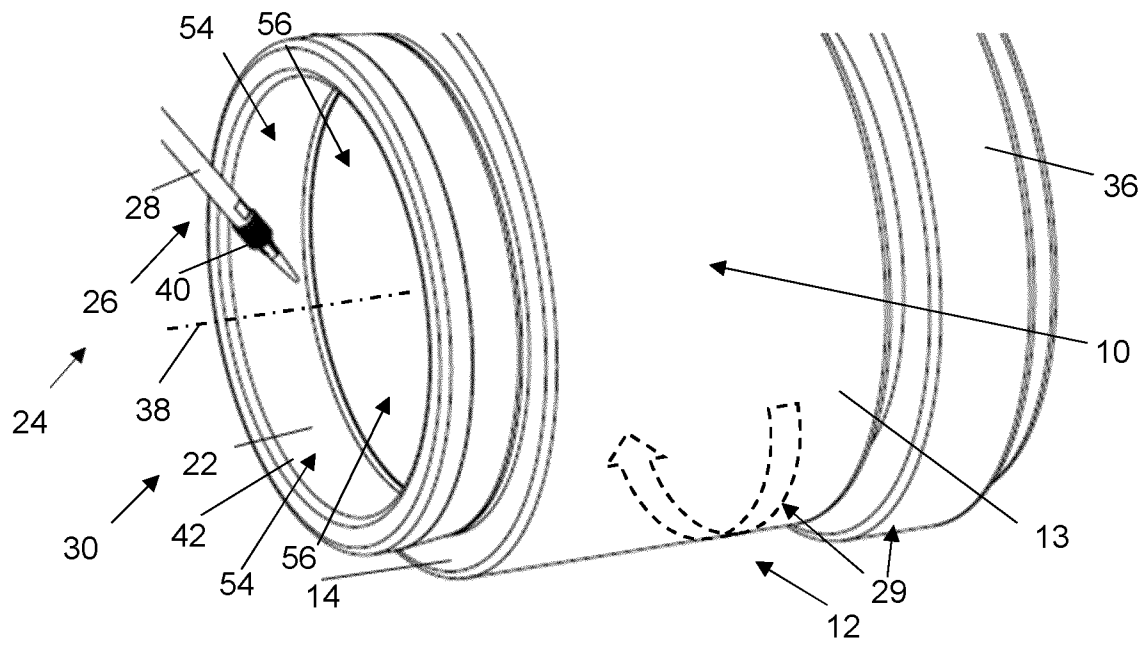


Fig. 5

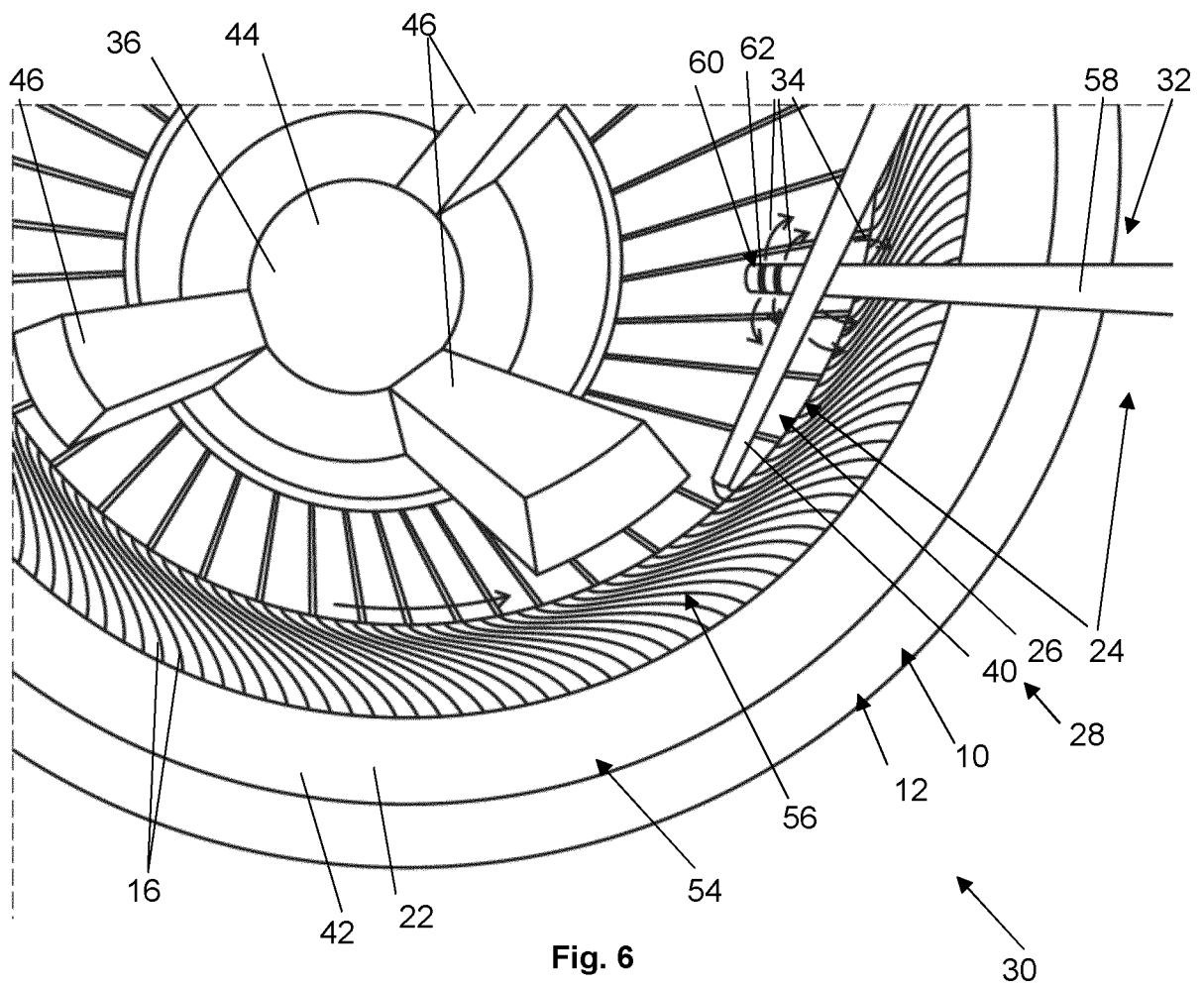
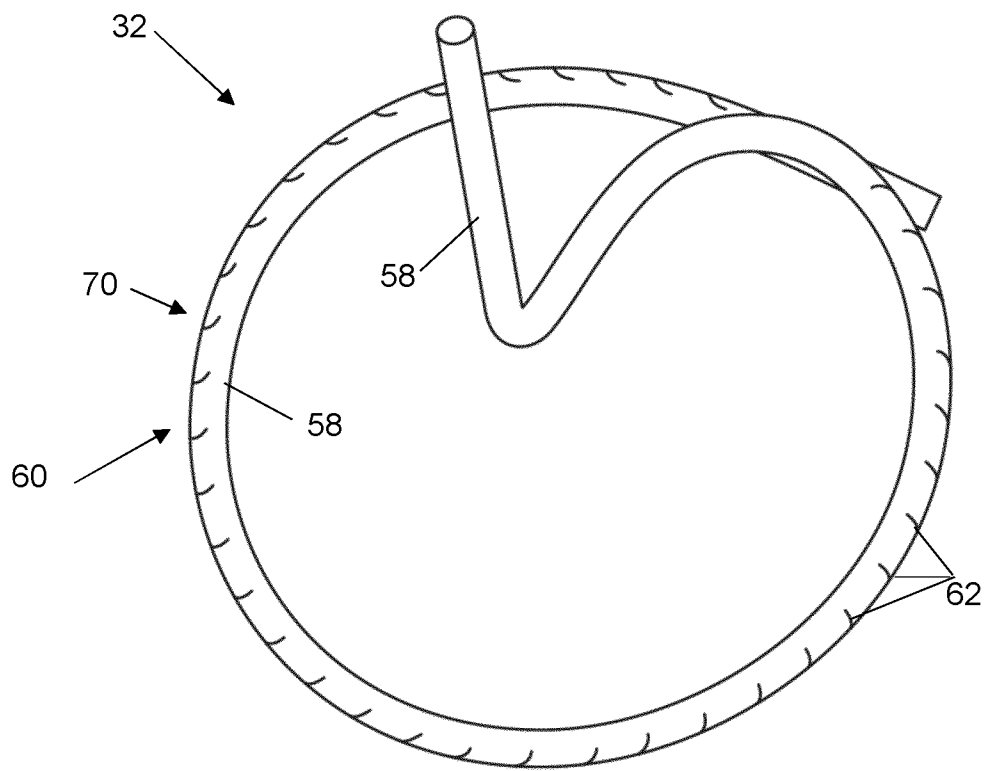
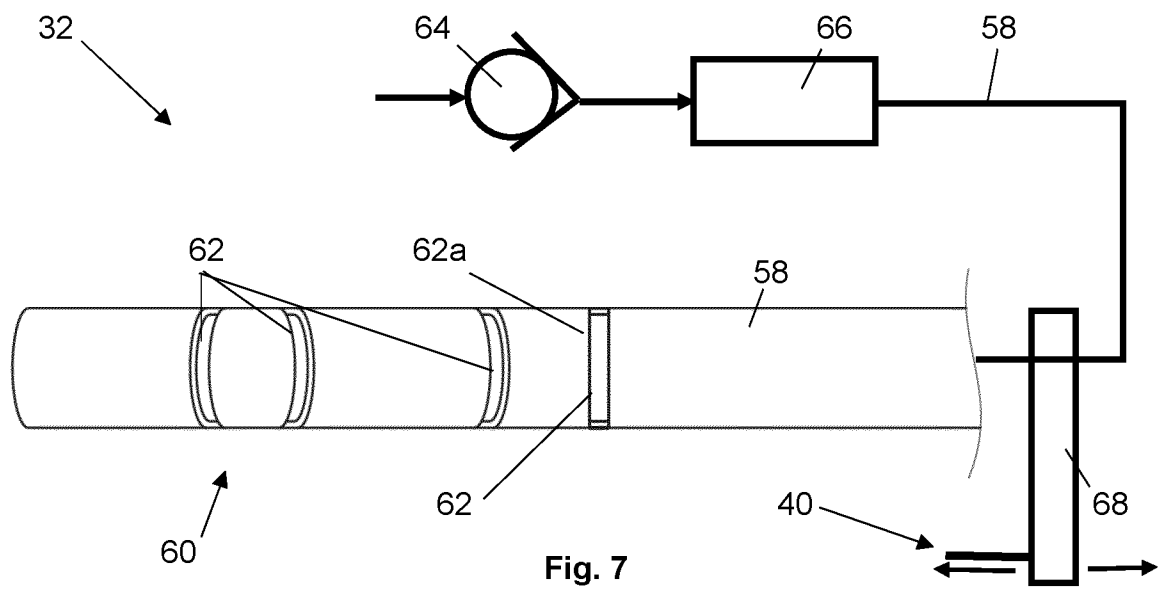
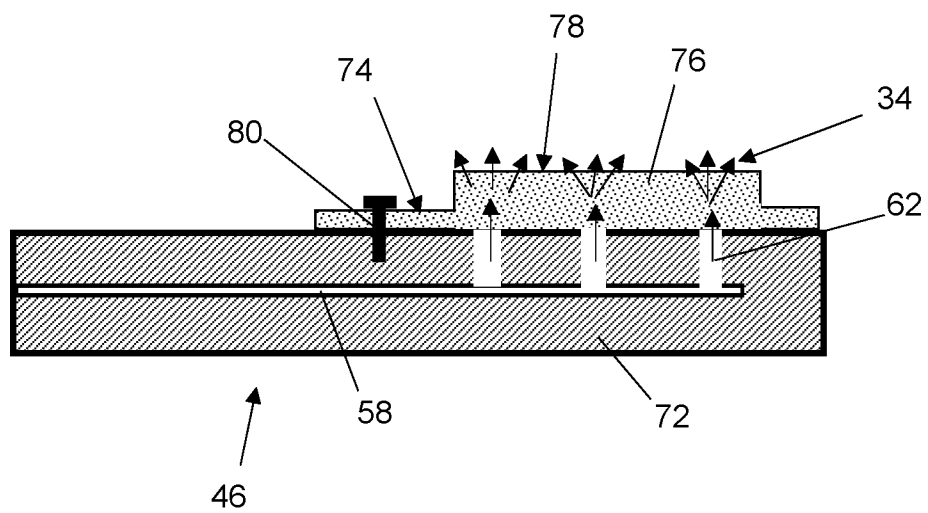
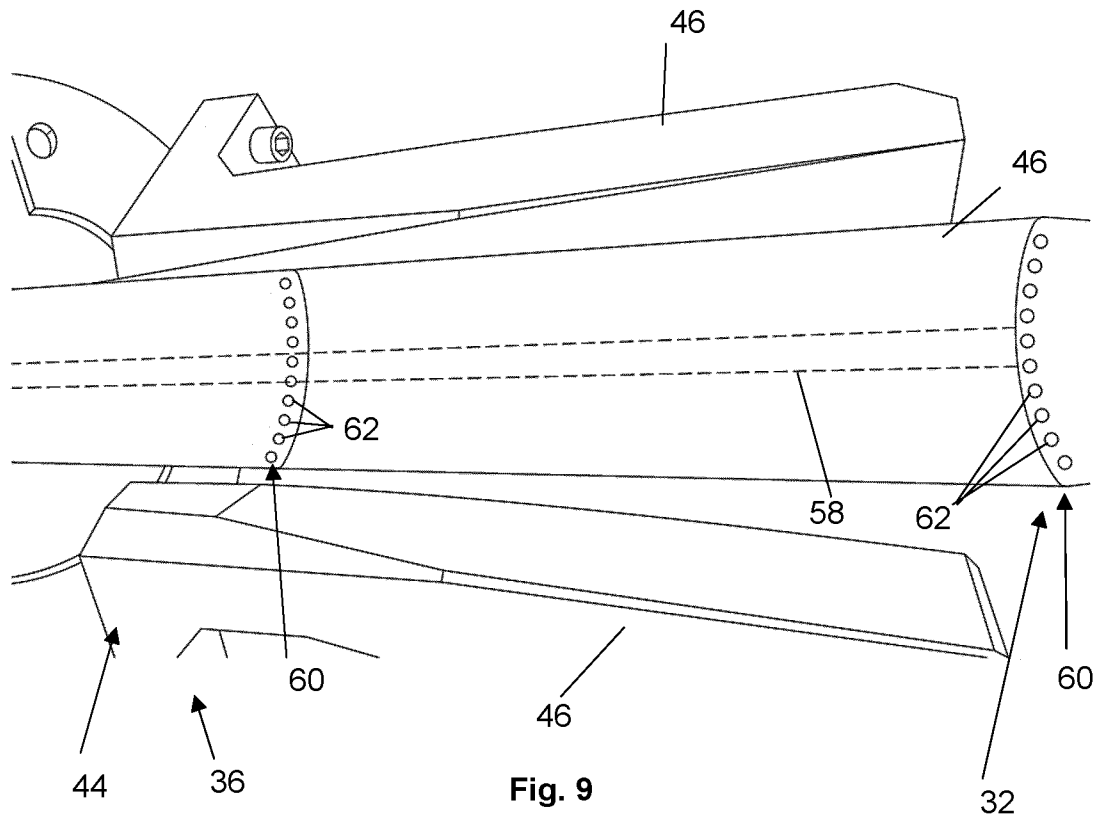


Fig. 6





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/072816

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 15/12**(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

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.
X	US 3696780 A (FRITZSCHE HAROLD L) 10 October 1972 (1972-10-10) column 5, line 28 - column 6, line 28; figures 1-4,11,8,9	1-5,7-21
X A	JP 2015076984 A (NISSAN MOTOR) 20 April 2015 (2015-04-20) paragraphs [0019] - [0022], [0048]; figures 1-3	1-10,12-16,18-20 11,17,21
X	JP S5597164 A (HITACHI KOKI KK) 24 July 1980 (1980-07-24) paragraph [0001]; figures 1-2	1-3,5,6,13-15
A	JP 2005318692 A (TOYOTA MOTOR CORP) 10 November 2005 (2005-11-10) paragraphs [0038] - [0044]; figures 1-5	4



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

10 November 2020

Date of mailing of the international search report

18 November 2020

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

Maître, Jérôme

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/072816

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	3696780	A	10 October 1972	NONE	
JP	2015076984	A	20 April 2015	JP 6225624 B2	08 November 2017
				JP 2015076984 A	20 April 2015
JP	S5597164	A	24 July 1980	NONE	
JP	2005318692	A	10 November 2005	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K15/12
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02K

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.
X	US 3 696 780 A (FRITZSCHE HAROLD L) 10. Oktober 1972 (1972-10-10) Spalte 5, Zeile 28 - Spalte 6, Zeile 28; Abbildungen 1-4,11,8,9 -----	1-5,7-21
X	JP 2015 076984 A (NISSAN MOTOR) 20. April 2015 (2015-04-20) -----	1-10, 12-16, 18-20
A	Absätze [0019] - [0022], [0048]; Abbildungen 1-3 -----	11,17,21
X	JP S55 97164 A (HITACHI KOKI KK) 24. Juli 1980 (1980-07-24) Absatz [0001]; Abbildungen 1-2 -----	1-3,5,6, 13-15
A	JP 2005 318692 A (TOYOTA MOTOR CORP) 10. November 2005 (2005-11-10) Absätze [0038] - [0044]; Abbildungen 1-5 -----	4



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

10. November 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/11/2020

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

Maître, Jérôme

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/072816

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3696780	A	10-10-1972	KEINE

JP 2015076984	A	20-04-2015	JP 6225624 B2 08-11-2017
		JP 2015076984 A	20-04-2015

JP S5597164	A	24-07-1980	KEINE

JP 2005318692	A	10-11-2005	KEINE
