

(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
02. Juni 2022 (02.06.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/112009 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 15/12 (2006.01) H02K 5/08 (2006.01)
H02K 5/22 (2006.01) H02K 11/33 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/081336

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. November 2021 (11.11.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 131 220.2
25. November 2020 (25.11.2020) DE

(71) Anmelder: **KOLEKTOR GROUP D.O.O.** [SI/SI]; Vojkova ulica 10, 5280 Idrija (SI).

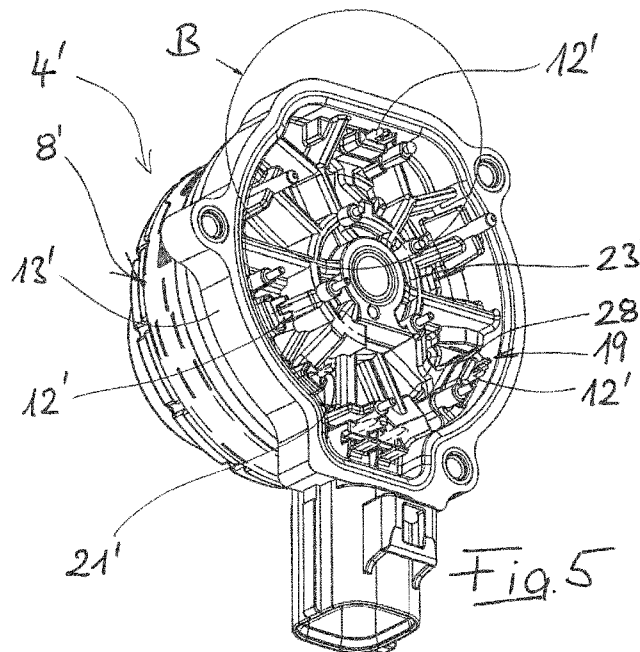
(72) Erfinder: **DRMOTA PETRIC**, Ana; Dole 26d, 5280 Idrija (SI). **RAZPET**, Edvard; Poce 10, 5282 Cerčno (SK). **PETERNEL**, Primoz; Mladinska ulica 2, 5281 Spodnja, Idrija (SI). **KUMAR**, Ludvik; Blekova vas 23d, 1371 Logatec (SI).

(74) Anwalt: **GRÄTTINGER MÖHRING VON POSCHINGER PATENTANWÄLTE PARTNERSCHAFT MBB**; Wittelsbacherstraße 2b, 82319 Starnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,

(54) Title: STATOR COMPONENT OF AN ELECTRODYNAMIC MACHINE

(54) Bezeichnung: STATOR-BAUTEIL EINER ELEKTRODYNAMISCHEN MASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a stator component (4') of an electrodynamic machine, comprising a plastic structure (13'); a stator unit (8') which is at least partly integrated into the plastic structure and has coil windings; an electronic controller; and multiple metal conductor elements (12'), via which the coil windings are connected to the electronic controller, a part of the extension of said conductor elements being integrated into the plastic structure (13'). The plastic structure (13') is produced from a thermoplast by means of an injection molding process, namely the plastic structure is injected onto a preassembled group consisting of the stator unit (8') and the conductor elements (12') connected to the coil windings thereof. The plastic structure (13') forms a respective collar (28) adjacently to each conductor element (12') free end section (19') which projects from the plastic structure and is paired with the contact of the

WO 2022/112009 A2

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.

(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:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

electronic controller, said collar completely surrounding the circumference of the conductor element and protruding beyond the rest of the plastic structure. The seal between the plastic structure (13') and the conductor elements (12') is produced solely by bringing the thermoplast of the plastic structure (13') into contact with the respective conductor element (12') without using a special seal material. The sections of the conductor elements (12') passing through each collar (28) are equipped with a fine structure running over the circumference of the conductor elements in the form of grooves which are introduced into the surface by means of a laser engraving method and which are filled with thermoplast ribs of the plastic structure (13').

(57) Zusammenfassung: Das Stator-Bauteil (4') einer elektrodynamischen Maschine umfasst eine Kunststoffstruktur (13'), eine zumindest teilweise in diese eingebettete, Spulenwicklungen aufweisende Statoreinheit (8'), eine elektronische Steuerung und mehrere metallische Leitelemente (12'), über welche die Spulenwicklungen an die elektronische Steuerung angeschlossen sind und die auf einem Teil ihrer Erstreckung in die Kunststoffstruktur (13') eingebettet sind. Die Kunststoffstruktur (13') ist durch Spritzgießen aus einem Thermoplast hergestellt, und zwar angespritzt an die vormontierte Gruppe aus Statoreinheit (8') und mit deren Spulenwicklungen verbundenen Leitelementen (12'). Die Kunststoffstruktur (13') bildet angrenzend an einen jeweiligen aus ihr herausragen, der Kontaktierung der elektronischen Steuerung zugeordneten freien Endabschnitt (19') des Leitelements (12') jeweils eine dieses an seinem Umfang vollständig umgebende, von der übrigen Kunststoffstruktur frei abstehende Manschette (28) aus. Die Abdichtung zwischen der Kunststoffstruktur (13') und den Leitelementen (12') erfolgt ausschließlich durch den Kontakt des Thermoplasts der Kunststoffstruktur (13') mit dem jeweiligen Leitelement (12'), ohne ein gesondertes Abdichtmaterial. In den die jeweilige Manschette (28) durchdringenden Abschnitten der Leitelemente (12') sind auf deren Umfang umlaufend Feinstrukturierungen in Form von mittels Lasergravur in die Oberfläche eingebrachten, mit Thermoplast-Rippen der Kunststoffstruktur (13') gefüllten Rillen vorgesehen.

Stator-Bauteil einer elektrodynamischen Maschine

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Stator-Bauteil einer elektrodynamischen Maschine, insbesondere eines Elektromotors, umfassend eine Kunststoffstruktur, eine zumindest teilweise in diese eingebettete, mehrere Spulenwicklungen aufweisende Statoreinheit, eine elektronische Steuerung und mehrere metallische Leiterelemente, über welche die Spulenwicklungen an die elektronische Steuerung angeschlossen sind.

Stator-Bauteile der vorstehend angegebenen Art sind - beispielsweise aus der CN 105 65 6221 A - bekannt. Sie haben sich für verschiedene Anwendungen bewährt, beispielsweise als Teil von Elektromotoren für - der Förderung von flüssigen Medien dienende - Motor-Pumpe-Einheiten. Im Interesse besonders kompakter, vergleichsweise einfach aufgebauter Motor-Pumpe-Einheiten sind dabei häufig Motorrotor und Pumpenrotor in einem gemeinsamen Raum untergebracht, so dass der Motorrotor "nass" läuft, d. h. von dem zu fördernden Medium umspült ist.

Insbesondere dann, wenn es sich um ein aggressives Medium (z. B. Kraftstoff, Automatikgetriebeflüssigkeit) handelt, muss unbedingt verhindert werden, dass dieses an die elektronische Steuerung gelangt. Denn diese wird sonst innerhalb kürzester Zeit irreversibel geschädigt. Hinsichtlich der hermetischen Trennung der elektronischen Steuerung gegenüber dem - einen Rotor der elektrodynamischen Maschine aufnehmenden - Innenraum des Stator-Bauteils besteht eine Herausforderung darin, dass

die Leiterelemente, über welche die Spulenwicklungen an die elektronische Steuerung angeschlossen sind, für die Kontaktierung der elektronischen Steuerung aus der Kunststoffstruktur heraus treten müssen. Wie Versuche gezeigt haben, ist das Risiko, dass Medium entlang der Oberfläche der Leiterelemente zu der elektronischen Steuerung kriecht, erheblich; und dementsprechend besteht insoweit ein nennenswertes Schadpotential.

Um einer Schädigung der elektronischen Steuerung vorzubeugen, wurden bereits verschiedene Ansätze vorgeschlagen und auch in der Praxis verfolgt. Zum einen stand der direkte Schutz der elektronischen Steuerung im Vordergrund, insbesondere durch deren Umgießen mit einem Thermoset-Kunstharz (insbesondere einem Epoxy-Harz). Zum anderen wurde auf eine verbesserte hermetische Abdichtung der metallischen Leiterelemente gegenüber der Kunststoffstruktur abgestellt. Ein erster derartiger Weg besteht darin, dass die (durch Spritzgießen aus einem Thermoplast hergestellte) Kunststoffstruktur dort, wo die Leiterelemente zur Kontaktierung der elektronischen Steuerung aus ihr heraustreten, jeweils nach Art einer kleinen Schale ausgeführt ist, wobei die betreffenden Schalen später mit einer speziellen Dichtmasse (potting material) aufgefüllt werden, welches sich durch besonders gute Hafteigenschaften sowohl an dem Metall der Leiterelemente als auch an dem Kunststoff der Kunststoffstruktur auszeichnet. Hiermit ist allerdings ein erheblicher Aufwand verbunden. Ein zweiter Weg in dieser Hinsicht besteht darin, die Kunststoffstruktur aus einem hinsichtlich des Haftvermögens an dem Metall der Leiterelemente optimierten Thermoset-Material, welches typischerweise eine deutlich geringere Verarbeitungs-

Viskosität sowie einen geringeren Temperatur-Ausdehnungs- bzw. Schwindungskoeffizienten aufweist als Thermoplast, zu spritzen. Damit sind - wegen der, verglichen mit Thermoplasten, signifikant anspruchsvolleren Verarbeitung von Thermoset-Materialien beim Spritzgießen - nicht unerhebliche Einschränkungen hinsichtlich der Gestaltung der Kunststoffstruktur verbunden, so dass diese Kompromisse eingehen muss bezüglich der übrigen Anforderungen. Letzteres gilt auch infolge der erheblich eingeschränkten Materialauswahl in dem Sinne, dass eine Optimierung der Kunststoffstruktur unter anderen Gesichtspunkten (z. B. der sonstigen wesentlichen Materialeigenschaften und -kosten, der Oberflächenbeschaffenheit, des Wärmedehnverhaltens, etc.) zurücktreten muss.

Insoweit wurde bisher noch keine unter praxisrelevanten Gesichtspunkten zufriedenstellende bzw. den in der Automobilindustrie üblichen strengen Testverfahren - z. B. einer nach einer wiederholten Temperatur-Schockbehandlung durchgeführten Integritäts-Prüfung - genügende Lösung gefunden. Weshalb - verglichen mit anderen Anwendungen, welche eine um ein metallisches Leiterelement oder einen sonstigen metallischen Einleger herum gespritzte Kunststoffstruktur aufweisen - gerade bei den hier in Rede stehenden Stator-Bauteilen von elektrodynamischen Maschinen die Problematik der Abdichtung zwischen metallischem Leiterelement und Kunststoffstruktur so schwierig zu lösen und selbst bei mit erheblichem Aufwand gefertigten Stator-Bauteilen ein Versagen der Abdichtung zu beobachten ist, ist nicht mit Bestimmtheit bekannt. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass beim Betrieb der elektrodynamischen Maschine

durch mögliche (minimale) Unwuchten der rotierenden Teile Schwingungen und Vibrationen erzeugt werden, die eine Ablösung der Kunststoffstruktur von dem metallischen Leiterelement begünstigen.

Im Lichte des vorstehend diskutierten Standes der Technik und der mit ihm verbundenen Nachteile hat die vorliegende Erfindung zur Aufgabe, ein Stator-Bauteil der eingangs genannten Art bereitzustellen, das sich durch eine Kombination besonders günstiger Eigenschaften sowohl bei der Herstellung (z. B. große Materialauswahl, große Gestaltungsfreiheit, geringe Herstellungskosten) als auch im Betrieb (z. B. guter Schutz der elektronischen Steuerung vor Beschädigung) auszeichnet. Das Stator-Bauteil soll dabei, anders als herkömmliche Bauteile, insbesondere auch neuesten und strengsten in der Automobilindustrie angewandten Testverfahren genügen, insbesondere einer nach einer wiederholten Temperaturschockbehandlung (z. B. 600 Zyklen mit jeweils 90-minütiger Erwärmung auf +90°C und Abkühlung auf -40°C bei einem innerhalb von maximal 30 Sekunden erfolgenden Temperaturwechsel) durchgeführten Integritäts-Prüfung.

Gelöst wird die vorstehende Aufgabenstellung, indem sich ein Stator-Bauteil zusätzlich zu den eingangs dargelegten Merkmalen in kombinatorischem Zusammenwirken mit diesen und untereinander dadurch auszeichnet, dass die metallischen Leiterelemente auf einem Teil ihrer Erstreckung in Längsrichtung zwischen den Kontaktierungen der zugeordneten Spulenwicklung und der elektronischen Steuerung in die Kunststoffstruktur eingebettet sind und aus dieser mit einem der Kontaktierung der elektronischen Steuerung zugeordneten freien Endabschnitt herausragen,

dass die Kunststoffstruktur durch Spritzgießen aus einem Thermoplast hergestellt ist, und zwar angespritzt an die vormontierte Gruppe aus Statoreinheit und mit deren Spulenwicklungen verbundenen Leiterelementen, dass angrenzend an den jeweiligen freien Endabschnitt des metallischen Leiterelements die Kunststoffstruktur jeweils eine das betreffende metallische Leiterelement an seinem Umfang vollständig umgebende, von der übrigen Kunststoffstruktur frei abstehende Manschette ausbildet, dass die Abdichtung zwischen der Kunststoffstruktur und den metallischen Leiterelementen ausschließlich durch den Kontakt des Thermoplasts der Kunststoffstruktur mit dem jeweiligen metallischen Leiterelement, ohne ein gesondertes Abdichtmaterial erfolgt, und dass in den die jeweilige Manschette durchdringenden Abschnitten der metallischen Leiterelemente auf deren jeweiligem Umfang umlaufend Feinstrukturierungen in Form von mittels Lasergravur in die Oberfläche eingebrachten, mit Thermoplast der Kunststoffstruktur gefüllten Rillen vorgesehen sind.

In Umsetzung der vorliegenden, durch die vorstehende Kombination an Besonderheiten geprägten Erfindung lassen sich Stator-Bauteile herstellen, die den durch die Praxis gestellten Anforderungen in einem (in der Summe) bisher nicht bekannten Grade genügen. Um nur einige der Zusammenhänge herauszugreifen, die für die besondere Leistungsfähigkeit des erfindungsgemäßen Stator-Bauteils als maßgeblich angesehen werden: Die Ausführung der Kunststoffstruktur angrenzend an den jeweiligen (mit der elektronischen Steuerung kontaktierten) freien Endabschnitt des metallischen Leiterelements als eine frei aufragend Manschette, welche - von der übrigen

Kunststoffstruktur frei abstehend und mit dieser somit insbesondere nicht über Stege, Brücken, Rippen oder dergleichen verbunden - das betreffende metallische Leiterelement an seinem Umfang vollständig umgibt, trägt in dem betreffenden Bereich der Kunststoffstruktur zu einer Nachgiebigkeit bei. Diese ermöglicht, dass die Kunststoffstruktur sich hier zu ihrer Anpassung an das umhüllte Leiterelement verformt. So kann die Kunststoffstruktur im Bereich der Manschette den Wärmedehnungen des Leiterelements (in den verschiedenen Richtungen) folgen, ebenso wie einer sich (durch Fertigungstoleranzen) beim Montieren der elektronischen Steuerung einstellenden Verformung des jeweiligen Leiterelements und/oder wiederkehrenden (Mikro-) Verformungen des Leiterelements aufgrund von Schwingungen infolge von Unwuchten rotierender Teile der dynamoelektrischen Maschine. Auch durch Erschütterungen ausgelösten (Mikro-)Verformungen der Leiterelemente kann die Kunststoffstruktur im Bereich der die Leiterelemente umgebenden Manschetten folgen. All dies gilt auch und gerade für aus typischen Thermoplasten (mit ihren charakteristischen Materialeigenschaften, einschließlich innerer Dämpfung) gespritzte Kunststoffstrukturen. Dies trägt maßgeblich dazu bei, bei Montage und im Betrieb zwischen dem Leiterelement und der Kunststoffstruktur auftretende Spannungen substantiell abzumildern. Dies wiederum reduziert entscheidend die Neigung zu (Langzeit-)Ablöseerscheinungen. Gepaart mit den spezifischen Maßnahmen zur Verbesserung des Haftverhaltens des thermoplastischen Kunststoffs an dem metallischen Leiterelement lässt sich auf diese Weise ohne zusätzliche Maßnahmen (jedenfalls im Bereich der Manschette) eine dauerhafte Dichtheit der Grenzzone zwischen Leiterelement

und Kunststoffstruktur erreichen. So ist ausgeschlossen, dass Medien entlang der Oberfläche der Leiterelemente zu der elektronischen Steuerung kriechen und dort Schaden anrichten können. Insoweit lässt sich sogar eine positive Rückwirkung in dem Sinne nutzen, dass durch die Möglichkeit, die Kunststoffstruktur durch Spritzgießen aus einem (verglichen mit Thermoset-Materialien bei der Verarbeitung weniger anspruchsvollen) Thermoplast herzustellen, ein signifikant vergrößerter Gestaltungsspielraum hinsichtlich konstruktiver Details der Kunststoffstruktur ergibt, der erlaubt, diese weitergehend hinsichtlich der Funktion (anstelle der Fertigung) zu optimieren. Thermoplaste, die sich aufgrund ihrer charakteristischen Materialeigenschaften für die Umsetzung der vorliegenden Erfindung besonders gut eignen, sind insbesondere Polybutylenterephthalat (PBT), Polyethylen hoher Dichte (HDPE) und Polyphenylsulfid (PPS) sowie Mischkunststoffe, welche jeweils BBT, HDPE oder PPS - insbesondere als Hauptkomponente, d. h. zu mehr als 50% - enthalten.

Die vorstehend dargelegten positiven Effekte sind besonders ausgeprägt, wenn - gemäß einer ersten bevorzugten Weiterbildung der Erfindung - die Manschette (abgesehen von einer möglichen endseitigen Verjüngung; s. u.) über eine zumindest weitgehend homogene Wandstärke verfügt. Eine "homogene" Wandstärke in diesem Sinne liegt vor, wenn sich die Wandstärke der Manschette weder in deren Längsrichtung, noch in deren Umfangsrichtung substantiell ändert, wobei hierzu nicht zählt eine technisch bedingte Abnahme der Wandstärke der Manschetten über deren Länge (beispielsweise über für die Entnahme aus dem Spritzgießwerkzeug notwendige

Entformungsschrägen). Im vorstehenden Sinne ist besonders vorteilhaft, wenn die Wandstärke der Manschette im Bereich ihrer größten Dicke nicht mehr als 50%, bevorzugt nicht mehr als 25%, besonders bevorzugt nicht mehr als 15% über der Wandstärke der Manschette im Bereich ihrer geringsten Dicke liegt.

Nicht nur das Maß der Homogenität der Wandstärke der Manschetten ist von Einfluss, sondern auch die Wandstärke als solche. Denn von ihr hängt, im Zusammenwirken mit den Materialeigenschaften des Thermoplast-Materials der Kunststoffstruktur, die weiter oben erörterte Verformbarkeit der Manschetten ab. Um ein Beispiel anzugeben: Bei einem für einen typischen 240 Watt BLDC-Motor bestimmten Stator-Bauteil mit einer aus PBT hergestellten Kunststoffstruktur beträgt die Wandstärke von deren Manschette bevorzugt zwischen 1,0 und 1,6 mm. Im Falle von flachen metallischen Leiterelementen mit einem rechteckigen Querschnitt, bei dem das Verhältnis der Kantenlängen mindestens 3:1 beträgt (z. B. 5,5 mm x 0,8 mm), lässt sich auch eine zweckmäßige Relation zwischen dem Querschnitt der Leiterelemente und der Wandstärke der Manschetten angeben. Es ist nämlich günstig, wenn die Wandstärke der Manschetten zwischen dem 1,4-fachen und dem 1,9-fachen des Werts der kleineren Kantenlängen beträgt.

Für die dauerhaft wirksame Abdichtung zwischen Leiterelement und Kunststoffstruktur ist, gemäß einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung, besonders günstig, wenn die Rillen der Feinstrukturierung der jeweiligen Leiterelement-Oberfläche im Wesentlichen senkrecht zur Längsrichtung des betreffenden metallischen

Leiterelements orientiert sind. Eine solche Orientierung der Rillen trägt den bei typischen Anwendungssituationen am häufigsten vorkommenden (Mikro-)Verformungen der Leiterelemente (s. o.) in dem Sinne Rechnung, dass sie gerade einer durch eben diese Verformungen der Leitersegmente induzierten Gefahr der Ablösung der Thermoplast-Kunststoffstruktur von dem metallischen Leiterelement entgegenwirkt. Ebenfalls einen sehr positiven Effekt im Sinne einer besonders geringen Neigung zu problematischen Ablöseerscheinungen hat eine Ausführung der Manschetten der Thermoplast-Kunststoffstruktur dergestalt, dass jeweils die Manschette endseitig in Richtung auf den freien Endabschnitt des zugeordneten metallischen Leiterelements in einer Verjüngung ausläuft. Bei konischer bzw. kegelförmiger Gestaltung der betreffenden Verjüngung sind Keil- bzw. Kegelwinkel zwischen 70° und 120° sehr vorteilhaft. Besonders günstig sind Keil- bzw. Kegelwinkel zwischen 80° und 110° .

Als besonders günstig haben sich im Übrigen Feinstrukturierungen mit zwischen $10\ \mu\text{m}$ und $100\ \mu\text{m}$ tief und/oder zwischen $3\ \mu\text{m}$ und $50\ \mu\text{m}$ breit ausgeführte Rillen erwiesen, bei einem bevorzugten Verhältnis zwischen Breite und Tiefe der Rillen zwischen 0,6 und 1,5, besonders bevorzugt zwischen 0,8 und 1,2. Auch der Abstand der Rillen zueinander ist von Einfluss auf die Haftung der Thermoplast-Kunststoffstruktur an dem metallischen Leiterelement. Bevorzugt ist der Abstand zwischen zwei einander benachbarten Rillen mindestens ebenso groß ist wie die Breite der betreffenden Rillen.

Erst recht in ihrer Kombination und ihrem synergistischen Zusammenwirken miteinander führen die vorstehend dargelegten charakteristischen Ausgestaltungen (im Wesentlichen homogene Wandstärke der Manschette, Orientierung der Rillen der Feinstrukturierung im Wesentlichen senkrecht zur Längsrichtung des betreffenden metallischen Leiterelements, Ausführung der Rillen der Feinstrukturierungen zwischen 10 µm und 100 µm tief und/oder zwischen 3 µm und 50 µm breit) zu einem Stator-Bauteil mit bisher unerreichten Eigenschaften. Denn die auf diese Weise erzielbare einzigartige physikalisch-chemische Anbindung der Manschette an dem jeweils durch diese hindurchgeführten Leiterelement lässt selbst bei Ausführung der Manschette aus einem Thermoplast-Material das betreffende Stator-Bauteil - ohne weitergehende Maßnahmen wie insbesondere zusätzliche Abdichtungen - strengsten Anforderungen betreffend den Schutz der elektronischen Steuerung genügen. In Verbindung mit den weiteren Gestaltungsmerkmalen wirkt der effiziente mikromechanische Eingriff (micro-mechanical interlocking: MMI) Ablöseerscheinungen der Manschette von dem jeweils zugeordneten Leiterelement effektiv entgegen, so dass nicht nur stark unterschiedliche Schrumpfungen von Thermoplast und Metall im Herstellungsprozess ohne nachteilige Auswirkungen auf die hermetischen Barriere vor der elektronischen Steuerung bleiben, sondern auch anspruchsvolle Prüf- und Testverfahren (s. o.).

Gemäß einer abermals anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weisen die Leiterelemente im Bereich ihrer Umhüllung mit der Manschette der Kunststoffstruktur jeweils mindestens einen mit Thermoplastmaterial der Kunststoffstruktur gefüllten Durchbruch auf. Das gilt

namentlich für Leiterelemente mit einem ausgeprägt flachen Querschnitt, bei dem die Dimension in einer Richtung mindestens dreifach so groß ist wie die Dimension orthogonal zu dieser Richtung (z. B. 5,5 mm x 0,8 mm). Solche Durchbrüche wirken sich in doppelter Hinsicht sehr vorteilhaft aus. Sie bewirken einen Widerstand für die Wärmeleitung, so dass die beim Anlöten der elektronischen Steuerung an die Leiterelemente in diese eingeleitete Wärme nicht zu einer die mediendichte Anbindung der Kunststoffstruktur an den Leiterelementen schädigenden Erwärmung der Leiterelemente (insbesondere im Bereich der Feinstrukturierung) führt. Und weiterhin stellt eine sich durch den mindestens einen Durchbruch hindurch erstreckende Thermoplast-"Brücke" zwischen den beiden Seiten eine wirksame zusätzliche Maßnahme gegen die Gefahr einer Ablösung des Thermoplasts von der Oberfläche des metallischen Leiterelements dar.

Ebenfalls zur Minimierung des Wärmeeintrags in die Leitersegmente beim Anlöten der elektronischen Steuerung ist, gemäß einer wiederum anderen bevorzugten Weiterbildung, vorteilhaft, wenn die Leiterelemente endseitig - durch einen Einschnitt - gegabelt ausgeführt sind. Ein solche gegabelte Ausführung der Leiterelemente reduziert zudem mögliche Zwängungen bei der Montage der elektronischen Steuerung, was sich ebenfalls günstig auswirkt.

Wie die vorstehenden Erläuterungen der Erfindung zum Ausdruck bringen, ist für den positiven Effekt das Zusammenwirken der Manschette der Thermoplast-Kunststoffstruktur mit der eine Verbesserung des Haftverhaltens des thermoplastischen Kunststoffes an dem

metallischen Leiterelement bewirkenden Oberflächen-
Behandlung der Leiterelemente, d. h. deren jeweilige
Feinstrukturierung maßgeblich. Dies wiederum lässt
erkennen, dass das auch durch deren räumliche Zuordnung
zueinander definierte Verhältnis von Manschetten und
Feinstrukturierungen nicht unwesentlich ist. In diesem
Sinne ist, gemäß einer abermals anderen bevorzugten
Weiterbildung der Erfindung, besonders vorteilhaft, wenn
die Länge des mit der Feinstrukturierung versehenen
Abschnitts des metallischen Leiterelements jeweils
mindestens 50%, bevorzugt 65% der freien Länge der
Manschette parallel zur Längsrichtung des zugeordneten
metallischen Leiterelements beträgt, wobei als "freie
Länge" der Manschette dabei deren gegenüber der sonstigen
Kunststoffstruktur aufragende Erstreckung anzusehen ist.
Auch erweist sich als sehr vorteilhaft, wenn jeweils
mindestens 80%, bevorzugt mindestens 90% der Länge des
mit der Feinstrukturierung versehenen Abschnitts des
metallischen Leiterelements im Bereich der Manschette
angeordnet ist. Ganz besonders günstig ist, wenn der mit
der Feinstrukturierung versehene Abschnitt des
metallischen Leiterelements vollständig, d. h. zu 100% im
Bereich der Manschette angeordnet ist.

Was die (parallel zur Längsrichtung des zugeordneten
Leiterelements ermittelte) freie Länge der Manschette
angeht, so steht diese in einer Beziehung zu den
Abmessungen des Leiterelements. Bei flachen
Leiterelementen mit einem rechteckigen Querschnitt, bei
dem das Verhältnis der Kanten mindestens 3:1 beträgt, ist
die freie Länge der Manschetten bevorzugt 0,7- bis 1,0-
fach, besonders bevorzugt 0,8- bis 0,9-fach so groß wie

die größere der beiden Dimensionen der metallischen Leiterelemente quer zu deren Längsrichtung.

Weiter oben wurde bereits eingegangen auf die Zusammenhänge zwischen der elektronischen Steuerung (insbesondere deren Montage unter Kontaktierung der Leiterelemente und mögliche Erschütterungen im Betrieb) und den verschiedenen auf die Leiterelemente einwirkenden Verformungs-Belastungen. Im Hinblick auf diese Zusammenhänge kommen die durch die Erfindung erzielbaren Vorteile besonders zum Tragen bei solchen Stator-Bauteilen, bei denen die elektronische Steuerung, namentlich eine zugehörige Platine, über einen oder mehrere Verbindungspunkte direkt an der Kunststoffstruktur fixiert ist. Günstig ist dabei auch, wenn die elektronische Steuerung in einem Raum untergebracht ist, welcher durch die Thermoplast-Kunststoffstruktur und einen mit dieser verbundenen, die elektronische Steuerung abdeckenden Deckel begrenzt ist.

Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand eines in der Zeichnung veranschaulichten bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 einen Axialschnitt durch eine als Elektromotor ausgeführte elektrodynamische Maschine nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 das Stator-Bauteil des Elektromotors nach Fig. 1 in perspektivischer Ansicht,

Fig. 3 das Detail A des Stator-Bauteils nach Fig. 2,

Fig. 4 einen Schnitt durch ein nochmals vergrößertes Detail des Stator-Bauteils nach den Figuren 2 und 3,

Fig. 5 ein Stator-Bauteil nach der vorliegenden Erfindung in perspektivischer Ansicht,
Fig. 6 das Detail B des Stator-Bauteils nach Fig. 5 und
Fig. 7 einen Schnitt durch ein nochmals vergrößertes Detail des Stator-Bauteils nach den Figuren 5 und 6.

Der in Fig. 1 veranschaulichte Elektromotor umfasst einen Stator 1 und einen darin mittels zweier Wälzlager 2 um die Achse X drehbar gelagerten Rotor 3. Zu dem Stator 1 gehören ein integriertes Stator-Bauteil 4, eine elektronische Steuerung 5, ein Deckel 6 und ein Lagerdeckel 7. Das Stator-Bauteil 4 umfasst hinwiederum eine Statoreinheit 8 mit um die Achse X herum angeordneten Polstücken 9 mit Wicklungsträgern 10 und auf diesen aufgebrachtten Spulenwicklungen 11, mit den letzteren kontaktierte metallische Leiterelemente (Pins) 12 und eine Kunststoffstruktur 13, welche an die vormontierte Baugruppe aus Statoreinheit 8 und Leiterelementen 12 durch Spritzgießen angeformt ist. Der Rotor 3 umfasst eine Rotorwelle 14 und eine auf dieser angebrachte Rotor-Armatur 15.

Die - in einem zwischen der Kunststoffstruktur 13 und dem Deckel 6 ausgebildeten Hohlraum 16 aufgenommene - elektronische Steuerung 5 umfasst eine mit Elektronik-Bausteinen E bestückte Leiterplatte 17. Diese ist auf Stiften 18 gelagert, welche Teil der Kunststoffstruktur 13 sind. Die Leiterelemente 12 sind nur auf einem Teil ihrer Länge in die Kunststoffstruktur 13 eingebettet; sie ragen jeweils aus letzterer mit einem freien Endabschnitt 19 heraus, über welchen, in einen zugeordneten Durchbruch 20 der Leiterplatte 17 eingreifend, eine Kontaktierung

mit der elektronischen Steuerung 5 erfolgt.
Entsprechendes gilt für den Neutral-Pin 21.

Im Bereich der drei Leiterelemente 12 und des Neutral-Pins 21 ist die Kunststoffstruktur 13 jeweils in Form eines Sockels 22 ausgeführt. Jeder Sockel 22 ist mit dem Zentralbereich 23 der Kunststoffstruktur 13 über eine Aussteifungsrippe 24 verbunden. Stirnseitig ist der jeweilige Sockel 22 als ein das betreffende Leiterelement 12 bzw. den Neutral-Pin 21 umgebendes Schälchen 25 mit einer darin angeordneten zentralen, angenähert pyramiden- oder dachförmigen Erhebung 26 ausgeführt. Das betreffende Schälchen 25 wird - vor der Montage der elektronischen Steuerung 5 - mit einem Dichtmittel (potting material) 27 verfüllt (nur gezeigt in den Figuren 1 und 4).

Nachdem Elektromotoren mit Stator-Bauteilen der in den Figuren 2 bis 4 gezeigten Gestaltung bekannt sind (z. B. als Antriebsmotor für die Ölpumpe des Tesla Model 3) und es für das Verständnis der vorliegenden Erfindung auf weitere Details nicht ankommt, wird auf eine weitergehende Erläuterung an dieser Stelle verzichtet.

Das in den Figuren 5 bis 7 veranschaulichte, nach der vorliegenden Erfindung ausgeführte Stator-Bauteil 4' lehnt sich hinsichtlich grundlegender Gestaltungsmerkmale an jenes nach den Figuren 2 bis 4 an. Insoweit verzichtet die nachfolgende Beschreibung auf eine erneute vollständige Erläuterung und beschränkt sich stattdessen auf eine Darlegung der relevanten Unterschiede.

Ein besonders markanter, wesentlicher Unterschied besteht darin, dass bei der - aus PBT gespritzten -

Kunststoffstruktur 13' die Umspritzung der Leiterelemente 12' nicht aus jeweils einem dickwandigen Sockel, welcher zudem über eine Aussteifungsrippe mit dem Zentralbereich 23' der Kunststoffstruktur verbunden ist, besteht.

Vielmehr sind die Leiterelemente 12' jeweils - wiederum auf einem Teilbereich ihrer Länge - über ihren Umfang von einer vergleichsweise dünnwandigen Manschette 28 umgeben, welche sich, auf dem gesamten Umfang frei, von der übrigen Kunststoffstruktur 13' erhebt. Die Manschetten 28 verfügen dabei über eine zumindest weitgehend homogene Wandstärke W . Bei einem Querschnitt des jeweiligen Leiterelements von $5,5 \text{ mm} \times 0,8 \text{ mm}$ beträgt die mittlere Wandstärke W der dieses umgebenden Manschette 28 etwa $1,3 \text{ mm}$ und deren freie Länge L_1 etwa $4,5 \text{ mm}$. Endseitig läuft die jeweilige Manschette 28 in Richtung auf den freien Endabschnitt 19' des zugeordneten metallischen Leiterelements 12' in einer Verjüngung 29 aus.

In den die jeweilige Manschette 28 durchdringenden Abschnitten der metallischen Leiterelemente 12' bestehen auf deren Umfang umlaufend - in der Zeichnung nur schematisch, nicht maßstabsgerecht veranschaulichte - Feinstrukturierungen 30 in Form von mittels Lasergravur in die Oberfläche eingebrachten, etwa $50 \text{ }\mu\text{m}$ tiefen und etwa $10 \text{ }\mu\text{m}$ breiten Rillen 31, welche parallel zueinander und senkrecht zur Längsrichtung des betreffenden metallischen Leiterelements 12' orientiert sind. Der Abstand zwischen zwei einander benachbarten Rillen 31 beträgt dabei etwa $20 \text{ }\mu\text{m}$. Die Länge L_2 des mit der Feinstrukturierung 30 versehenen Abschnitts des jeweiligen metallischen Leiterelements 12' beträgt jeweils etwa $3,5 \text{ mm}$, d. h. etwa 75% der freien Länge L_1 der Manschette 28; und der mit der Feinstrukturierung 30

versehene Abschnitt des metallischen Leiterelements 12' ist dabei vollständig im Bereich der Manschette 28 angeordnet. Der Neutral-Pin 21' ist insoweit in analoger Weise ausgeführt wie die Leiterelemente 12'.

Jedes Leiterelement 12' weist drei es quer durchsetzende Durchbrüche 32 und 33 auf. Ein - in Form eines Langovals ausgeführter - erster Durchbruch 32 befindet sich dabei in jenem Abschnitt des jeweiligen Leiterelements 12', wo dieses auf seiner Oberfläche die Feinstrukturierung 30 aufweist. Zwei (etwa runde) Durchbrüche 33 - sie sind in Fig. 6 durch entsprechend weggebrochene Kunststoffstruktur der Verjüngung 29 sichtbar gemacht - befinden sich in dem von der endseitigen Verjüngung 29 der Manschette 28 abgedeckten Bereich des jeweiligen Leiterelements 12'. Durch jeden der drei Durchbrüche 32 bzw. 33 hindurch erstreckt sich eine Thermoplast-"Brücke" 34, welche die zu beiden einander gegenüberliegenden Seiten des Leiterelements 12' befindlichen Bereiche der Manschette 28 bzw. der Verjüngung 29 miteinander verbindet.

Erkennbar ist weiterhin, dass die (der Kontaktierung mit der elektronischen Steuerung dienenden) Endabschnitte 19' der Leiterelemente 12', anders als nach dem in Fig. 1 bis 4 veranschaulichten Stand der Technik, einen endseitigen Einschnitt 35 aufweisen und auf dieses Weise gegabelt ausgeführt sind.

Das Stator-Bauteil 4' zeichnet sich durch ein hervorragendes Abdichtverhalten zwischen den metallischen Leiterelementen 12' und der - über zu den Rillen 31 korrespondierende, diese füllende Rippen 36 - mit diesen

verzahnten PBT-Kunststoffstruktur 13' bei gleichzeitig sehr guter Dauerfestigkeit und geringster Neigung zu Ablöseerscheinungen aus. So erfolgt eine Abdichtung zwischen der Kunststoffstruktur 13' und den metallischen Leiterelementen 12' ausschließlich durch den Kontakt des PBT-Thermoplasts der Kunststoffstruktur 13' mit dem jeweiligen metallischen Leiterelement 12'; ein gesondertes Abdichtmaterial (wie das nach dem Stand der Technik vorgesehene potting material) kommt nicht zum Einsatz.

Ansprüche

1. Stator-Bauteil (4') einer elektrodynamischen Maschine, insbesondere eines Elektromotors, umfassend eine Kunststoffstruktur (13'), eine zumindest teilweise in diese eingebettete, mehrere Spulenwicklungen (11) aufweisende Statoreinheit (8'), eine elektronische Steuerung (5) und mehrere metallische Leiterelemente (12'), über welche die Spulenwicklungen (11) an die elektronische Steuerung (5) angeschlossen sind, wobei die metallischen Leiterelemente (12') auf einem Teil ihrer Erstreckung in Längsrichtung zwischen den Kontaktierungen der zugeordneten Spulenwicklung (11) und der elektronischen Steuerung (5) in die Kunststoffstruktur (13') eingebettet sind und aus dieser mit einem der Kontaktierung der elektronischen Steuerung (5) zugeordneten freien Endabschnitt (19') herausragen, mit den folgenden Merkmalen:
 - Die Kunststoffstruktur (13') ist durch Spritzgießen aus einem Thermoplast hergestellt, und zwar angespritzt an die vormontierte Gruppe aus Statoreinheit (8') und mit deren Spulenwicklungen (11) verbundenen Leiterelementen (12');
 - angrenzend an den jeweiligen freien Endabschnitt (19') des metallischen Leiterelements (12') bildet die Kunststoffstruktur (13') jeweils eine das betreffende metallische Leiterelement (12') an seinem Umfang vollständig umgebende, von der

übrigen Kunststoffstruktur frei abstehende Manschette (28) aus;

- die Abdichtung zwischen der Kunststoffstruktur (13') und den metallischen Leitelementen (12') erfolgt ausschließlich durch den Kontakt des Thermoplasts der Kunststoffstruktur (13') mit dem jeweiligen metallischen Leitelement (12'), ohne ein gesondertes Abdichtmaterial;
 - in den die jeweilige Manschette (28) durchdringenden Abschnitten der metallischen Leitelemente (12') sind auf dem Umfang umlaufend Feinstrukturierungen (30) in Form von mittels Lasergravur in die Oberfläche eingebrachten, mit Thermoplast-Rippen (36) der Kunststoffstruktur (13') gefüllten Rillen (31) vorgesehen.
2. Stator-Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rillen (31) im Wesentlichen senkrecht zur Längsrichtung des betreffenden metallischen Leitelements (12') orientiert sind.
 3. Stator-Bauteil nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rillen (31) zwischen 10 μm und 100 μm tief ausgeführt sind.
 4. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Rillen (31) zwischen 3 μm und 50 μm breit ausgeführt sind.
 5. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis zwischen

Breite und Tiefe der Rillen (31) zwischen 0,6 und 1,5, bevorzugt zwischen 0,8 und 1,2 beträgt.

6. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen zwei einander benachbarten Rillen (31) mindestens ebenso groß ist wie die Breite der betreffenden Rillen (31).
7. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge (L2) des mit der Feinstrukturierung (30) versehenen Abschnitts jeweils mindestens 50%, bevorzugt mindestens 60% der freien Länge (L1) der Manschette (28) parallel zur Längsrichtung des zugeordneten metallischen Leiterelements (12') beträgt.
8. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils mindestens 80%, bevorzugt mindestens 90%, besonders bevorzugt 100% der Länge (L2) des mit der Feinstrukturierung (30) versehenen Abschnitts des metallischen Leiterelements (12') im Bereich der Manschette (28) angeordnet sind.
9. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei Leiterelementen (12') mit rechteckigem Querschnitt die freie Länge (L1) der Manschetten (28) parallel zur Längsrichtung des zugeordneten Leiterelements (12') mindestens 0,7- bis 1,0-fach, bevorzugt 0,8- bis 0,9-fach so groß ist wie die größere der beiden Dimensionen der

metallischen Leiterelemente (12') quer zu deren Längsrichtung.

10. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Manschetten (28) endseitig in Richtung auf den freien Endabschnitt (19') des zugeordneten metallischen Leiterelements (12') in einer Verjüngung (29) auslaufen.
11. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Manschetten (28) über eine zumindest weitgehend homogene Wandstärke (W) verfügen.
12. Stator-Bauteil nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandstärke (W) der Manschetten (28) im Bereich ihrer größten Dicke nicht mehr als 50%, bevorzugt nicht mehr als 25%, besonders bevorzugt nicht mehr als 15% über der Wandstärke der betreffenden Manschette im Bereich ihrer geringsten Dicke liegt.
13. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterelemente (12') im Bereich ihrer Umhüllung mit der Manschette (28) der Kunststoffstruktur (13'), bevorzugt im Bereich der Feinstrukturierung (30) der Oberfläche jeweils mindestens einen mit Thermoplastmaterial der Kunststoffstruktur (13') gefüllten Durchbruch (32, 33) aufweisen.
14. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die freien

Endabschnitte (19') der Leiterelemente (12') gegabelt ausgeführt sind, indem sie einen endseitigen Einschnitt (35) aufweisen.

15. Stator-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Steuerung (5) an der Kunststoffstruktur (13') fixiert und von einem mit dieser verbundenen Deckel (6) abgedeckt ist.

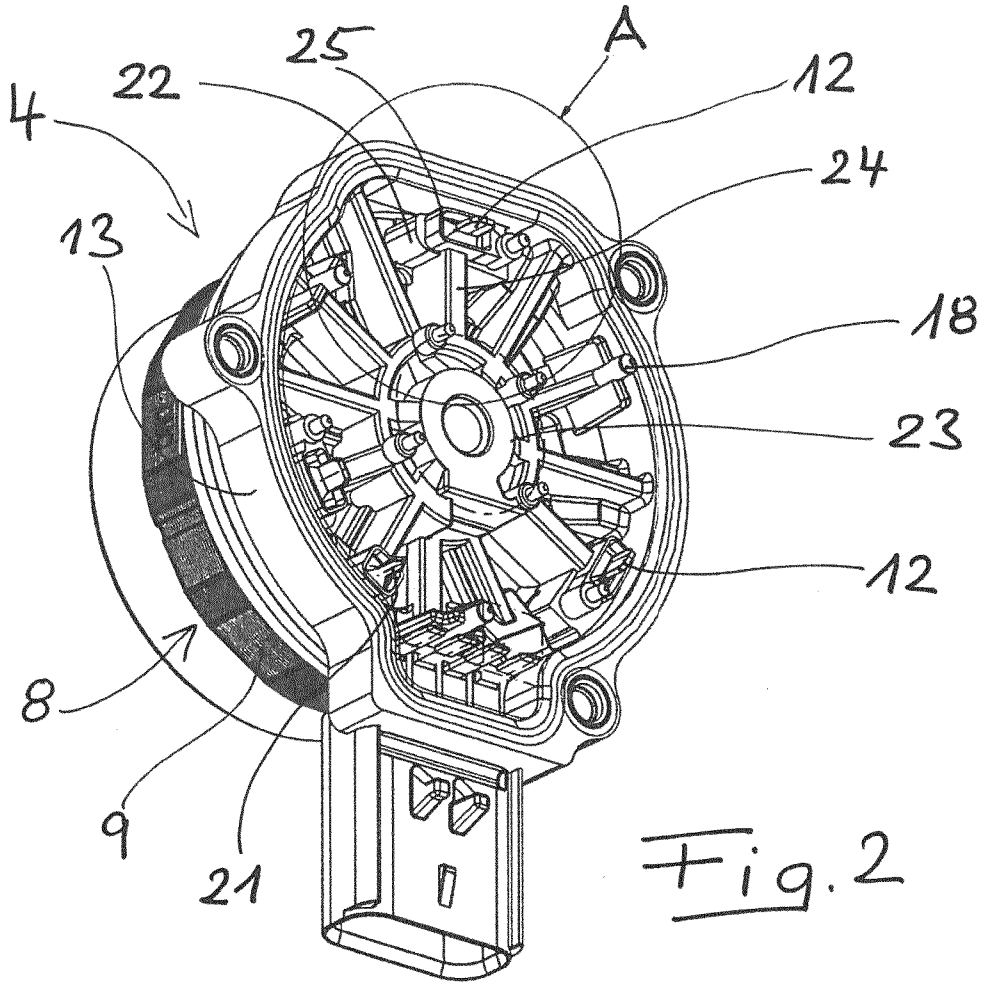


Fig. 2

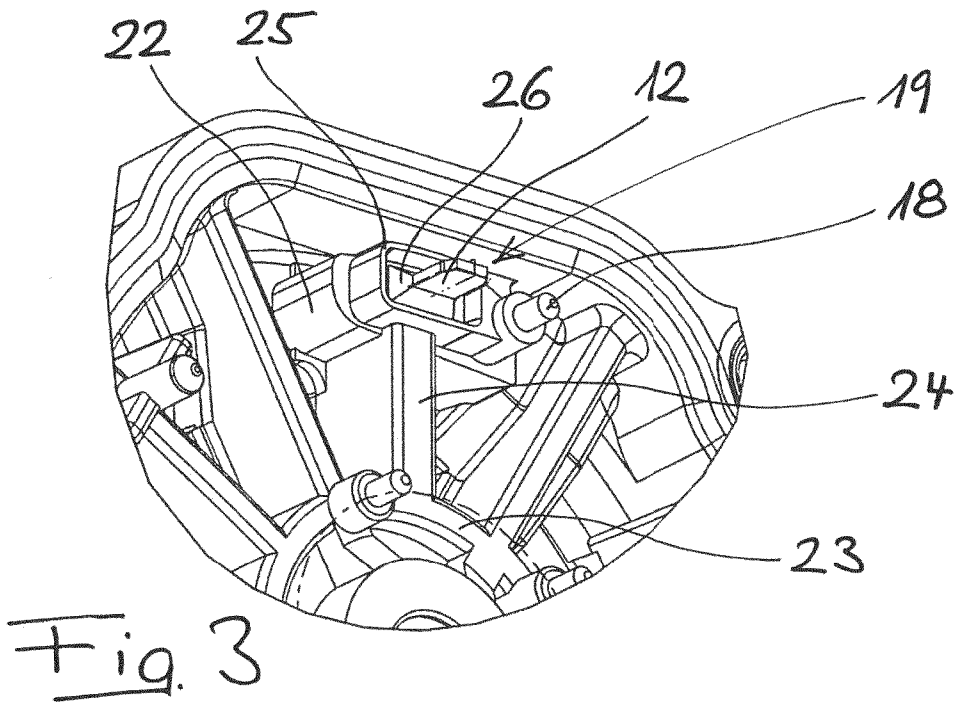


Fig. 3

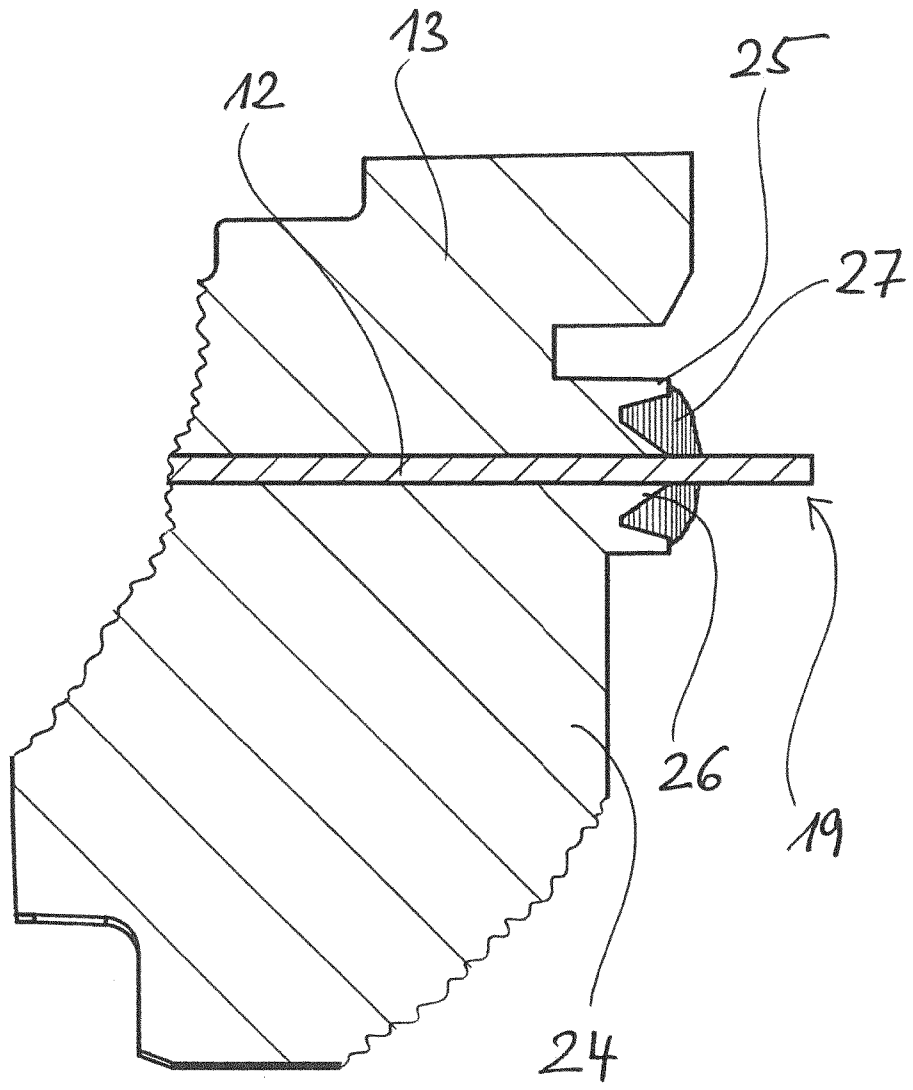
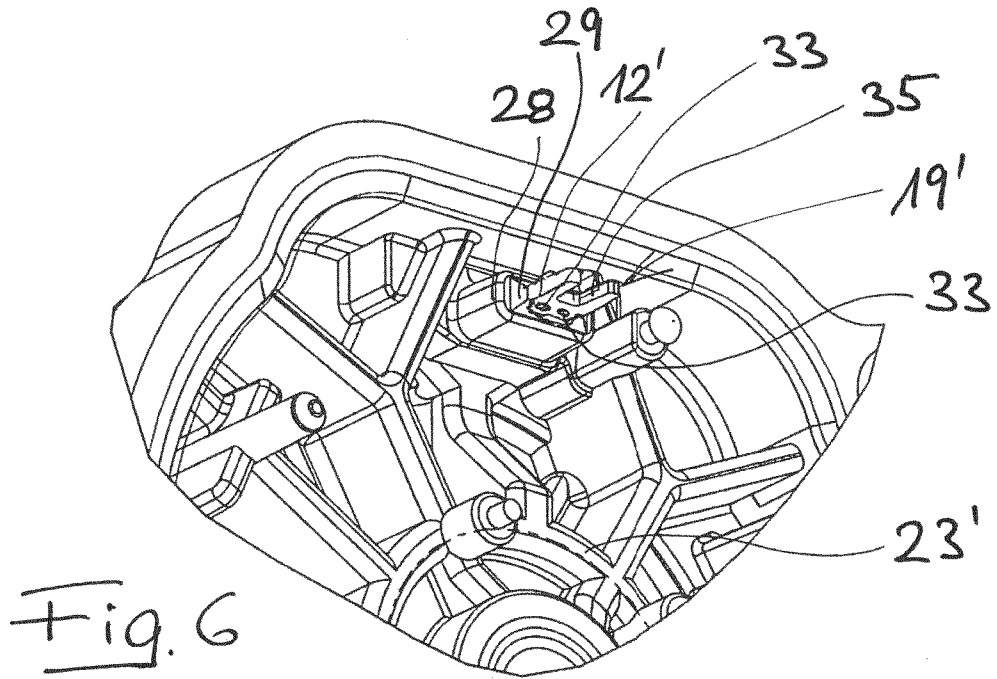
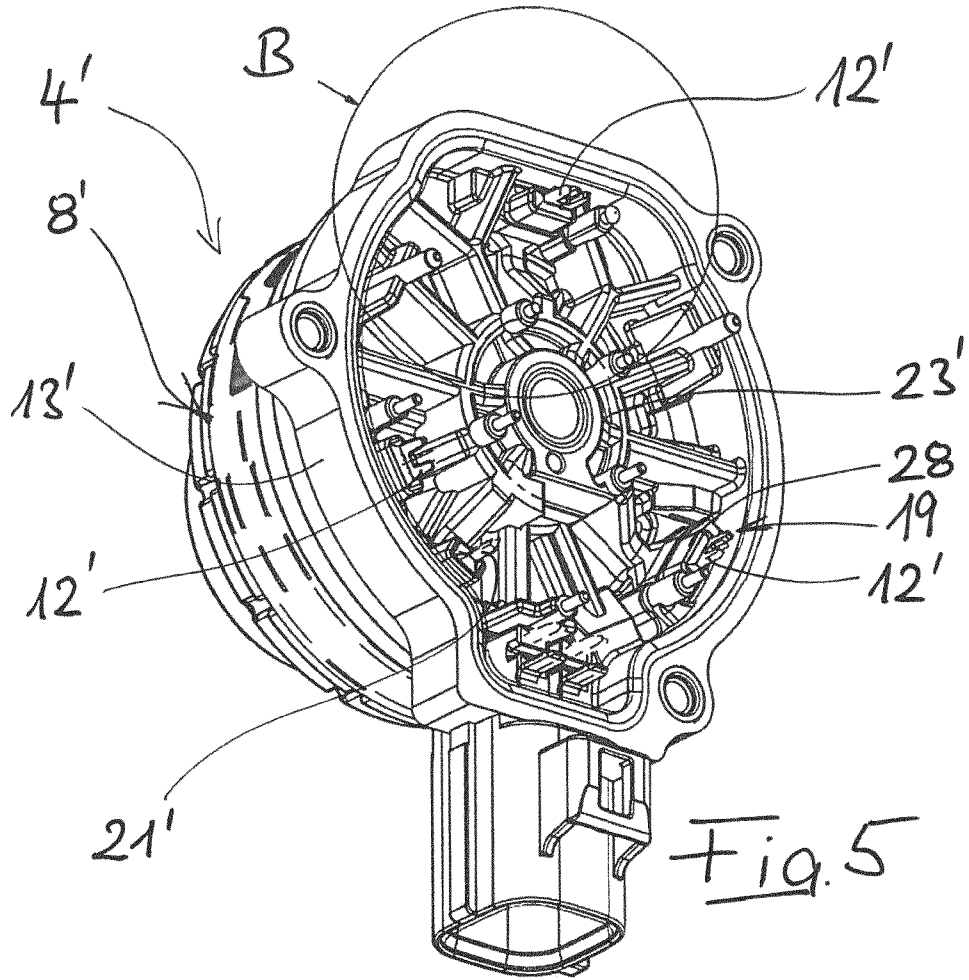


Fig. 4



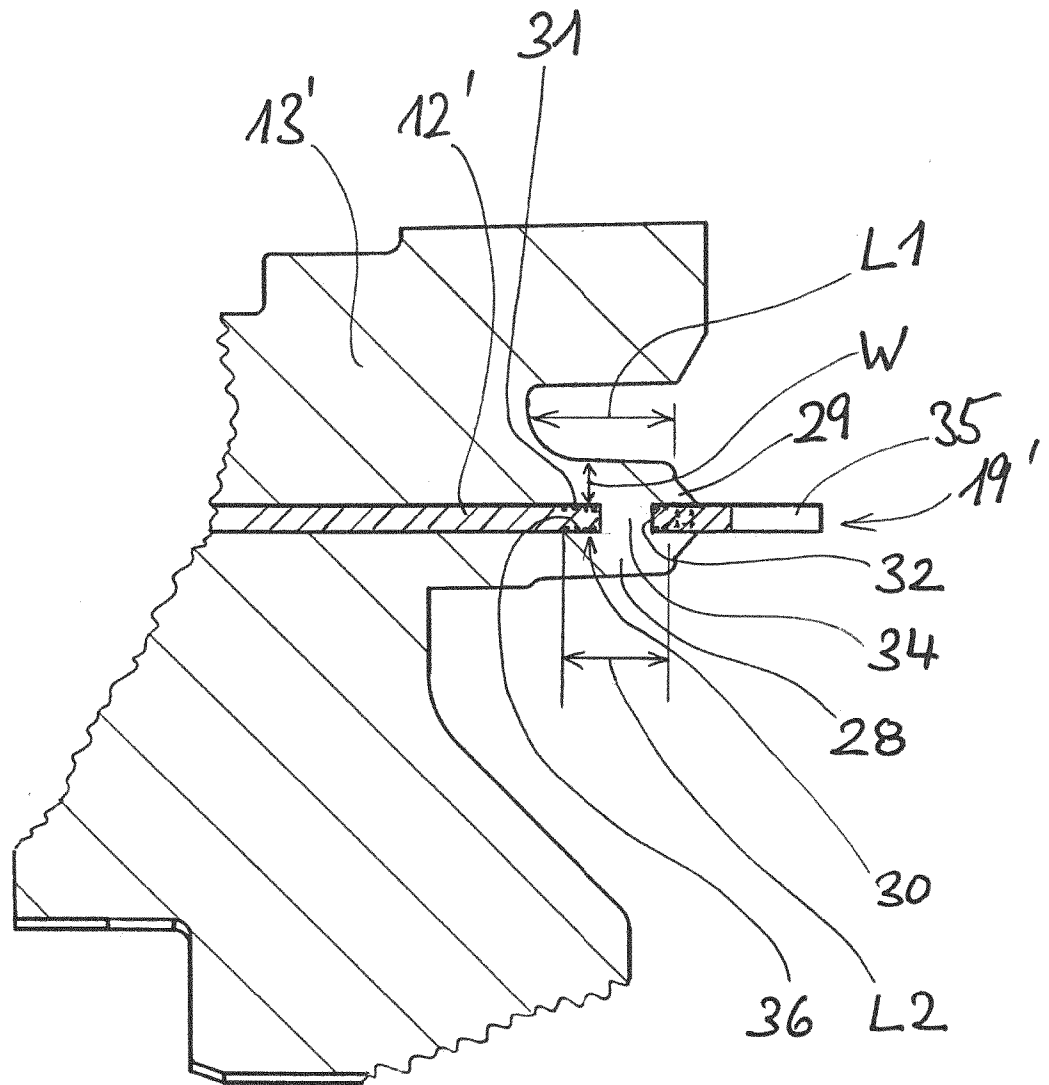


Fig. 7