

(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
19. Dezember 2024 (19.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/256301 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 1/278 (2022.01) *H02K 29/03* (2006.01)
H02K 15/03 (2006.01)
- (71) Anmelder: **BROSE FAHRZEUGTEILE SE & CO. KOMMANDITGESELLSCHAFT, WÜRZBURG** [DE/DE]; Ohmstraße 2a, 97076 Würzburg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/065848 (72) Erfinder: **GRIMM, Marco**; Keplerstr. 5, 85716 Unterschleißheim (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 10. Juni 2024 (10.06.2024) (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2023 205 414.0 12. Juni 2023 (12.06.2023) DE

(54) Title: ROTOR ASSEMBLY FOR AN ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung: ROTORBAUGRUPPE FÜR EINEN ELEKTROMOTOR

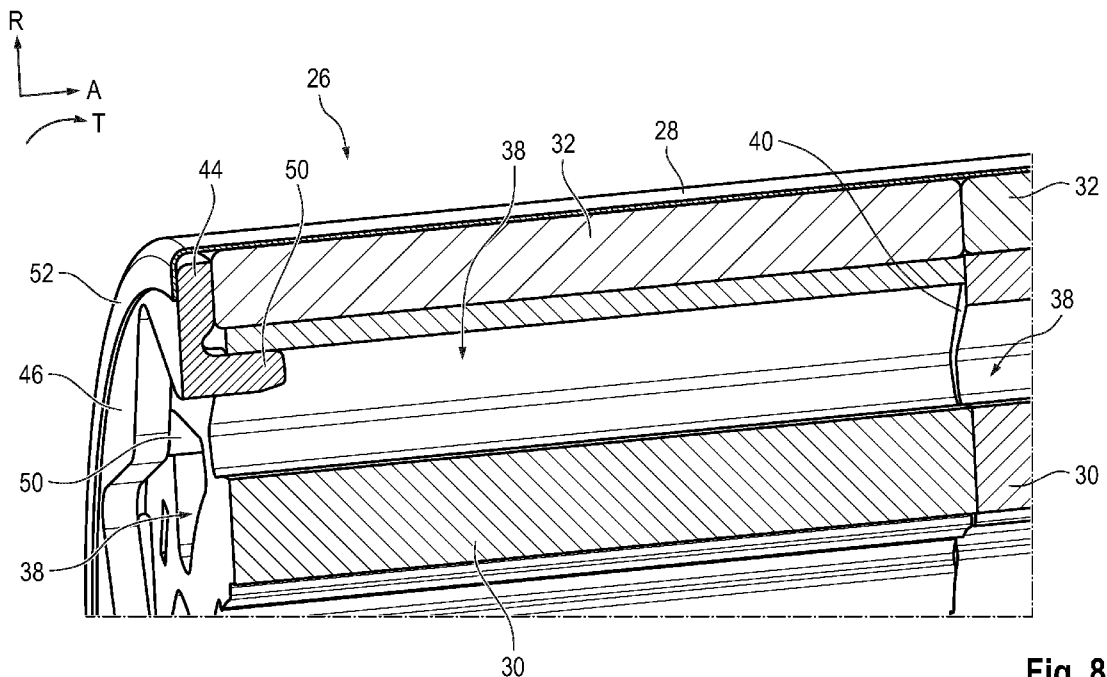


Fig. 8

(57) Abstract: The invention relates to a rotor assembly (22) for an electric motor (20), having: a rotor shaft (24) orientated along an axial direction (A); at least two rotor cores (30) arranged coaxially and offset relative to one another along the rotor shaft (24), wherein the rotor cores (30) are each equipped with a number of rotor magnets (32) arranged tangentially distributed on the lateral surfaces of the rotor cores (30); two magnet positioning rings (42) for axial and radial form-fitting mounting of the rotor magnets (32) on the rotor cores (30), which are arranged on the opposite end faces of the respective outermost rotor cores (30); and a magnet fixing sleeve (28) placed on the rotor cores (30) for fixing the rotor magnets (32), wherein the rotor cores (30) are in direct contact with one another, wherein the rotor cores (30) have retaining contours (40) for tangentially retaining the rotor magnets (32), which project radially beyond



WO 2024/256301 A1

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

the outer circumference of the respective rotor core (30), and wherein the retaining contours (40) of a rotor core (30) form an axial stop for the rotor magnets (32) of a neighbouring rotor core (30).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Rotorbaugruppe (22) für einen Elektromotor (20), aufweisend eine entlang einer Axialrichtung (A) gerichtete Rotorwelle (24), mindestens zwei Rotorpaketen (30), welche entlang der Rotorwelle (24) koaxial und geschränkt zueinander angeordnet sind, wobei die Rotorpakete (30) jeweils mit einer Anzahl von Rotormagneten (32) bestückt sind, welche tangential verteilt an den Mantelflächen der Rotorpakete (30) angeordnet sind, zwei Magnetpositionierungsringe (42) zur axialen und radialen formschlüssigen Halterung der Rotormagnete (32) an den Rotorpaketen (30), welche an den gegenüberliegenden Stirnseiten der jeweils äußersten Rotorpakete (30) angeordnet sind, und eine auf die Rotorpakete (30) aufgesetzte Magnetfixierungshülse (28) zur Fixierung der Rotormagnete (32), wobei die Rotorpakete (30) unmittelbar aneinander anliegen, wobei die Rotorpakete (30) Haltekonturen (40) zur tangentialen Halterung der Rotormagnete (32) aufweisen, welche dem Außenumfang des jeweiligen Rotorpakets (30) radial überstehen, und wobei die Haltekonturen (40) eines Rotorpakets (30) einen axialen Anschlag für die Rotormagnete (32) eines benachbart angeordneten Rotorpakets (30) bilden.

5

Beschreibung

Rotorbaugruppe für einen Elektromotor

Die Erfindung betrifft eine Rotorbaugruppe für einen Elektromotor, aufweisend
10 eine entlang einer Axialrichtung gerichtete Rotorwelle und mindestens zwei Rotor-
pakete, welche entlang der Rotorwelle koaxial und geschränkt zueinander ange-
ordnet sind. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung einer Ro-
torbaugruppe und einen Elektromotor mit einer solchen Rotorbaugruppe.

15 Heutzutage weisen Kraftfahrzeuge typischerweise eine Servolenkung auf, welche
eine Lenkkraft, die zu einer Betätigung eines Lenkrads bei einem Lenken im Still-
stand oder im Falle niedriger Fahrzeuggeschwindigkeiten benötigt wird, reduziert.
Die Servolenkung unterstützt hierbei einen Kraftfahrzeugnutzer beim Lenken, in-
dem die von dem Fahrzeugnutzer aufgebrachte Lenkkraft beispiels-weise mit ei-
20 nem Hydrauliksystem oder mit einem Elektromotor unterstützt wird.

Bei einer elektromotorischen Servolenkung (EPS: Electric Power Steering, EPAS:
Electric Power Assisted Steering) unterstützt und überlagert ein an der Mechanik
des Lenkrads (Lenksäule, Lenkgetriebe) angeordneter Elektromotor die Lenkbe-
25 wegungen des Kraftfahrzeugnutzers mit einer erzeugten Hilfskraft. Für derartige
elektromotorische Antriebe werden zunehmend häufiger sogenannte bürstenlose
Elektromotoren (bürstenloser Gleichstrommotor, BLDC-Motor) eingesetzt, bei de-
nen die verschleißanfälligen Bürsten eines starren (mechanischen) Kommutators
durch eine elektronische Kommutierung des Motorstroms ersetzt sind.

30

Ein derartiger bürstenloser Elektromotor als elektrische Drehstrommaschine weist
prinzipiell einen feststehenden (stationären) Stator mit einer elektrischen Drehfeld-
wicklung auf, welche mit einem mehrphasigen Drehstrom bestromt wird. Die

Phasen des erzeugten Drehstroms und des zugehörigen Drehfeldes werden als (Motor-)Phasen bezeichnet. Im übertragenen Sinne werden hierunter auch die jeweils einer solchen Phase zugeordneten Statorspulen (Phasenwicklung) mit den zugehörigen Verbindungsleitungen (Phasenende) verstanden. Die Phasen sind
5 hierbei beispielsweise in einem Sternpunkt einer Sternschaltung miteinander verschaltet.

Im Falle eines bürstenlosen Elektromotors als dreiphasige Drehstrommaschine weist der Stator bzw. dessen Drehfeldwicklung drei Phasen und damit zumindest
10 drei Phasenleiter oder Phasenwicklungen auf, welche jeweils phasenversetzt mit einem elektrischen Strom beaufschlagt werden, um ein magnetisches Drehfeld zu erzeugen, in dem ein üblicherweise mit Permanentmagneten versehener, auch als Läufer bezeichneter Rotor um dessen Achse dreht (rotiert).

Der Rotor weist in der Regel ein insbesondere zylindrisches, stanzpaketiertes (Rotor-)Blechkpaket als zentrales Rotorpaket auf. Das Rotorpaket ist hierbei beispielsweise wellenfest mit einer Rotor- oder Motorwelle des Elektromotors gefügt. Bei einem Oberflächen-Permanentmagnet Rotor (engl.: Surface Permanent Magnet Rotor), auch als SPM-Rotor bezeichnet, sind die Rotormagnete an einem Außen-
20 umfang einer Mantelfläche des Rotorpakets befestigt oder gehalten. Zu diesem Zwecke ist es beispielsweise denkbar, dass die Permanentmagnete stoffschlüssig, insbesondere mittels eines Klebers oder Epoxids, an die Mantelfläche gefügt sind. Ebenso denkbar sind Haltevorrichtungen zur stoffschlussfreien Befestigung und/oder Halterung der Permanentmagnete an der Mantelfläche.

Der Rotor ist beispielsweise in einen gezahnten Stator, mit einer Anzahl von radial gerichteten Statorzähnen und Statornuten, angeordnet. Die Drehfeldwicklung ist hierbei insbesondere auf die Statorzähne aufgebracht. Im Betrieb des Elektromotors wird der magnetische Widerstand zwischen Rotor und Stator durch eine Änderung des Luftspalts bei einem Wechsel von Statorzahn auf Statornut gegenüber
30 den Permanentmagneten variiert, wodurch die Kraft auf den Rotor beeinflusst wird. Dadurch wird ein sogenanntes Rastmoment (cogging torque) bewirkt,

welches zu einem schwankenden, unruhigen Motorbetrieb und somit zu einer Geräuschentwicklung führt.

Zur Rastmomentreduzierung von Elektromotoren als permanent erregte elektrische Maschinen werden insbesondere im Falle von langen Aktivteillängen Rotoren verwendet, bei welchen die Rotormagnete entlang der Axialrichtung oder der Rotorwelle geschränkt zueinander angeordnet sind. Dies bedeutet, dass axial übereinander angeordnete oder gestapelte Rotormagnete zueinander in Tangentialrichtung (Umfangsrichtung/Azimutalrichtung) versetzt angeordnet sind. Eine derartige Schränkung oder geschränkte Anordnung der Rotormagnete wirkt sich vorteilhaft auf eine Reduzierung des Rastmoments und somit auf die Reduzierung eines Drehmomentripples, also auf eine Drehmomentwelligkeit, des Elektromotors aus. Dies überträgt sich in der Folge vorteilhaft auf eine Reduzierung des Laufgeräuschs im Betrieb des Elektromotors. Mit anderen Worten wird somit eine Geräuschentwicklung reduziert, wodurch wiederum die akustischen Eigenschaften des Rotors und des Elektromotors verbessert werden, was insbesondere in dessen Anwendungen nahe einem Fahrzeuginnenraum wünschenswert ist.

Zur vereinfachten Montage des Rotors ist beispielsweise eine sogenannte diskrete Schränkung möglich, bei welcher eine Anzahl von mit Rotormagnete bestückten (Einzel-)Rotorpaketen entlang der Rotorwelle koaxial zueinander angeordnet und zueinander oder gegeneinander geschränkt werden. Dies bedeutet, dass die Rotorpakete jeweils mit einem tangentialen Winkelversatz entlang der Axialrichtung gestapelt werden. Mit anderen Worten sind die mit Rotormagnete bestückten Rotorpakete zueinander in Tangentialrichtung um einen Schränkungswinkel versetzt oder gedreht. Dies bedeutet, dass entlang der Axialrichtung oder Rotorwelle von Rotorpaket zu Rotorpaket ein tangentialer Schränkungswinkel realisiert ist.

Bei der Montage des Rotors wird der Schränkungswinkel beispielsweise mechanisch im Zuge des wellenfesten Fügens der Rotorpakete erzeugt. Die erzeugten Schränkungswinkel unterliegen hierbei einer Vielzahl von Montageeinflüssen, wie beispielsweise Greifer, Bänder, Mechaniken oder Messungenauigkeiten, wodurch häufig Montageungenauigkeiten auftreten, welche zu Abweichungen der

gewünschten Schräkungswinkel zwischen den Rotorpaketen führen. Dadurch wird das Rastmoment des Rotors beziehungsweise des Elektromotors nachteilig erhöht, wodurch eine größere Geräuschentwicklung im Betrieb auftritt.

5 Bei mehrteiligen, geschränkten Rotoren ist der Einsatz eines Zwischenelements (Zwischenrings) möglich, welcher zwischen den Rotorpaketen angeordnet ist, und die Rotormagnete stirnseitig zwischen den Rotorpaketen axial abstützt. Über dieses Zwischenelement soll formschlüssig auch der Verdreh- oder Schräkungswinkel zwischen den Rotorpaketen eingestellt werden. SPM-Rotorbaugruppen mit solchen Zwischenelementen sind beispielsweise aus der DE 10 2017 223 622 A1
10 und der EP 4 084 296 A1 bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine besonders geeignete Rotorbaugruppe eines Elektromotors anzugeben. Insbesondere soll eine diskret geschränkte Rotorbaugruppe mit einem verbesserten Magnetfluss zwischen den Rotorpaketen realisiert werden. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein besonders geeignetes Verfahren zur Herstellung einer Rotorbaugruppe sowie einen besonders geeigneten Elektromotor anzugeben.
15

20 Hinsichtlich der Rotorbaugruppe wird die Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 6 sowie hinsichtlich des Elektromotors mit den Merkmalen des Anspruchs 10 erfindungsgemäß gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche (Unteransprüche). Die im Hinblick auf die Rotorbaugruppe angeführten Vorteile und Ausgestaltungen sind sinngemäß auch
25 auf das Verfahren und/oder den Elektromotor übertragbar und umgekehrt.

Die Konjunktion „und/oder“ ist hier und im Folgenden derart zu verstehen, dass die mittels dieser Konjunktion verknüpften Merkmale sowohl gemeinsam als auch als Alternativen zueinander ausgebildet sein können.
30

Die erfindungsgemäße Rotorbaugruppe ist für einen Elektromotor, insbesondere für eine Servolenkung eines Kraftfahrzeugs, vorgesehen sowie dafür geeignet und

eingrichtet. Die Rotorbaugruppe weist hierbei eine Rotorwelle und einen Rotor mit zwei Magnetpositionierungsringe und eine hülsen- oder manschettenartige Magnetfixierungshülse auf. Der Rotor ist mehrteilig mit mindestens zwei Rotorpaketen (Einzelpaketen) ausgeführt, wobei an den Rotorpaketen jeweils eine Anzahl von Rotormagneten angeordnet ist. Die Rotormagnete sind vorzugsweise Permanentmagnete.

Unter „axial“ oder einer „Axialrichtung“ wird hier und im Folgenden insbesondere eine Richtung parallel (koaxial) zur Rotorwelle, also senkrecht zu den Stirnseiten des Rotors verstanden. Entsprechend wird hier und im Folgenden unter „radial“ oder einer „Radialrichtung“ insbesondere eine senkrecht (quer) zur Rotorwelle orientierte Richtung entlang eines Radius des Rotors beziehungsweise der Rotorpakete verstanden. Unter „tangential“ oder einer „Tangentialrichtung“ wird hier und im Folgenden insbesondere eine Richtung entlang des Umfangs des Rotors oder der Rotorpakete (Umfangsrichtung, Azimutalrichtung), also eine Richtung senkrecht zur Axialrichtung und zur Radialrichtung, verstanden.

Der Rotor beziehungsweise jedes der Rotorpakete ist mit der entlang der Axialrichtung orientierten Rotorwelle wellenfest gefügt. Hierzu weisen die Rotorpakete insbesondere eine zentrale Durchführöffnung auf, mittels welcher die Rotorpakete vorzugsweise kraft- und/oder formschlüssig – beispielsweise mittels eines Pressfits – mit der Rotorwelle gefügt werden. Die Schränkung der benachbarten Rotorpakete ist hierbei insbesondere lediglich durch die Fügeverbindung, insbesondere durch den Pressfit, mit der Rotorwelle realisiert. Mit anderen Worten sind die benachbarten Rotorpakete mit einem definierten Schränkungswinkel, also einen tangentialen Winkelversatz, auf die Rotorwelle aufgebracht.

Unter „Kraftschluss“ oder „kraftschlüssige Verbindung“ zwischen mindestens zwei miteinander verbundenen Teilen wird hier und im Folgenden insbesondere verstanden, dass die miteinander verbundenen Teile aufgrund einer zwischen ihnen wirkenden Reibkraft gegen ein Abgleiten aneinander gehindert sind. Fehlt eine diese Reibkraft hervorrufende „Verbindungskraft“, das bedeutet diejenige Kraft,

welche die Teile gegeneinander drückt, kann die kraftschlüssige Verbindung nicht aufrecht erhalten und somit gelöst werden.

Unter einem „Formschluss“ oder einer „formschlüssigen Halterung/Verbindung“
5 zwischen wenigstens zwei miteinander verbundenen Teilen wird hierbei und im Folgenden insbesondere verstanden, dass der Zusammenhalt der miteinander verbundenen Teile zumindest in einer Richtung durch ein unmittelbares Ineinandergreifen von Konturen der Teile selbst oder durch ein mittelbares Ineinandergreifen über ein zusätzliches Verbindungsteil erfolgt. Das „Sperren“ einer gegenseitigen Bewegung in dieser Richtung erfolgt also formbedingt.
10

Die insbesondere zylindrischen Rotorpakete sind vorzugsweise als stanzpaketierte Blechpakete (Rotorblechpakete) mit einer Anzahl von entlang der Axialrichtung gestapelten oder geschichteten Rotorblechen ausgebildet. Die Rotorpakete
15 sind entlang der Rotorwelle koaxial zueinander angeordnet oder gestapelt und geschränkt zueinander angeordnet. Die Rotorpakete bilden somit einen Paketverbund.

Die Rotorpakete sind jeweils mit einer Anzahl von Rotormagneten bestückt, welche tangential verteilt an den jeweils äußeren Mantelflächen der Rotorpakete angeordnet sind. Die Rotorpakete weisen hierbei insbesondere eine im Wesentlichen gleichseitige polygonale oder mehreckige Grundfläche auf, sodass die Mantelfläche entlang der Tangential- oder Azimutalrichtung, also entlang des Außenumfanges, eine Anzahl von gleichflächigen Anlageflächen für die Permanentmagnete
20 aufweist. Die Rotormagnete sind somit als Oberflächenmagnete ausgeführt, wobei der Rotor beziehungsweise die Rotorbaugruppe in SPM-Bauweise ausgeführt ist. Die Rotormagnete weisen beispielsweise eine rechteckige oder quaderförmige, vorzugsweise eine brotlaib- oder schalenförmige, Querschnittsform auf.
25

An den Stirnseiten des Rotors, also an den Stirnseiten der äußersten Rotorpakete
30 ist jeweils ein Magnetpositionierungsring als Haltering vorgesehen, welcher die Rotormagnete gegen ein ungewünschtes axiales und radiales Herausgleiten sichert. Die Magnetpositionierungsringe halten die Rotormagnete entlang der

Radial- und Tangentialrichtung stoffschlussfrei, insbesondere formschlüssig, an den Mantelflächen der Rotorpakete.

Auf die Rotorpakete beziehungsweise auf den Paketverbund ist eine Magnetfixierungshülse zur Fixierung der Rotormagnete aufgesetzt oder aufgedrückt. Die Magnetfixierungshülse ist hierbei beispielsweise als ein rohr-, hohlzylinder-, hülsen-, oder manschettenförmiger (Abdeck- oder Halte-)Mantel ausgeführt. Die Magnetfixierungshülse kann hierbei als ein tiefgezogenes (Edel-)Stahlteil oder Aluminiumteil ausgeführt sein.

Die Magnetfixierungshülse ist als eine Magnetabdeckung axial auf den Paketverbund, und somit auf die Rotormagnete, aufgesetzt. Das Aufsetzen erfolgt hierbei insbesondere mittels eines axialen Pressfits, wobei es beispielsweise möglich ist, dass lediglich die Rotormagneten in einem mechanischen (Berührungs-)Kontakt zu der Magnetfixierungshülse stehen. Mit anderen Worten erfolgt der Pressfit zur Befestigung der Magnetfixierungshülse insbesondere lediglich mittels Rotormagneten. Dies bedeutet, dass der Außenumfang der Rotormagnete größer dimensioniert ist, als der Außenumfang der Rotorpakete und/oder der Magnetpositionierungsringe, so dass die Rotormagnete beispielsweise radial an einem Scheitelpunkt mit der Magnetfixierungshülse gefügt sind. Dadurch werden die mechanischen Ansprüche hinsichtlich Stabilität und Festigkeit der Magnetpositionierungsringe vorteilhaft und einfach reduziert. Insbesondere ist es dadurch möglich, die Magnetpositionierungsringe als kostengünstige Kunststoff-Spritzgussteile auszuführen.

Die Magnetfixierungshülse weist entlang der Axialrichtung im Hinblick auf die axiale Höhe des Paketverbunds ein gewisses Übermaß auf. Dies bedeutet, dass die Magnetfixierungshülse zwei stirnseitige Kragenbereiche (Stirnseiten) aufweist, welche in einem an den Pressfit anschließenden Verfahrensschritt radial nach innen gebogen (gecrimpt) werden. Dies bedeutet, dass die Magnetfixierungshülse im Montagezustand den Paketverbund – und somit den Rotor – formschlüssig umgreift oder einfasst.

Die Rotorpakete weisen Haltekonturen zur tangentialen Halterung der Rotormagnete auf, welche dem Außenumfang des jeweiligen Rotorpakets radial überstehen. Die Haltekonturen sind somit als radiale Trennstufe zwischen den tangential verteilt angeordneten Rotormagneten angeordnet, wobei der Außenumfang der Haltekonturen vorzugsweise geringer dimensioniert ist als der Außenumfang der Rotormagnete. Die Rotorpakete weisen somit zwischen den magnetischen Polen oberflächlich radial emporstehende Fortsätze auf, zwischen welchen die Rotormagnete tangential positioniert sind. Durch die Haltekonturen wird eine tangentiale Fehlstellung der Rotormagnete begrenzt.

Erfindungsgemäß sind die Rotorpakete hierbei unmittelbar oder direkt aneinander anliegend angeordnet. Die Stirnseiten benachbarter Rotorpakete berühren sich daher. Hierbei bilden die Haltekonturen eines Rotorpakets einen axialen Anschlag für die Rotormagnete eines benachbart angeordneten Rotorpakets. Durch die verschränkte oder geschränkte Anordnung der Rotorpakete ergibt sich bei einer stirnseitigen Betrachtung entlang der Axialrichtung eine axiale Begrenzung zwischen den Rotorpaketen durch die darunterliegenden radial hervorstehenden Haltekonturen. Somit stützen sich die Rotormagnete eines Rotorpakets axial auf den Haltekonturen des jeweils stirnseitig benachbarten Rotorpakets ab. Durch die geschränkte unmittelbare und direkte Anordnung sowie durch die Haltekonturen entfällt im Gegensatz zum Stand der Technik ein zwischen den Rotorpaketen angeordnetes Zwischenelement (Zwischenring) zur Schränkung der Rotorpakete, wodurch ein Magnetfluss zwischen den Rotorpaketen nicht durch einen Luftspalt (bzw. ein Zwischenelement) unterbrochen wird. Dadurch ist eine besonders geeignete Rotorbaugruppe für einen Elektromotor realisiert.

Zur axialen Fixierung der Rotormagnete ist es somit insbesondere vorgesehen, dass die Rotormagnete axial zwischen einer Haltekontur eines benachbarten Rotorpakets und einem der stirnseitigen Magnetpositionierungsringe eingefasst sind. Bei Rotoren oder Rotorbaugruppen mit mehr als zwei Rotorpaketen, bei welchen im Verbund mehrere Rotorpakete sukzessive oder kaskadierend angeordnet sind, sind die Rotormagnete der paketinnenseitigen Rotorpakete axial zwischen den Haltekonturen der benachbarten Rotorpakete eingefasst. Insbesondere ist somit

ein axialer Formschluss zwischen den Haltekonturen oder den Haltekonturen und einem Magnetpositionierungsring realisiert. Dies bewirkt eine wesentliche Vereinfachung bei der Montage von Rotoren mit axial gestapelten und zueinander (diskret) geschränkten Rotorpaketen. Dadurch ist eine besonders einfache und kostengünstige Montage der Rotorbaugruppe ermöglicht.

Die Rotormagnete sind somit tangential durch die Haltekonturen des zugeordneten Rotorpakets und zumindest an einer Stirnseite axial durch die Haltekonturen eines benachbarten Rotorpakets sowie gegebenenfalls an der anderen Stirnseite axial und radial durch einen Magnetpositionierungsring formschlüssig gehalten, wobei die Magnetfixierungshülse die Rotormagnete form- und/oder kraftschlüssig, insbesondere in Radialrichtung, fixiert. Dadurch sind die Rotormagnete stabil und betriebssicher an den Rotorpaketen angeordnet. Insbesondere sind die Rotormagnete stoffschlussfrei an den Mantel- oder Anlageflächen der Rotorpakete gehalten oder befestigt. Dadurch ist im Verbund der Rotorpakete eine stoffschlussfreie, tangentielle, radiale, und axiale Ausrichtung und Halterung der Rotormagnete realisiert.

Vorzugsweise ist der Schränkungswinkel hierbei derart dimensioniert, dass die Haltekonturen benachbarter Rotorpakete in Axialrichtung möglichst überlappungsfrei oder überschneidungsfrei angeordnet sind. Dadurch ist eine besonders große axiale Auflagefläche der Haltekonturen für die Rotormagnete des benachbarten Rotorpakets sichergestellt.

Unter „Stoffschluss“ oder einer „stoffschlüssigen Verbindung“ zwischen wenigstens zwei miteinander verbundenen Teilen wird hier und im Folgenden insbesondere verstanden, dass die miteinander verbundenen Teile an Ihren Kontaktflächen durch stoffliche Vereinigung oder Vernetzung, beispielsweise aufgrund von atomaren oder molekularen Bindungskräften, gegebenenfalls unter Wirkung eines Zusatzstoffes zusammengehalten werden. Entsprechend bezeichnet „stoffschlussfrei“ eine Halterung oder Befestigung der Teile in Abwesenheit oder das Fehlen eines solchen „Stoffschlusses“ oder einer „stoffschlüssigen Verbindung“.

In einer geeigneten Weiterbildung sind die Haltekonturen im Querschnitt trapezförmig oder schwalbenschwanzförmig ausgeführt. Die Seitenwände der Haltekonturen sind hierbei insbesondere jeweils entlang der Radialrichtung orientiert. Vorzugsweise realisieren die Haltekonturen hierbei für die Rotormagnete des zugeordneten Rotorpakets lediglich einen Formschluss in tangentialer Richtung.

5

Dadurch ist ein einfacher und kostengünstiger Aufbau der Rotorpakete beziehungsweise der Blechpaketstapellagen realisiert. Weiterhin ist ein besonders einfaches und kollisionsfreies Einsetzen oder Bestücken mit den Rotormagneten ermöglicht.

10

In einer denkbaren Ausgestaltung weist die Rotorbaugruppe beziehungsweise der Rotor oder der Paketverbund genau zwei Rotorpakete auf. Dadurch ist eine besonders bauraumkompakte Rotorbaugruppe gewährleistet.

15

In einer vorteilhaften Ausführung erstrecken sich die Haltekonturen im Wesentlichen über die komplette axiale Höhe des jeweiligen Rotorpakets. Insbesondere erstrecken sich die Haltekonturen im Wesentlichen unterbrechungsfrei, so dass eine stabile und großflächige tangentielle Halterung für die Rotormagnete des jeweiligen Rotorpakets realisiert ist. Bei einer Ausführung der Rotorpakete als stanzpa-

20

ketierte Blechpakete bedeutet dies, dass im Wesentlichen alle Rotorbleche jeweils mit den Haltekonturen versehen sind, und dass die Haltekonturen hierbei axial fluchtend übereinander gestapelt angeordnet sind. Dadurch wird die Stabilität der Haltekonturen in Axialrichtung verbessert, so dass ein besonders stabiler axialer Anschlag oder axiale Anlagefläche für die Rotormagnete des benachbarten Rotor-

25

pakets realisiert ist.

Ein zusätzlicher oder weiterer Aspekt der Erfindung sieht vor, dass die Magnetpositionierungsringe in Richtung der Rotorpakete axial emporstehende Haltestege aufweisen, welche im Fügezustand jeweils abschnittsweise an einem Freieinde einer Haltekontur radial anliegen, und welche jeweils abschnittsweise zwei benach-

30

bart angeordnete Rotormagnete tangential in radialer Richtung übergreifen. Die Haltestege realisieren somit den radialen Formschluss der Magnetpositionierungsringe für die Rotormagnete. Die Anordnung der Haltekontur und Haltestege ist

hierbei im Wesentlichen T-förmig, wobei die Haltekontur den vertikalen T-Schenkel und der Haltesteg den horizontalen T-Schenkel bildet.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist zur Herstellung einer vorstehend beschriebenen Rotorbaugruppe vorgesehen sowie dafür geeignet und ausgestaltet. Verfahrensgemäß werden hierbei eine Rotorwelle, mindestens zwei Rotorpakete, eine Anzahl von Rotormagneten, zwei Magnetpositionierungsringe, und eine Magnetfixierungshülse bereitgestellt. Die Rotorpakete weisen hierbei jeweils Haltekonturen zur tangentialen Halterung der Rotormagnete auf, welche dem Außenumfang des jeweiligen Rotorpakets radial überstehen.

Verfahrensgemäß wird in einem ersten Verfahrensschritt ein erstes Rotorpaket mit der Rotorwelle gefügt. Insbesondere wird das erste Rotorpaket mittels eines Pressfits form- und/oder kraftschlüssig axial auf die Rotorwelle gepresst.

Anschließend wird in einem zweiten Verfahrensschritt einer der Magnetpositionierungsringe stirnseitig an dem ersten Rotorpaket angeordnet beziehungsweise aufgesetzt.

In einem dritten Verfahrensschritt wird das erste Rotorpaket mit einer Anzahl von Rotormagneten bestückt. Hierzu werden die Rotormagnete tangential formschlüssig in die zwischen den Haltekonturen gebildeten Magnetaufnahmen eingesetzt. Die Rotormagnete sind hierbei durch den Magnetpositionierungsring gegen ein axiales und radiales Herausgleiten gesichert.

Nach der Bestückung des ersten Rotorpakets wird in einem vierten Verfahrensschritt das zweite Rotorpaket mit der Rotorwelle gefügt. Insbesondere wird das zweite Rotorpaket mittels eines Pressfits form- und/oder kraftschlüssig axial auf die Rotorwelle gepresst. Das zweite Rotorpaket wird hierbei um einen Schränkungswinkel tangential verdreht zum ersten Rotorpaket auf die Rotorwelle aufgebracht oder aufgezogen, so dass das zweite Rotorpaket geschränkt oder verdreht zum ersten Rotorpaket angeordnet ist. Das zweite Rotorpaket ist hierbei derart mit

der Rotorwelle gefügt, dass das erste und zweite Rotorpaket stirnseitig axial aneinander direkt oder unmittelbar anliegen.

Insbesondere wird in dem vierten Verfahrensschritt der definierte Verdreh- oder Schränkungswinkel beispielsweise direkt mit einer Servoachse im Prozess eingestellt, so dass eine besonders hohe Winkelgenauigkeit zwischen den Rotorpaketen gewährleistet ist. Durch die höhere Winkelgenauigkeit des tangentialen Schränkungswinkels zwischen den Rotorpaketen wird ein besonders niedriges Rastmoment des Rotors beziehungsweise der Rotorbaugruppe realisiert. Insbesondere werden somit Drehmomentrippel im Betrieb des Rotors reduziert, was sich vorteilhaft auf die akustischen Eigenschaften des Rotors oder eines damit ausgestatteten Elektromotors überträgt.

In einem fünften Verfahrensschritt wird das zweite Rotorpaket mit einer Anzahl von Rotormagneten bestückt. Die Rotormagnete werden hierbei in die zwischen den Haltekonturen des zweiten Rotorpakets gebildeten und durch die Haltekonturen des benachbarten Rotorpakets axial begrenzten Magnetaufnahmen eingesetzt oder aufgesetzt, so dass die Rotormagnete tangential zwischen den Haltekonturen des zweiten Rotorpakets einsitzen und sich axial auf den Haltekonturen des jeweils benachbarten Rotorpakets abstützen.

Bei einem Rotor oder Paketverbund mit mehreren Rotorpaketen, also mehr als zwei, werden der vierte und fünfte Verfahrensschritt für jedes weitere Rotorpaket wiederholt. In einem anschließenden sechsten Verfahrensschritt wird an dem axial äußersten zweiten Rotorpaket der andere Magnetpositionierungsring angeordnet oder aufgesetzt, so dass die Rotormagnete dieses Rotorpakets axial und radial formschlüssig durch den Magnetpositionierungsring gehalten sind.

In einem abschließenden siebten Verfahrensschritt wird die Magnetfixierungshülse auf die bestückten Rotorpakete aufgesetzt oder aufgezogen. Dadurch ist ein besonders geeignetes Verfahren zur Herstellung einer Rotorbaugruppe realisiert.

In einer vorteilhaften Ausführung wird die Magnetfixierungshülse auf die Rotorpakete und Rotormagnete axial aufgedrückt. Insbesondere wird hierbei eine Pressfit-Fügeverbindung zwischen der Magnetfixierungshülse und den Rotormagneten realisiert.

5

In einer geeigneten Weiterbildung werden die Rotormagnete bei einer Bestückung eines Rotorpakets radial von einem Trichter gehalten. Der Trichter stellt somit sicher, dass die Rotormagnete nicht ungewünscht radial aus den Magnetaufnahmen herausgleiten. Anstelle eines Trichters ist beispielsweise auch ein (Halte-)Ring denkbar.

10

Im dritten Verfahrensschritt werden die Rotormagnete an einem unteren Ende durch den Magnetpositionierungsring gegen ein axiales und radiales Herausgleiten gesichert, wobei der Trichter die Rotormagnete insbesondere an einem oberen Ende, also an einer dem Magnetpositionierungsring gegenüberliegenden Stirnseite, sichert. Im fünften Verfahrensschritt sichert der Trichter die Rotormagnete insbesondere an einem unteren Ende, wobei das obere Ende im sechsten Verfahrensschritt durch den zweiten Magnetpositionierungsring gehalten wird.

15

In einer geeigneten Ausgestaltung wird der Trichter beim Aufsetzen der Magnetfixierungshülse entfernt. Vorzugsweise wird der Trichter hierbei im Wesentlichen gleichzeitig zu dem Aufziehen der Magnetfixierungshülse weggefahren. Dadurch ist ein kollisionsfreies Aufbringen der Magnetfixierungshülse gewährleistet.

20

In einer bevorzugten Anwendung ist die vorstehend beschriebene Rotorbaugruppe ein Teil eines Elektromotors. Der erfindungsgemäße Elektromotor ist hierbei insbesondere für eine Servolenkung eines Kraftfahrzeugs geeignet und eingerichtet. Der Elektromotor weist einen Stator und eine gegenüber diesem drehbar gelagerte Rotorwelle auf, auf welcher die Rotorpakete des Rotors wellenfest getragen sind. Die Rotorpakete des Rotors sind geschränkt zueinander entlang der Rotorwelle angeordnet. Der Elektromotor ist hierbei besonders bevorzugt als ein bürstenloser Elektromotor nach Art eines Innenläufers ausgeführt.

25

30

Bei einer Anwendung für eine Servolenkung ist der Elektromotor im Bereich einer Fahrerkabine angeordnet, wobei durch den erfindungsgemäßen Rotor ein besonders laufruhiger Motorbetrieb gewährleistet ist, da eine besonders hohe Winkelgenauigkeit der Schränkung der Rotorpakete gewährleistet ist. Dadurch wird eine Geräuscentwicklung des Elektromotors vorteilhaft und einfacher reduziert, was sich vorteilhaft auf den Benutzerkomfort des Kraftfahrzeugs überträgt.

Nachfolgend ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine elektromotorische Servolenkung eines Kraftfahrzeugs,

Fig. 2 in perspektivischer Darstellung eine Rotorbaugruppe der Servolenkung,

Fig. 3 in perspektivischer Darstellung einen Rotor der Rotorbaugruppe,

Fig. 4 in perspektivischer Darstellung ein Rotorpaket des Rotors,

Fig. 5 in perspektivischer Darstellung ein Magnetpositionierungsring des Rotors,

Fig. 6 in Draufsicht ausschnittsweise den Rotor im Bereich des Magnetpositionierungsrings,

Fig. 7 in perspektivischer Darstellung einen Mittenbereich des Rotors, und

Fig. 8 in perspektivischer Schnittansicht die Rotorbaugruppe.

Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Die Fig. 1 zeigt in schematischer und vereinfachter Art und Weise ein Kraftfahrzeug 2 mit einem Lenkrad 4 und mit einem damit gekoppelten Lenkgetriebe 6 zur Bewegung nicht näher dargestellter Räder des Kraftfahrzeugs 2. Zur Reduzierung der benötigten Lenkkraft ist zwischen dem Lenkrad 4 und dem Lenkgetriebe 6 eine elektromotorische Servolenkung 8 vorgesehen.

Die Servolenkung 8 ist hierbei einerseits mit einer mit dem Lenkrad 4 gekoppelten Lenksäule 10 und andererseits mit einem Lenkgetriebe 6 mechanisch gekoppelt. Die Servolenkung 8 weist zwei Drehsensoren 12, 14 und einen zwischen den

Drehensoren 12 und 14 angeordneten Torsionsstab 16 auf. Die Drehensoren 12, 14 sind signaltechnisch mit einem Controller 18 gekoppelt. Der Controller 18 ist weiterhin signaltechnisch an einen Elektromotor 20 geführt, welcher antriebstechnisch mit dem Lenkgetriebe 6 gekoppelt ist.

5

Dreht ein Fahrzeugnutzer das Lenkrad 4 mittels einer Lenkkraft wird die Lenksäule 10 entsprechend gedreht oder rotiert. Dadurch wird der Torsionsstab 16 ausgelenkt, was mittels der Drehensoren 12 und 14 erfasst wird. Die Drehensoren 12 und 14 senden entsprechende Messsignale an den Controller 18, welcher in Abhängigkeit der Messsignale den Elektromotor 20 ansteuert und/ oder regelt. Der Elektromotor 20 erzeugt im Betrieb unterstützend zur Lenkkraft eine gleichgerichtete Hilfskraft zur Bewegung des Lenkgetriebes 6.

10

Nachfolgend ist der Aufbau einer Rotorbaugruppe 22 des Elektromotors 20 anhand der Fig. 2 bis Fig. 8 näher erläutert.

15

Die Rotorbaugruppe 22 weist hierbei eine zentrale Rotorwelle 24 und einen Rotor 26 und eine hülsen- oder manschettenartige Magnetfixierungshülse 28 auf.

Der in Fig. 3 einzeln dargestellte Rotor 26 ist in dieser Ausführungsform zweiteilig mit zwei geschränkten Rotorpaketen (Einzelpaketen) 30 ausgeführt, wobei an den Rotorpaketen 30 jeweils eine Anzahl von permanentmagnetischen Rotormagneten 32 angeordnet ist. Die Rotormagnete 32 sind in den Figuren lediglich beispielhaft mit Bezugszeichen versehen.

20

Der als SPM-Rotor ausgeführte Rotor 26 beziehungsweise jedes der (SPM-)Rotorpakete 30 ist mit der entlang einer Axialrichtung A orientierten Rotorwelle 24 wellenfest gefügt. Hierzu weisen die in Fig. 4 einzeln dargestellten Rotorpakete 30 eine zentrale Durchführöffnung 34 auf, mittels welcher die Rotorpakete 30 kraft- und/oder formschlüssig mittels eines Pressfits mit der Rotorwelle 24 drehfest gefügt sind. Die Schränkung der benachbarten Rotorpakete 30 ist hierbei lediglich durch die Fügeverbindung, insbesondere durch den Pressfit, mit der Rotorwelle 24 realisiert. Mit anderen Worten sind die benachbarten Rotorpakete 30 mit einem

30

definierten Schränkungswinkel, also einen tangentialen Winkelversatz, auf die Rotorwelle 24 aufgebracht.

Die etwa zylindrischen Rotorpakete 30 sind beispielsweise als stanzpaketierte Blechpakete (Rotorblechpakete) mit einer Anzahl von entlang der Axialrichtung A gestapelten oder geschichteten Rotorblechen ausgebildet. Die Rotorpakete 30 weisen in der gezeigten Ausführungsform eine im Wesentlichen gleichseitige achteckige Grundfläche auf. Die Grundfläche ist also beispielsweise ein Oktagon, so dass die Mantelfläche entlang einer Tangential- oder Azimutalrichtung T, acht gleichflächigen Anlageflächen 36 für die Rotormagnete 32 aufweist. Jedes Rotorpaket 30 wird also mit acht Rotormagneten 32 bestückt. Die Rotormagnete 32 weisen hierbei eine brotlaibförmige Querschnittsform (vgl. bspw. Fig. 6) auf, wobei die flache Auflagefläche auf die Anlageflächen 36 aufgesetzt wird, so dass die gewölbte Fläche nach außen ragt.

Die Rotorpakete 30 weisen zur Reduzierung eines Massenträgheitsmoments des Rotors 26 jeweils acht, das jeweilige Blechpaket durchsetzende, Aussparungen 38 auf. Die Aussparungen 38 sind hierbei entlang der Tangentialrichtung T gleichmäßig um die jeweilige zentrale Durchführöffnung 34 herum verteilt angeordnet. Die Aussparungen 38 weisen eine etwa tropfenförmige oder diamantförmige Querschnittsform auf, wobei die jeweilige Spitze zu einer Mittenlinie der jeweiligen Anlagefläche für die Rotormagneten 32 orientiert ist. Die Aussparungen 38 sind in den Figuren lediglich beispielhaft mit Bezugszeichen versehen.

Die Rotorpakete 30 weisen dem Außenumfang radial emporstehende Haltekonturen 40 zur tangentialen Halterung der Rotormagnete 32 auf. Die Haltekonturen 40 sind somit als radiale Trennstege zwischen den tangential verteilt angeordneten Rotormagneten 32 angeordnet. Die Haltekonturen 40 begrenzen somit die Anlageflächen 36 und reduzieren eine tangentiale Fehlstellung der Rotormagnete 32.

Wie beispielsweise in der Fig. 6 ersichtlich ist, weisen die Haltekonturen 40 eine trapezförmige oder schwalbenschwanzförmige Querschnittsform auf. Die Haltekonturen 40 erstrecken sich im Wesentlichen über die komplette axiale Höhe des

jeweiligen Rotorpakets 30. Zwei in Tangentialrichtung T benachbarte Haltekonturen 40 bilden zusammen mit der dazwischen angeordneten Anlagefläche 36 somit eine etwa wannenförmige Magnetaufnahme für den jeweiligen Rotormagnet 32. Die brotlaibförmigen Rotormagnete 32 sitzen hierbei formschlüssig in der Magnetaufnahme ein. Die Haltekonturen 40 realisieren vorzugsweise lediglich einen tangentialen Formschluss für die Rotormagnete 32.

Wie anhand der Fig. 3 vergleichsweise deutlich ersichtlich wird, sind zur axialen und insbesondere radialen Sicherung der Rotormagnete 32 zwei Magnetpositionierungsringe 42 vorgesehen, welche im Füge- oder Montagezustand auf die außenseitigen Stirnseiten der aneinandergereihten Rotorpakete 30 aufgesetzt sind. An den einander zugewandten Stirnseiten liegen die Rotorpakete 30 unmittelbar oder direkt axial aneinander an.

Die in Fig. 5 einzeln dargestellten Magnetpositionierungsringe 42 weisen jeweils einen kreisringförmigen Ringkörper 44 auf. Wie in der Fig. 6 vergleichsweise deutlich ersichtlich ist, steht der Ringkörper 44 dem jeweiligen Rotorpaket 30 radial über. Mit anderen Worten steht der Ringkörper 44 der Magnetpositionierungsringe 42 den Rotorpaketen 30 entlang einer Radialrichtung R empor. Der Ringkörper 44 weist hierbei eine radiale Breite auf, welcher etwas geringer als die gemeinsame radiale Abmessung des Rotorpakets 30 und der Rotormagnete 32 ist. Somit steht der Ringkörper 44 den an der Mantelfläche der Rotorpakete 30 angeordneten Rotormagnete 32 entlang der Radialrichtung R nicht über. Insbesondere bilden die Scheitelpunkte oder Scheitelbereiche der brotlaibförmigen Rotormagnete 32 die radial äußersten Punkte des Rotors 26.

Zur Hindurchführung der Rotorwelle 24 weist der Ringkörper 44 eine zentrale Kreisringöffnung auf. Die Kreisringöffnung weist eine achtzackige Sternform als Innenkontur auf, wodurch am Ringkörper 44 radial innenseitig acht radial nach innen ragende Zahnfortsätze 46 freigestellt sind. An der den Rotorpaketen 30 zugewandten Planseite weist der Ringkörper 44 jeweils acht Haltestege 48 und acht Haltefortsätze 50 auf, welche dem Ringkörper 44 axial emporstehend angeformt sind. Die Haltefortsätze 50 und Haltestege 48 sind einstückig, also einteilig oder

monolithisch, an den Ringkörper 44 angeformt. Die Haltestege 48 und Haltefortsätze 50 sind in den Figuren lediglich beispielhaft mit Bezugszeichen versehen.

Die Haltefortsätze 50 sind jeweils an den radial innenseitigen Zahnsitzen der Zahnfortsätze 46 angeformt. Im Montagezustand greifen hierbei die pin-, zylinder-, oder bolzenförmigen Haltefortsätze 50 des Magnetpositionierungsringes 42 in die Aussparungen 38 des jeweils zugewandten Rotorpakets 30 ein. Die Tropfen- oder Diamantform der Aussparungen 38 wirkt hierbei nach Art einer Zentrierhilfe bei einem Fügen des Magnetpositionierungsringes 42 mit den Rotorpaketen 30. Dies bedeutet, dass der Magnetpositionierungsring 42 mittels der Haltefortsätze 50 zumindest abschnittsweise axial in das jeweils zugeordnete Rotorpaket 30 eingreift.

Die Haltestege 48 sind am Außenrand oder Außenumfang des Ringkörpers 44 tangential verteilt angeordnet. Die Haltestege 48 sind hierbei tangential versetzt zu den Haltefortsätzen 50 angeordnet, so dass die Haltestege 48 im radial außenseitig zu den Haltekonturen 40 des Rotorpakets 30 platziert sind. Im Fügezustand liegen die tangentialen Haltestege 48 jeweils abschnittsweise an einem Freieinde einer Haltekontur 40 radial an. Die im Querschnitt etwa trapezförmigen Haltestege 48 bilden somit mit den Haltekonturen 40 in etwa eine T-Form zur radialen Halterung der Rotormagnete 32 aus, wobei die radiale Haltekontur 40 den vertikalen T-Schenkel und der tangentialen Haltesteg 48 den horizontalen T-Schenkel bildet. Wie insbesondere in der Fig. 6 ersichtlich ist, übergreifen die Haltestege 48 hierbei abschnittsweise die benachbart am Haltesteg 48 angeordneten Rotormagnete 32 in Radialrichtung.

Wie in der Draufsicht der Fig. 6 vergleichsweise deutlich ersichtlich ist, liegen die Haltefortsätze 48 derart an der radial außenseitigen Kontur der brotlaibförmigen Rotormagneten 32 an, dass die Rotormagneten 32 in diesen Anlagebereichen zumindest abschnittsweise und radial eingefasst sind. Dies bedeutet, dass die Rotormagneten 32 mittels der Haltekonturen 40 formschlüssig entlang der Tangentialrichtung T und mittels der Haltestege 48 formschlüssig entlang der Radialrichtung R gehalten sind, wobei der Ringkörper 44 eine axiale Begrenzung zur Rotorpaketstirnseite realisiert.

Der Ringkörper 44 des Magnetpositionierungsringes 42 ist durch die in die Aussparungen 38 eingreifenden Haltefortsätze 50 und die an den Freizeiten der Haltekonturen 40 anliegenden Haltestege 48 radial kraft- und/oder formschlüssig an das Rotorpaket 30 klemmbefestigt.

Die Rotorpakete 30 sind unmittelbar oder direkt aneinander anliegend an der Rotorwelle 24 angeordnet. Die Stirnseiten der benachbarten Rotorpakete 30 weisen somit einen mechanischen Berührungskontakt auf. Durch die verschränkte oder geschränkte Anordnung der Rotorpakete 30 ergibt sich bei einer stirnseitigen Betrachtung entlang der Axialrichtung A eine axiale Begrenzung zwischen den Rotorpaketen 30 durch die darunterliegenden radial hervorstehenden Haltekonturen 40. Wie beispielsweise in der Fig. 7 gezeigt, bilden die Haltekonturen 40 des einen Rotorpakets 30 somit einen axialen Anschlag für die Rotormagnete 32 des anderen Rotorpakets 30 und umgekehrt.

Auf die Rotorpakete 30 beziehungsweise auf den Paketverbund ist – wie beispielsweise in Fig. 8 ersichtlich – die Magnetfixierungshülse 28 zur Fixierung der Rotormagnete 32 aufgesetzt oder aufgedrückt. Die Magnetfixierungshülse 28 ist hierbei als ein rohr-, hohlzylinder-, hülsen-, oder manschettenförmiger (Abdeck- oder Halte-)Mantel ausgeführt. Die Magnetfixierungshülse 28 kann hierbei als ein tiefgezogenes (Edel-)Stahlteil oder Aluminiumteil ausgeführt sein.

Die Magnetfixierungshülse 28 ist als Magnetabdeckung axial auf den Rotor 26, und somit auf die Rotormagnete 32, aufgesetzt. Das Aufsetzen erfolgt hierbei insbesondere mittels eines axialen Pressfits, wobei vorzugsweise lediglich die Rotormagneten 32 in einem mechanischen (Berührungs-)Kontakt zu der Magnetfixierungshülse 28 stehen.

Die Magnetfixierungshülse 28 weist entlang der Axialrichtung A im Hinblick auf die axiale Höhe des Paketverbunds ein gewisses Übermaß auf. Dies bedeutet, dass die Magnetfixierungshülse 28 zwei stirnseitige Kragenbereiche (Stirnseiten) 52 aufweist. Die Kragenbereiche 52 werden nach dem Pressfit-Aufziehen der

Magnetfixierungshülse 28 radial nach innen gebogen (gecrimpt), und somit die Magnetfixierungshülse 28 axial formschlüssig am Rotor 26 befestigt.

Die Rotormagnete 32 der Rotorbaugruppe 22 sind somit tangential durch die Haltekonturen 40 des zugeordneten Rotorpakets 30 und an einer Stirnseite axial durch die Haltekonturen 40 des benachbarten Rotorpakets 30 sowie an der anderen Stirnseite axial und radial durch einen Magnetpositionierungsring 42 formschlüssig gehalten. Auf den bestückten Rotor 26 ist die Magnetfixierungshülse 28 aufgezogen, mittels welcher die Rotormagnete 32 form- und/oder kraftschlüssig, insbesondere in Radialrichtung, fixiert sind. Dadurch sind die Rotormagnete 32 stabil und betriebssicher sowie stoffschlussfrei an den Rotorpaketen 30 gehalten.

Nachfolgend ist ein Verfahren zur Herstellung der Rotorbaugruppe 22 näher erläutert. Verfahrensgemäß werden hierbei die Rotorwelle 24, die zwei Rotorpakete 30, sechzehn (16) Rotormagnete 32, zwei Magnetpositionierungsringe 42, und eine Magnetfixierungshülse 28 bereitgestellt.

In einem ersten Verfahrensschritt wird ein erstes Rotorpaket 30 mit der Rotorwelle 24 gefügt. Insbesondere wird das erste Rotorpaket 30 mittels der Durchführöffnung 34 durch einen Pressfits form- und/oder kraftschlüssig axial auf die Rotorwelle 24 gepresst.

Anschließend wird in einem zweiten Verfahrensschritt einer der Magnetpositionierungsringe 42 an der äußeren Stirnseite des ersten Rotorpakets 30 angeordnet beziehungsweise aufgesetzt.

In einem dritten Verfahrensschritt wird das erste Rotorpaket 30 mit acht Rotormagneten 32 bestückt. Hierzu werden die Rotormagnete 32 tangential formschlüssig in die zwischen den Haltekonturen 40 gebildeten Magnetaufnahmen eingesetzt. Die Rotormagnete 32 sind hierbei durch den Magnetpositionierungsring 42 gegen ein axiales und radiales Herausgleiten gesichert. Vorzugsweise werden die Rotormagnete 32 an einem unteren Ende durch den Magnetpositionierungsring 42 gegen ein axiales und radiales Herausgleiten gesichert, wobei ein Trichter die

Rotormagnete 32 insbesondere an einem oberen Ende, also an einer dem Magnetpositionierungsring 42 gegenüberliegenden Stirnseite, hält oder gegen ein Herausgleiten sichert.

5 Nach der Bestückung des ersten Rotorpakets 30 wird in einem vierten Verfahrensschritt das zweite Rotorpaket 30 mit der Rotorwelle 24 gefügt. Insbesondere wird das zweite Rotorpaket 30 mittels der Durchführöffnung 34 durch einen Pressfit form- und/oder kraftschlüssig axial auf die Rotorwelle 24 gepresst. Das zweite Rotorpaket 30 wird hierbei um einen Schräkungswinkel tangential verdreht zum ersten Rotorpaket 30 auf die Rotorwelle 24 aufgebracht oder aufgezogen, so dass
10 das zweite Rotorpaket 30 geschränkt oder verdreht zum ersten Rotorpaket 30 angeordnet ist. Das zweite Rotorpaket 30 ist hierbei derart mit der Rotorwelle 24 gefügt, dass die Rotorpakete 30 stirnseitig axial aneinander direkt oder unmittelbar anliegen. Der definierte Verdreh- oder Schräkungswinkel wird vorzugsweise direkt mit einer Servoachse im Prozess eingestellt, so dass eine besonders hohe
15 Winkelgenauigkeit zwischen den Rotorpaketen 30 gewährleistet ist.

In einem fünften Verfahrensschritt wird das zweite Rotorpaket 30 mit acht Rotormagneten 32 bestückt. Die Rotormagnete 32 werden hierbei in die zwischen den
20 Haltekonturen 40 des zweiten Rotorpakets 30 gebildeten und durch die Haltekonturen 40 des ersten Rotorpakets 30 axial begrenzten Magnetaufnahmen eingesetzt oder aufgesetzt, so dass die Rotormagnete 32 tangential zwischen den Haltekonturen 40 des zweiten Rotorpakets 30 einsitzen und sich axial auf den Haltekonturen 40 des jeweils ersten Rotorpakets 30 abstützen. Für den fünften Verfahrensschritt wird der Trichter zum zweiten Rotorpaket 30 verfahren, so dass der
25 Trichter die Rotormagnete 32 des zweiten Rotorpakets 30, insbesondere an einem unteren Ende, sichert.

In einem anschließenden sechsten Verfahrensschritt wird an dem zweiten Rotorpaket 30 der andere Magnetpositionierungsring 42 angeordnet oder aufgesetzt, so
30 dass die Rotormagnete 32 dieses Rotorpakets 30, insbesondere an einem oberen Ende, axial und radial formschlüssig durch den Magnetpositionierungsring 42 gehalten sind.

In einem abschließenden siebten Verfahrensschritt wird die Magnetfixierungshülse 28 auf die bestückten Rotorpakete 30 aufgedrückt, und die Kragengebiete 52 radial nach innen gebogen. Vorzugsweise wird der Trichter hierbei im Wesentlichen gleichzeitig zu dem Aufziehen der Magnetfixierungshülse 28 weggefahren oder entfernt.

Die beanspruchte Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus im Rahmen der offenbarten Ansprüche abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der beanspruchten Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit den verschiedenen Ausführungsbeispielen beschriebenen Einzelmerkmale im Rahmen der offenbarten Ansprüche auch auf andere Weise kombinierbar, ohne den Gegenstand der beanspruchten Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

	2	Kraftfahrzeug
	4	Lenkrad
5	6	Lenkgetriebe
	8	Servolenkung
	10	Lenksäule
	12	Drehsensor
	14	Drehsensor
10	16	Torsionsstab
	18	Controller
	20	Elektromotor
	22	Rotorbaugruppe
	24	Rotorwelle
15	26	Rotor
	28	Magnetfixierungshülse
	30	Rotorpaket
	32	Rotormagnet
	34	Durchführöffnung
20	36	Anlagefläche
	38	Aussparung
	40	Haltekontur
	42	Magnetpositionierungsring
	44	Ringkörper
25	46	Zahnfortsatz
	48	Haltesteg
	50	Haltefortsatz
	52	Kragenbereich
30	A	Axialrichtung
	R	Radialrichtung
	T	Tangentialrichtung

Ansprüche

1. Rotorbaugruppe (22) für einen Elektromotor (20), aufweisend
- eine entlang einer Axialrichtung (A) gerichtete Rotorwelle (24),
 - 5 - mindestens zwei Rotorpaketen (30), welche entlang der Rotorwelle (24) koaxial und geschränkt zueinander angeordnet sind, wobei die Rotorpakete (30) jeweils mit einer Anzahl von Rotormagneten (32) bestückt sind, welche tangential verteilt an den Mantelflächen der Rotorpakete (30) angeordnet sind,
 - 10 - zwei Magnetpositionierungsringe (42) zur axialen und radialen formschlüssigen Halterung der Rotormagnete (32) an den Rotorpaketen (30), welche an den gegenüberliegenden Stirnseiten der jeweils äußersten Rotorpakete (30) angeordnet sind, und
 - eine auf die Rotorpakete (30) aufgesetzte Magnetfixierungshülse (28) zur
15 Fixierung der Rotormagnete (32),
 - wobei die Rotorpakete (30) unmittelbar aneinander anliegen,
 - wobei die Rotorpakete (30) Haltekonturen (40) zur tangentialen Halterung der Rotormagnete (32) aufweisen, welche dem Außenumfang des jeweiligen Rotorpakets (30) radial überstehen, und
 - 20 - wobei die Haltekonturen (40) eines Rotorpakets (30) einen axialen Anschlag für die Rotormagnete (32) eines benachbart angeordneten Rotorpakets (30) bilden.
2. Rotorbaugruppe (22) nach Anspruch 1,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass die Haltekonturen (40) im Querschnitt trapezförmig oder schwalbenschwanzförmig ausgeführt sind.
3. Rotorbaugruppe (22) nach Anspruch 1 oder 2,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass die Rotorbaugruppe (22) genau zwei Rotorpakete (30) aufweist.

4. Rotorbaugruppe (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich die Haltekonturen (40) im Wesentlichen über die komplette axiale
Höhe des jeweiligen Rotorpakets (30) erstrecken.
5. Rotorbaugruppe (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Magnetpositionierungsringe (42) axial emporstehende Haltestege
(48) aufweisen, welche jeweils abschnittsweise an einem Freieinde einer Hal-
tekontur (40) radial anliegen, und welche jeweils abschnittsweise zwei be-
nachbart angeordnete Rotormagnete (32) tangential in radialer Richtung
übergreifen.
6. Verfahren zur Herstellung einer Rotorbaugruppe (22) nach einem der An-
sprüche 1 bis 5,
- wobei eine Rotorwelle (24), mindestens zwei Rotorpakete (30), eine An-
zahl von Rotormagneten (32), zwei Magnetpositionierungsringe (42), und
eine Magnetfixierungshülse (28) bereitgestellt werden, wobei die Rotorpa-
kete (30) Haltekonturen (40) zur tangentialen Halterung der Rotormagnete
(32) aufweisen, welche dem Außenumfang des jeweiligen Rotorpakets
(30) radial überstehen,
 - wobei ein erstes Rotorpaket (30) mit der Rotorwelle (24) gefügt wird,
 - wobei an dem ersten Rotorpaket (30) einer der Magnetpositionierungs-
ringe (42) angeordnet wird,
 - wobei das erste Rotorpaket (30) mit den Rotormagneten (32) derart be-
stückt wird, dass die Rotormagnete (32) tangential zwischen den Halte-
konturen (40) einsitzen,
 - wobei mindestens ein zweites Rotorpaket (30) um einen vorgegebenen
Verdrehwinkel mit der Rotorwelle (24) gefügt wird, so dass die Rotorpa-
kete (30) stirnseitig direkt aneinander anliegen,
 - wobei das zweite Rotorpaket (30) mit den Rotormagneten (32) derart be-
stückt wird, dass die Rotormagnete (32) tangential zwischen den

Haltekonturen (40) einsitzen und sich axial auf den Haltekonturen (40) des jeweils benachbarten Rotorpakets (30) abstützen,

- wobei an dem axial äußersten zweiten Rotorpaket (30) der andere Magnetpositionierungsring (42) angeordnet wird, und
- 5 - wobei die Magnetfixierungshülse (28) auf die Rotorpakete (30) und Rotormagnete (32) aufgesetzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

10 dass die Magnetfixierungshülse (28) auf die Rotorpakete (30) und Rotormagnete (32) aufgepresst wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass die Rotormagnete (32) bei der Bestückung eines Rotorpakets (30) radial von einem Trichter gehalten werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass der Trichter beim Aufsetzen der Magnetfixierungshülse (28) entfernt wird.

10. Elektromotor (20), insbesondere für eine Servolenkung (8), aufweisend einen Stator und eine gegenüber diesem drehbar gelagerte Rotorbaugruppe (22)

25 nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

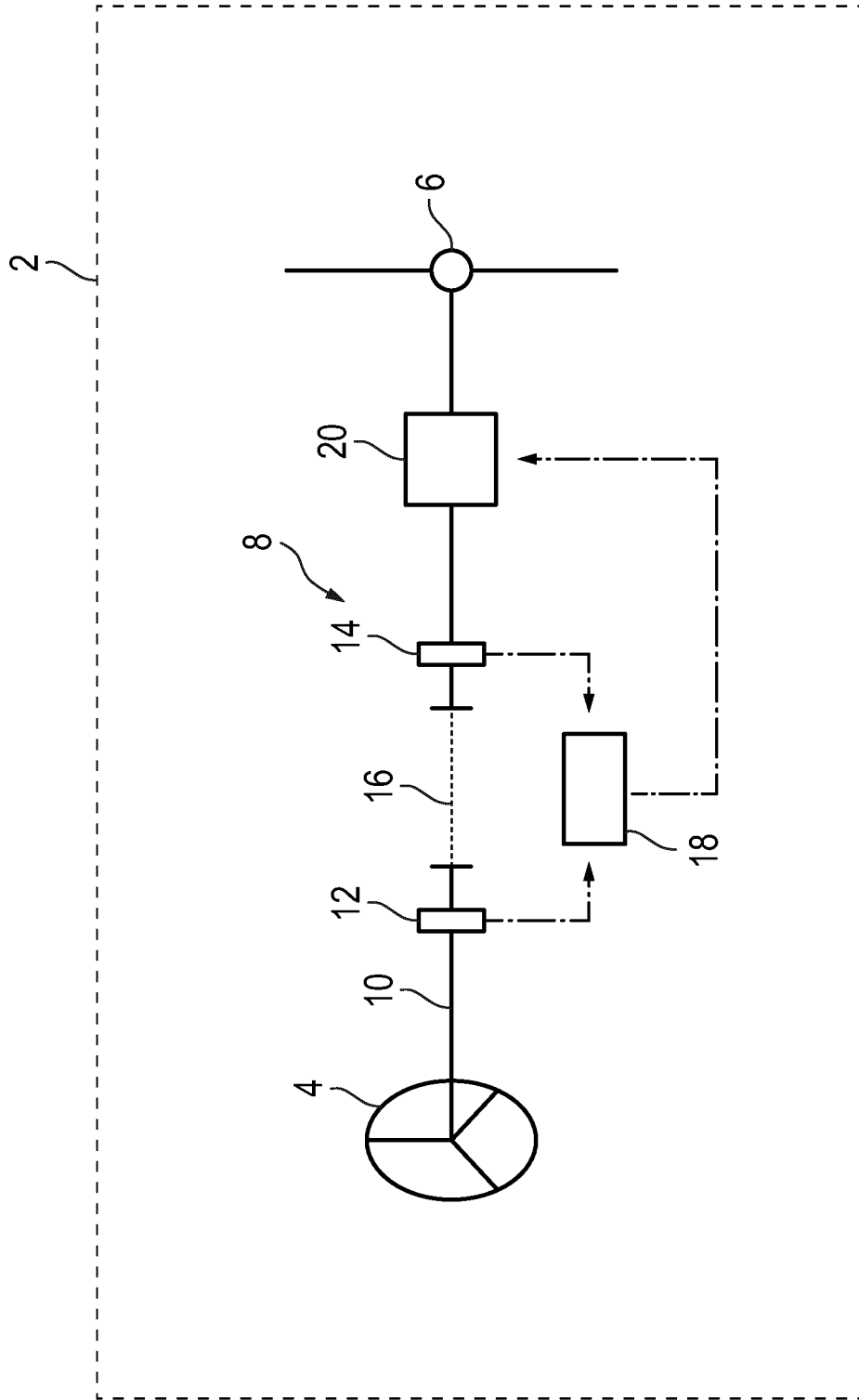


Fig. 1

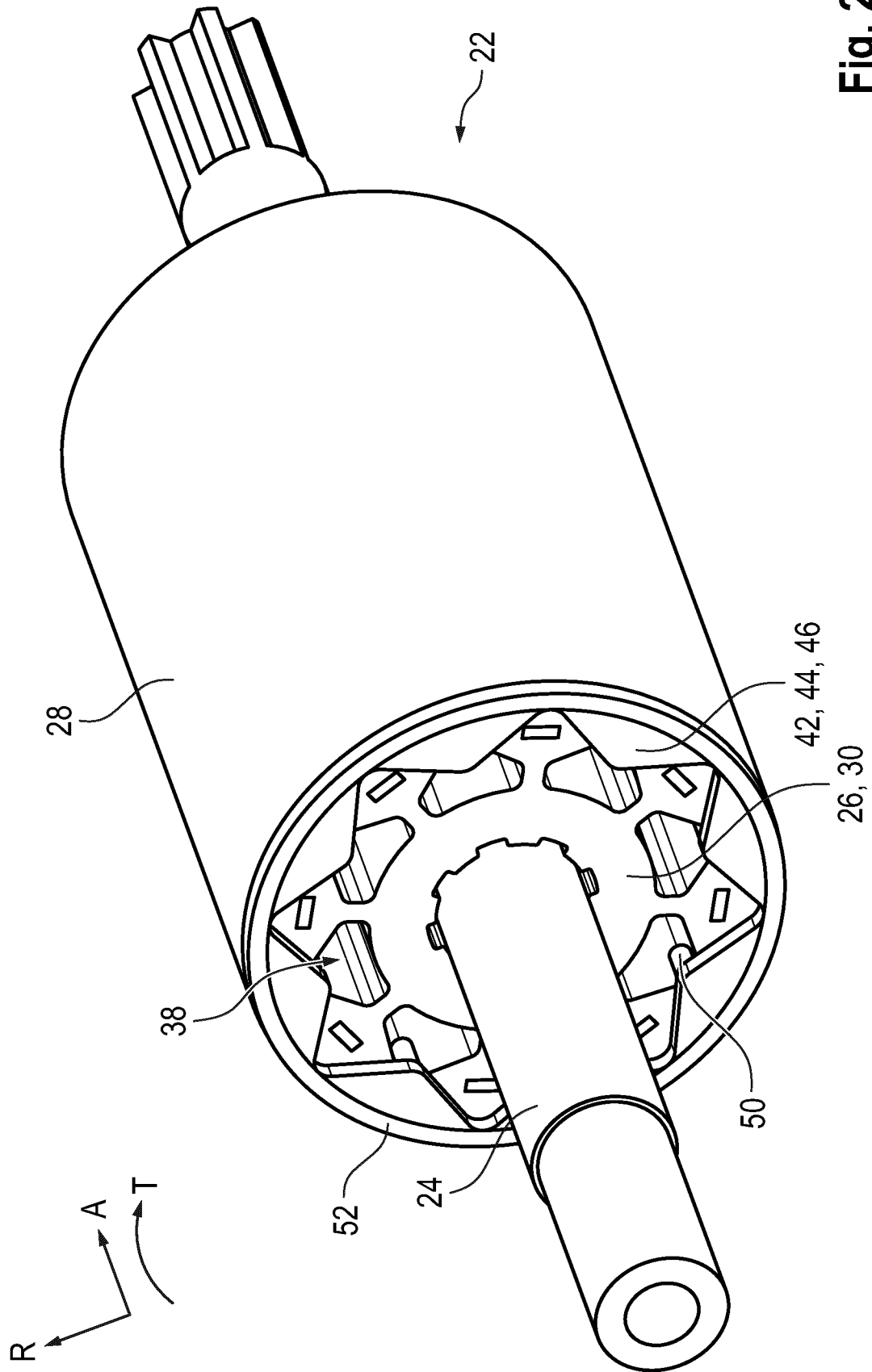


Fig. 2

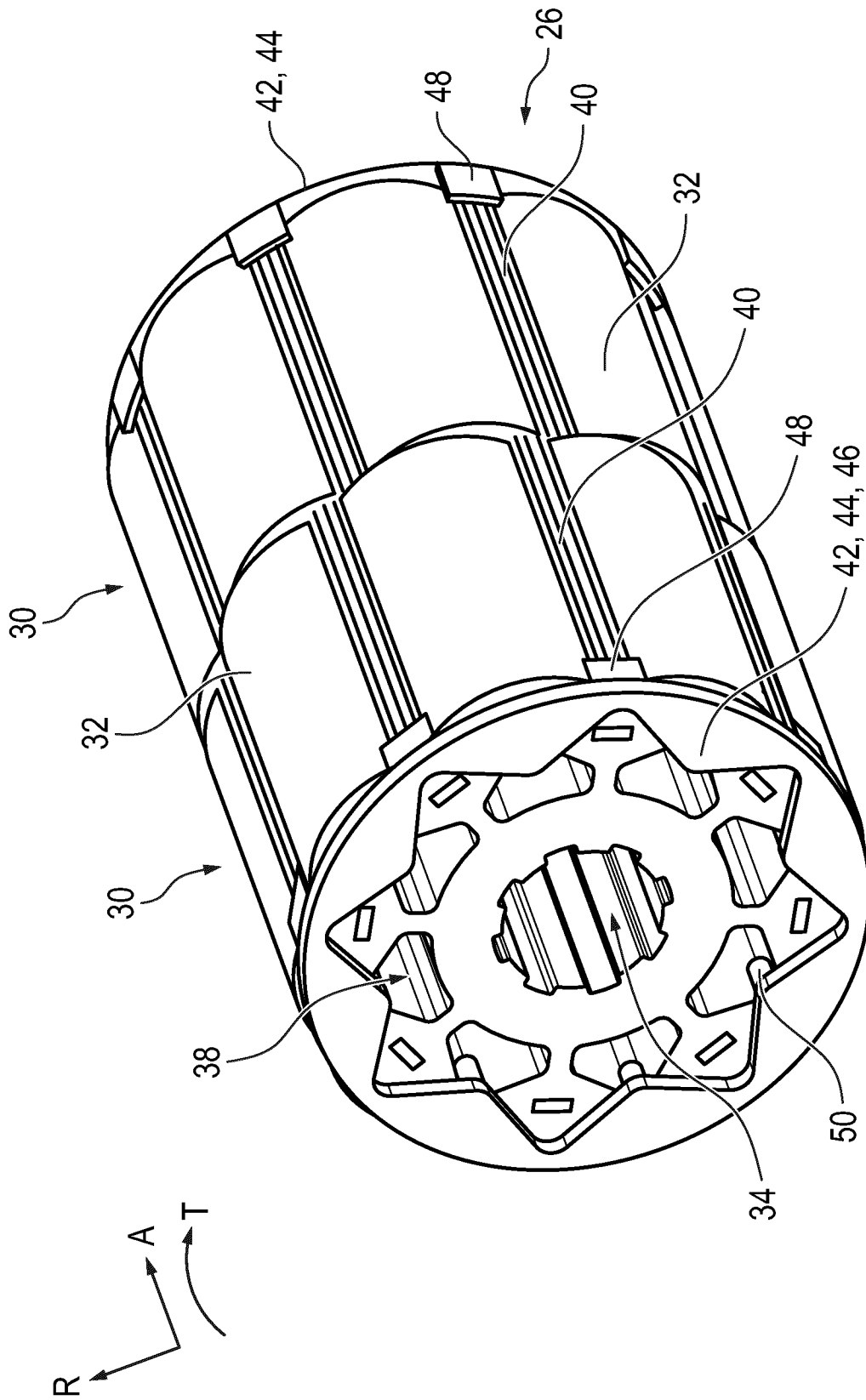


Fig. 3

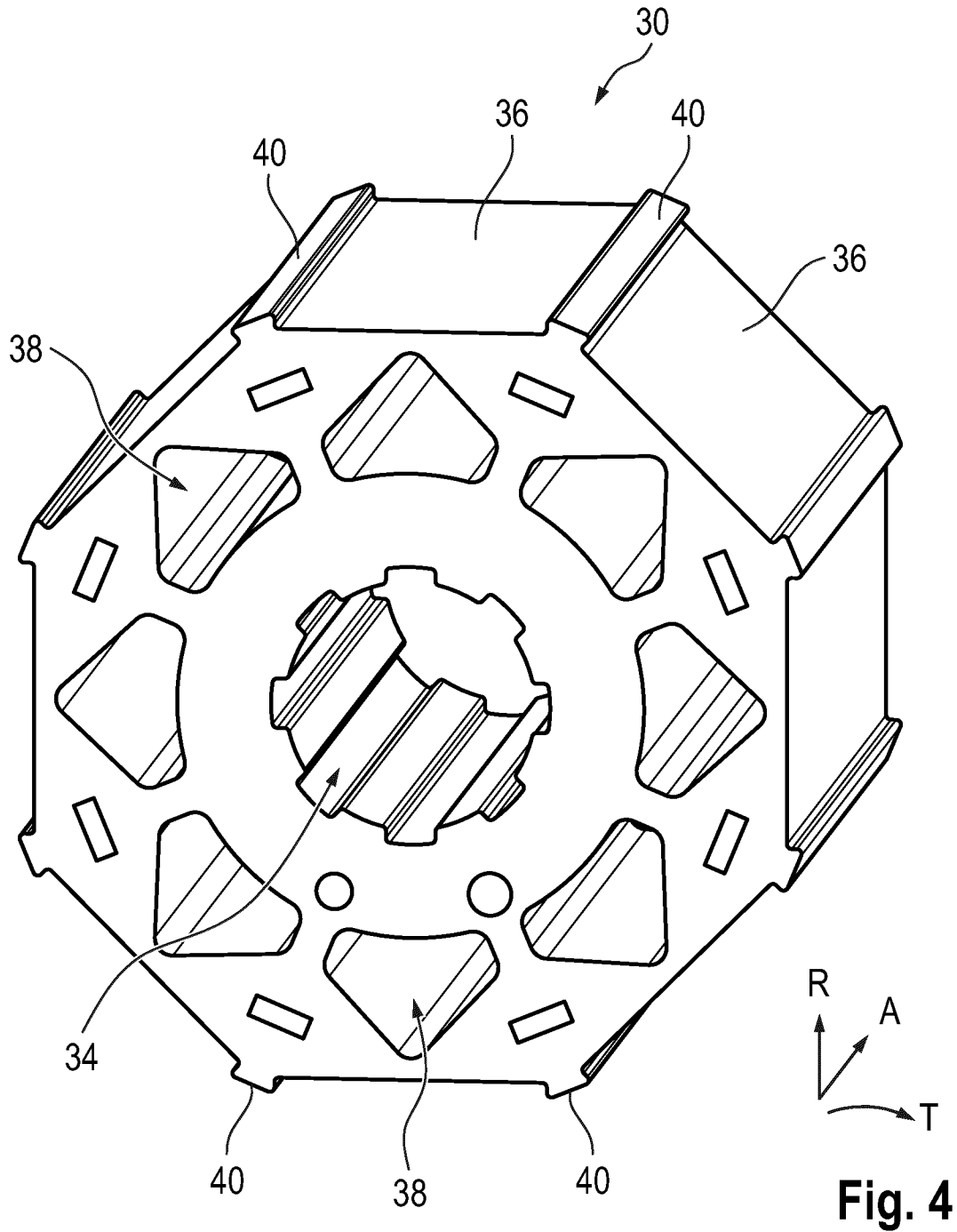
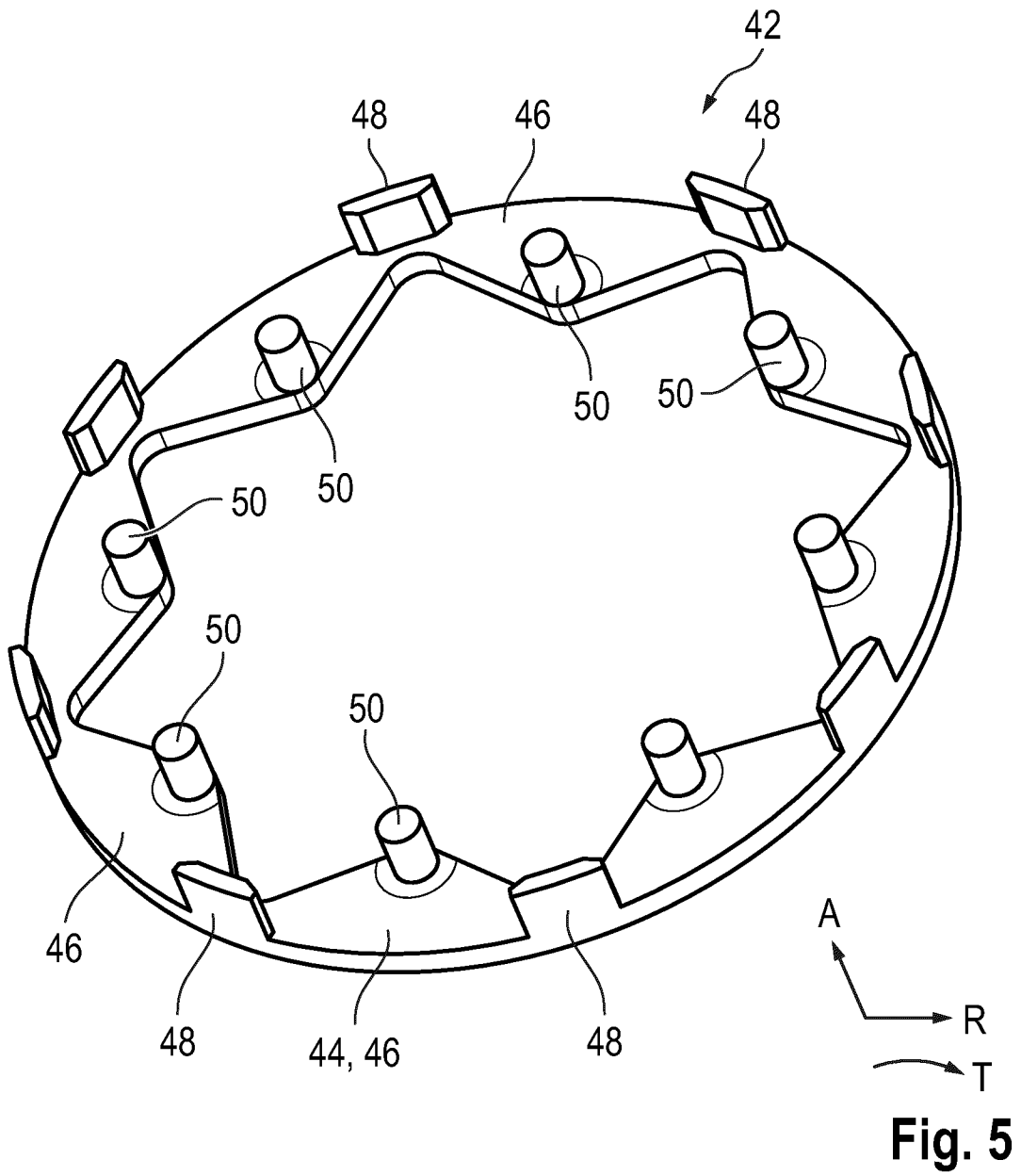
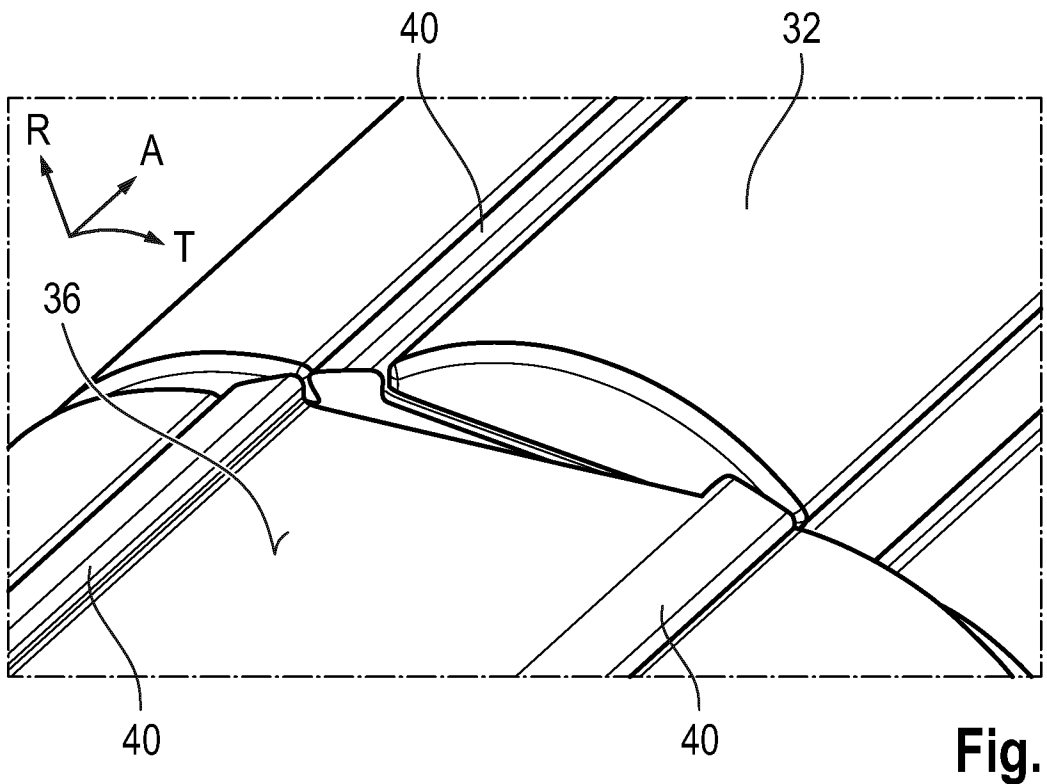
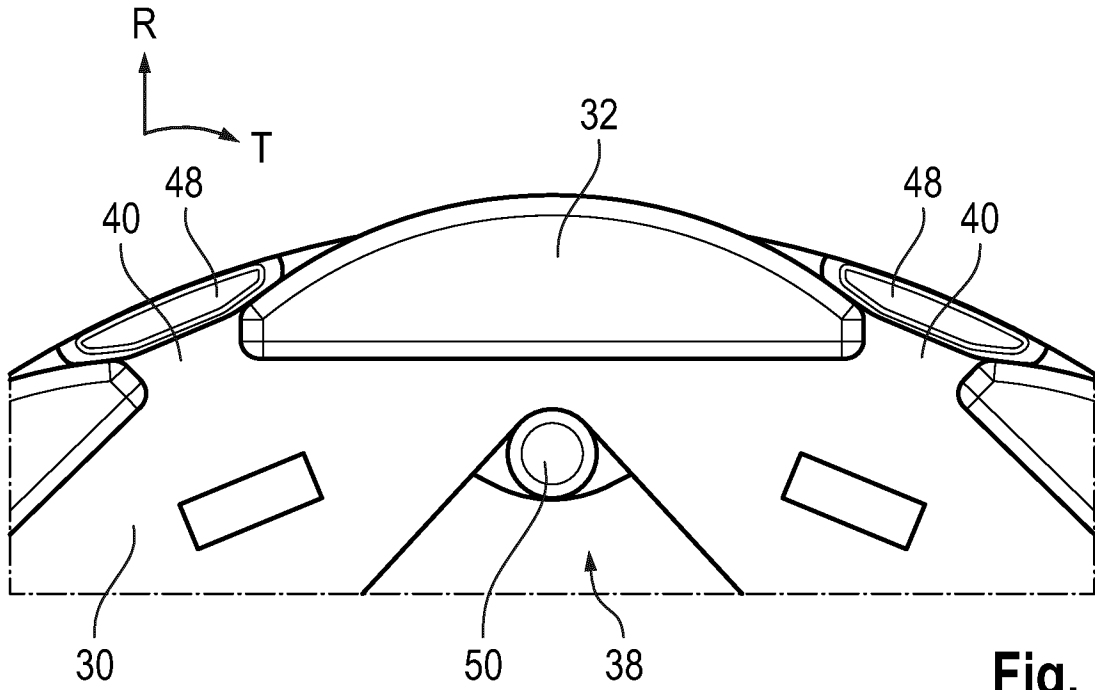


Fig. 4





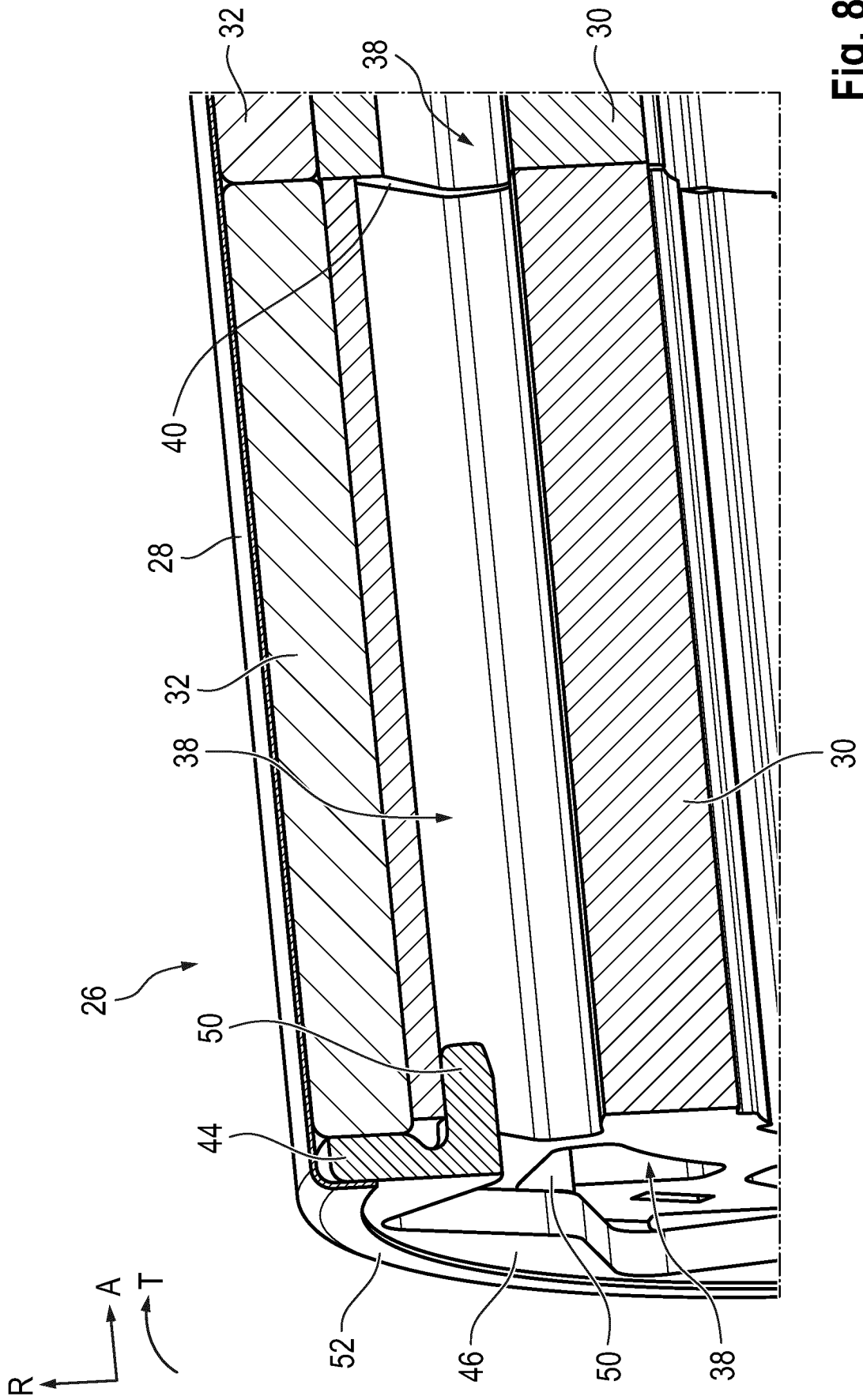


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/065848

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 1/278**(2022.01)i; **H02K 15/03**(2006.01)i; **H02K 29/03**(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	KR 20220005699 A (LG INNOTEK CO LTD [KR]) 14 January 2022 (2022-01-14) abstract; figures 11-13	1-10
A	DE 102017223622 A1 (BROSE FAHRZEUGTEILE [DE]) 27 June 2019 (2019-06-27) abstract; figure 2	1-10
A	US 2013257211 A1 (HAGA HIDEHIRO [JP] ET AL) 03 October 2013 (2013-10-03) abstract; figure 5	1-10
A	WO 2022054168 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 17 March 2022 (2022-03-17) abstract; figure 8	1-10

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 October 2024

Date of mailing of the international search report

14 October 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

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

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

Authorized officer

Espinós Iglesias, E

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/065848

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR	20220005699	A	14 January 2022	NONE	

DE	102017223622	A1	27 June 2019	CN 111566903 A	21 August 2020
				DE 102017223622 A1	27 June 2019
				US 2024154479 A1	09 May 2024
				WO 2019122074 A1	27 June 2019

US	2013257211	A1	03 October 2013	BR 112013021483 A2	11 October 2016
				CN 103339830 A	02 October 2013
				CN 105762956 A	13 July 2016
				DE 112012001550 T5	02 January 2014
				JP 5720939 B2	20 May 2015
				JP 2012222835 A	12 November 2012
				KR 20140004154 A	10 January 2014
				US 2013257211 A1	03 October 2013
				WO 2012137465 A1	11 October 2012

WO	2022054168	A1	17 March 2022	CN 115943541 A	07 April 2023
				DE 112020007602 T5	29 June 2023
				JP 7446450 B2	08 March 2024
				JP WO2022054168 A1	17 March 2022
				US 2023336041 A1	19 October 2023
				WO 2022054168 A1	17 March 2022

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/065848

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02K1/278 H02K15/03 H02K29/03
 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	KR 2022 0005699 A (LG INNOTEK CO LTD [KR]) 14. Januar 2022 (2022-01-14) Zusammenfassung; Abbildungen 11-13 -----	1 - 10
A	DE 10 2017 223622 A1 (BROSE FAHRZEUGTEILE [DE]) 27. Juni 2019 (2019-06-27) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1 - 10
A	US 2013/257211 A1 (HAGA HIDEHIRO [JP] ET AL) 3. Oktober 2013 (2013-10-03) Zusammenfassung; Abbildung 5 -----	1 - 10
A	WO 2022/054168 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 17. März 2022 (2022-03-17) Zusammenfassung; Abbildung 8 -----	1 - 10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
---	--

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Oktober 2024	14/10/2024

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 Espinós Iglesias, E
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/065848

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
KR 20220005699 A	14-01-2022	KEINE	

DE 102017223622 A1	27-06-2019	CN 111566903 A	21-08-2020
		DE 102017223622 A1	27-06-2019
		US 2024154479 A1	09-05-2024
		WO 2019122074 A1	27-06-2019

US 2013257211 A1	03-10-2013	BR 112013021483 A2	11-10-2016
		CN 103339830 A	02-10-2013
		CN 105762956 A	13-07-2016
		DE 112012001550 T5	02-01-2014
		JP 5720939 B2	20-05-2015
		JP 2012222835 A	12-11-2012
		KR 20140004154 A	10-01-2014
		US 2013257211 A1	03-10-2013
		WO 2012137465 A1	11-10-2012

WO 2022054168 A1	17-03-2022	CN 115943541 A	07-04-2023
		DE 112020007602 T5	29-06-2023
		JP 7446450 B2	08-03-2024
		JP WO2022054168 A1	17-03-2022
		US 2023336041 A1	19-10-2023
		WO 2022054168 A1	17-03-2022
