



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 49 442 A1** 2005.05.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 49 442.1**

(22) Anmeldetag: **23.10.2003**

(43) Offenlegungstag: **25.05.2005**

(51) Int Cl.7: **H02K 1/27**
H02K 15/03

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

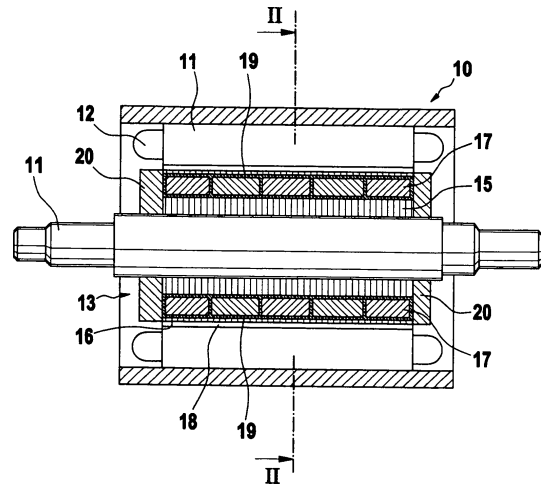
**Zierer, Gerald, 76437 Rastatt, DE; Heyder, Martin,
77815 Bühl, DE; Koenig, Tilo, 77830 Bühlertal, DE;
Huber, Michael, 77836 Rheinmünster, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrische Maschine mit Permanentmagnetrotor und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine (10) mit einem Stator (11) und einem Rotor (13) mit permanentmagnetischer Erregung durch mehrere Dauermagnete (17), die mit einer elektrisch isolierenden und korrosionsschützenden Schicht überzogen sind und in Ausnehmungen (16) eines vorzugsweise als Teil des Roboters ausgebildeten Blechpaketes (15) eingesetzt und befestigt sind.

Um die Dauermagnete (17) ohne zusätzlichen Aufwand am Blechpaket (15) zu befestigen, wird vorgeschlagen, diese zunächst einzeln mit einer Backlackschicht (19) zu überziehen, sie sodann in die Ausnehmungen (16) des Blechpaketes (15) einzusetzen und schließlich durch Erhitzung die Backlackschicht (19) so weit aufzuweichen, dass die beschichteten Dauermagnete (17) an ihren Berührungsflächen miteinander und mit dem Blechpaket (15) verbacken werden.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit Permanentmagnetrotor nach der Gattung des Anspruchs 10 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung nach der Gattung des Anspruchs 1.

[0002] Eine Untergruppe der elektrischen Maschinen sind die bürstenlosen Maschinen, deren Rotoren eine permanentmagnetische Erregung haben. Bei derartigen Maschinen sind Dauermagnete über den Rotorumfang in der Regel mit abwechselnder Polarität ringförmig angeordnet und wirken mit einem Stator zusammen, in dessen Wicklung im Motorbetrieb in der Regel ein Drehfeld erzeugt wird, welches mit den magnetischen Feldern der Dauermagnete zusammenwirkt und dabei den Rotor mitnimmt. Neben den für die Motorfunktion im elektromagnetischen Sinne wichtigen Anforderungen wie Magnetfluss und Entmagnetisierfestigkeit gibt es noch weitere Anforderungen an die Dauermagnete. In den hier angesprochenen Maschinen bestehen die Dauermagnete aus NdFeB und benötigen einen Korrosionsschutz, zum Beispiel aus Aluminium, Nickel oder Epoxydharz. Zum anderen treten bei hohen Drehzahlen Wirbelströme auf, die durch eine elektrische Isolation der Magnete zueinander verringert werden kann. In bekannter Weise werden hierzu die Dauermagnete speziell beschichtet oder mit einem Isoliermaterial überzogen, das zugleich als Korrosionsschutz dient. Ferner müssen die Dauermagnete im Rotor fest eingesetzt sein, um bei den in Betrieb auftretenden mechanischen und thermischen Belastungen ihre Funktionssicherheit zu gewährleisten. Hierzu werden die Dauermagnete in bekannter Weise durch Kleben, Kunststoffumspritzen oder mit mechanischen Mitteln auf ihrem vorzugsweise als Blechpaket ausgebildeten Grundkörper fixiert.

[0003] Die obengenannten Anforderungen werden bei den bekannten Lösungen durch mehrere getrennte Maßnahmen sichergestellt. So werden die bereits beschichteten Dauermagnete durch Kleben, Kunststoffumspritzen oder durch formschlüssiges Fügen auf oder in ihrem Grundkörper befestigt. Dabei sind das Kleben und Kunststoffumspritzen Fertigungsprozesse, die hohe Investitionen erfordern und aufgrund ihrer zeit- und temperaturkritischen Prozessparameter nur schwer beherrschbar sind. Die Verfahren erfordern außerdem enge Herstellungstoleranzen der einzelnen Teile, was erhöhte Fertigungskosten verursacht. Zum formschlüssigen Fügen der Dauermagnete ist in der Fertigung ein erhöhter Handhabungsaufwand erforderlich, zumal hierbei oftmals zusätzliche Einlegeteile, zum Beispiel Federn, benötigt werden. Bei elektrischen Maschinen mit kleinen Abmessungen ist außerdem ein maschinelles Fügen der Dauermagnete kaum realisierbar.

[0004] Mit der vorliegenden Lösung wird angestrebt, die vorgenannten Anforderungen beim Einsatz der Dauermagnete mit vereinfachten Maßnahmen zu realisieren.

Vorteile der Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Herstellverfahren des Rotors mit den Kennzeichnungsmerkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass Korrosionsschutz, elektrische Isolation und fester Sitz der Dauermagnete im Grundkörper beziehungsweise Blechpaket der elektrischen Maschine mit nur einer Beschichtung der Dauermagnete realisiert werden, so dass besondere Maßnahmen zur Magnetbefestigung wie Kleben, Kunststoffumspritzen oder formschlüssiges Fügen entfallen. Durch die Verwendung einer Backlackbeschichtung, ähnlich wie von Kupferdrähten bekannt, als korrosionsschützende, elektrisch isolierende Umhüllung der einzelnen Dauermagnete werden die Dauermagneten schließlich auch noch miteinander und mit dem Blechpaket warm verklebt beziehungsweise verbacken.

[0006] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen ergeben sich vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der im Hauptanspruch angegebenen Merkmale.

[0007] Eine besonders einfache und zuverlässige Befestigung der Dauermagnete lässt sich dadurch erreichen, dass die beschichteten Dauermagnete in Ausnehmungen des Blechpaketes eingesetzt und verbacken werden, die als axiale, segmentförmige Durchbrüche aus den Blechen des Blechpaketes ausgestanzt werden. Zur Erzielung breiter Polflächen am Umfang des Rotors bei gleichzeitiger Minimierung der Wirbelstromverluste und Berücksichtigung optimaler Magnetgeometrien kann man mehrere beschichtete Dauermagnete am Umfang nebeneinander anordnen, die dann einen Magnetpol bilden. Ferner werden zweckmäßigerweise je nach Baulänge des Rotors der elektrischen Maschine zwei oder mehrere beschichtete Dauermagnete je Pol axial hintereinander in die Durchbrüche des Blechpaketes eingesetzt, was wiederum die Wirbelstromverluste minimiert und die Magnetgeometrie optimiert. Ein besonders inniges Verbacken der axial hintereinander liegenden Dauermagnete miteinander lässt sich dadurch erzielen, dass die Dauermagnete durch magnetisch unwirksame Endscheiben von den beiden Stirnseiten des Blechpaketes her axial gegeneinander gedrückt werden. Zu diesem Zweck wird in besonders einfacher Weise durch entsprechende Abstimmung der Baulängen des Blechpaketes und der Dauermagnete dafür gesorgt, dass die beschichteten Dauermagnete nach dem Einsetzen in die Durchbrüche des Blechpaketes an dessen beiden Stirnseiten etwas vorstehen, so dass beim Erwärmen ein besonders inniges, flächiges Verbacken der Endscheiben

mit den anliegenden, unter Druckspannung stehenden Dauermagnete realisiert wird. In einfachster Weise werden die Endscheiben dabei auf eine das Blechpaket tragende Rotorwelle aufgepresst. Da die Backlackschicht unterschiedlich dick auf die Dauermagnete aufgebracht werden kann, wird in vorteilhafter Weise die Backlackschicht z.B. durch mehrfaches Eintauchen in flüssigen Backlack so dick dimensioniert, dass sie Fertigungstoleranzen der Dauermagnete und der Stanz- und Längentoleranzen vom Stanzen des Blechpaketes ausgleicht.

[0008] Für eine ausreichend belastbare Verbindung der Dauermagnete mit dem Blechpaket ist anzustreben, die Backlackverklebung möglichst großflächig auszubilden. Zu diesem Zweck werden in Weiterbildung der Erfindung die Dauermagnete vor dem Einsetzen in die Ausnehmungen des Blechpaketes, zumindest aber vor dem Erwärmen der Backlackschicht, vormagnetisiert. Durch die dann wirksamen Magnetkräfte werden die Dauermagnete gegen das Blechpaket gedrückt, so dass beim Erwärmen die Backlackschichten der Dauermagnete flächig mit dem Blechpaket verbacken werden.

Ausführungsbeispiel

Zeichnung

[0009] Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0010] [Fig. 1](#) eine elektrische Maschine mit einem mit Dauermagneten bestückten Rotor im Längsschnitt,

[0011] [Fig. 2](#) die elektrische Maschine aus [Fig. 1](#) im Querschnitt,

[0012] [Fig. 3](#) ein beschichteter Dauermagnet im Querschnitt und

[0013] [Fig. 4](#) den gleichen Dauermagneten in der Vorderansicht.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0014] In [Fig. 1](#) ist als erfindungsgemäße elektrische Maschine ein EC-Motor im Längsschnitt dargestellt und mit **10** bezeichnet. [Fig. 2](#) zeigt einen Querschnitt durch diese Maschine **10** nach der Linie II-II aus [Fig. 1](#). Sie hat einen ortsfesten Stator **11** mit einer mehrphasigen Wicklung **12** und sie hat einen als Permanentmagnetrotor ausgebildeten Rotor **13**, der als Grundkörper ein auf eine Rotorwelle **14** aufgepresstes Blechpaket **15** aufweist. In Ausnehmungen **16** des Blechpaketes **15** sind je Pol mehrere Dauermagnete **17** zur permanentmagnetischen Erregung des Rotors **13** bzw. auch der elektrischen Maschine **10** axial hintereinander und in Umfangsrichtung ne-

beneinander angeordnet. Die Dauermagnete **17** sind derart magnetisiert, dass sie am Umfang der oberen Rotorhälfte einen Nordpol und am Umfang der unteren Rotorhälfte einen Südpol ausbilden. Die Pole des Rotors **13** wirken über einen Arbeitsluftspalt **18** mit dem Stator **11** zusammen, in dem in bekannter Weise durch eine elektrische Kommutierung durch die Spulen der Statorwicklung **12** ein magnetisches Drehfeld erzeugt wird, welches den Rotor **13** mit synchroner Drehzahl mitnimmt.

[0015] [Fig. 3](#) zeigt einen der Dauermagnete **17** im Querschnitt nach der Linie III-III aus [Fig. 4](#) und [Fig. 4](#) zeigt den gleichen Dauermagneten **17** in der Draufsicht vor dem Einsetzen in die Ausnehmungen **16** des Blechpaketes **15**, die durch segmentförmige Ausstanzungen der Bleche des Blechpaketes **15** gebildet wurden.

[0016] Um die Dauermagnete **17** gegen Korrosion zu schützen, um sie zur Verringerung von Wirbelstromverlusten elektrisch voneinander zu isolieren und um sie in den Ausnehmungen **16** zu fixieren, werden die Dauermagnete zunächst einzeln mit einer Backlackschicht **19** überzogen, die in ihrer Dicke so dimensioniert ist, dass sie Toleranzschwankungen zwischen den Dauermagneten **17** und den Ausnehmungen **16** des Blechpaketes **15** soweit ausgleichen, dass sie ohne Kraftaufwand in die Ausnehmungen **16** des Blechpaketes **15** zu mehreren gemäß [Fig. 1](#) axial hintereinander sowie gemäß [Fig. 2](#) paarweise in Umfangsrichtung nebeneinander in die Durchbrüche beziehungsweise Ausnehmungen **16** des Blechpaketes **15** eingesetzt werden. Anschließend wird der Rotor mit den eingesetzten, beschichteten Dauermagneten **17** soweit erwärmt, dass die Backlackschicht **19** aufgeweicht wird und dass dann die beschichteten Dauermagnete **17** an ihren seitlichen Berührungsflächen **19a** beziehungsweise **19b** miteinander sowie an ihren äußeren und/oder inneren Berührungsflächen **19c**, **19d** mit dem Blechpaket **15** flächig verbacken werden. Die axial hintereinander liegenden, beschichteten Dauermagnete **17** sind dabei in ihrer axialen Baulänge derart auf die axiale Baulänge des Blechpaketes **15** abgestimmt, dass sie nach dem Einsetzen in die Ausnehmungen **16** des Blechpaketes **15** zunächst an dessen beiden Stirnseiten etwas vorstehen. Danach werden von den beiden Stirnseiten des Blechpaketes **15** her je eine magnetisch unwirksame Endscheibe **20** auf die Rotorwelle **14** aufgepresst und beim Erwärmen des Rotors **13** werden diese Endscheiben **20** von beiden Seiten her gegen die vorstehenden Stirnflächen **19e** und **19f** der beschichteten, unter Druckspannung stehenden Dauermagnete **17** gedrückt. Beim Erweichen der Backlackschicht **19** werden dann die stirnseitig gegeneinander gedrückten Dauermagnete **17** durch die Backlackschicht **19** flächig miteinander verbacken.

[0017] Zur Herstellung der Backlackschicht **19** wer-

den Kunststoffe wie Polyesterimid, Polyamidimid sowie aromatisches Polyamid eingesetzt, wie dies bereits beim Verbacken von Kupferlackdraht bekannt ist. Die Verbacktemperatur von etwa 200° Celsius liegt deutlich unter den für den unmagnetisierten Magneten kritischen Temperaturen, so dass eine Beschädigung der Magnete auszuschließen ist. Die typischen Werte für die Erwärmung der Rotoren im Betrieb, insbesondere in Kraftfahrzeugen liegen mit etwa 160° Celsius deutlich unter den Temperaturen für eine Wiedererweichung der Backlackschichten 19 von etwa 220° Celsius. Somit ist eine Ablösung der Dauermagnete 17 vom Blechpaket 15 während des Betriebes nicht gegeben. Nach dem Verbacken der beschichteten Dauermagnete 17 miteinander und mit dem Blechpaket 15 werden schließlich die Dauermagnete in bekannter Weise durch Anlegen starker Magnetfelder von der äußeren Umfangsfläche des Blechpaketes 15 her in der gemäß [Fig. 2](#) dargestellten Polung aufmagnetisiert.

[0018] Um das Verbacken der Backlackschicht 19 mit dem Blechpaket 15 möglichst großflächig auszubilden, ist es weiterhin möglich, die Dauermagnete 17 vor dem Einsetzen in die Ausnehmungen 16 des Blechpaketes 15 oder nach dem Einsetzen und vor dem Erwärmen der Backlackschicht 19 aufzumagnetisieren, so dass sie durch die Magnetkraft der Dauermagnete 17 an das Blechpaket 15 angedrückt und beim Aufweichen der Backlackschicht 19 durch Erhitzung mit dem Blechpaket 15 flächig verbacken werden.

[0019] Da das Blechpaket 15 mit den Ausnehmungen 16 durch die beiden Endscheiben 20 beidseitig verschlossen wird, kann die Backlackschicht 19 beim Erwärmen nicht aus den Ausnehmungen 16 entweichen. Dadurch wird ein inniges Verbacken der Dauermagnete 17 untereinander und mit dem Blechpaket 15 gewährleistet. Gegebenenfalls kann dabei zur besseren Verteilung der Backlackschicht 19 der Rotor 13 auch noch während des Verbackens der Backlackschicht 19 schnell gedreht und/oder geschwenkt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Rotors (13) mit einer permanentmagnetischen Erregung durch mehrere Dauermagneten (17), die mit einer elektrisch isolierenden und korrosionsschützenden Schicht überzogen in Ausnehmungen (16) eines vorzugsweise als Teil des Rotors (13) ausgebildeten Grundkörpers, insbesondere eines Blechpaketes (15) eingesetzt und befestigt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dauermagnete (17) zunächst einzeln mit einer Backlackbeschichtung (19) überzogen werden, dass sie sodann in die Ausnehmungen (16) des Blechpaketes (15) eingesetzt werden und dass schließlich durch Erhitzung die Back-

lackbeschichtung (19) soweit aufgeweicht wird, dass die beschichteten Dauermagnete (17) an ihren mit Backlack beschichteten Berührungsflächen (19a, 19b, 19c, 19e, 19f) miteinander und mit dem Grundkörper (15) verbacken werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils mehrere der mit Backlack beschichteten Dauermagnete (17) in segmentförmige, als axiale Durchbrüche ausgebildete Ausnehmungen (16) des Grundkörpers (15) eingesetzt und darin verbacken werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beschichteten Dauermagnete (17) je Pol in Umfangsrichtung paarweise nebeneinander in die Ausnehmungen (16) des Grundkörpers (15) eingesetzt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere beschichtete Dauermagnete (17) je Pol axial hintereinander in die Ausnehmungen (16) des Grundkörpers (15) eingesetzt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die beschichteten Dauermagnete (17) durch magnetisch unwirksame Endscheiben (20) von den beiden Stirnseiten des Grundkörpers (15) her axial gegeneinander gedrückt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beschichteten Dauermagnete (17) nach dem Einsetzen in die Ausnehmungen (16) des Grundkörpers (15) an dessen beiden Stirnseiten etwas vorstehen und dass beim Erwärmen die Endscheiben (20) gegen die vorstehenden Stirnflächen (19a) der beschichteten Dauermagnete (17) gedrückt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Endscheiben (20) auf eine den Grundkörper (15) tragende Rotorwelle (14) aufgepresst werden.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Backlackschicht (19) so dick dimensioniert wird, dass sie Fertigungstoleranzen der Dauermagnete (17) und der Ausnehmungen (16) des Grundkörpers (15) ausgleicht.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dauermagnete (17) vor dem Erwärmen der Backlackschicht (19), insbesondere vor dem Einsetzen in die Ausnehmungen (16) des Grundkörpers (15), aufmagnetisiert werden, so dass sie durch Magnetkraft an den Grundkörper (15) angedrückt und mit diesem beim Erwärmen flächig verbacken werden.

10. Elektrische Maschine (**10**) mit einem Stator (**11**) und einem über einen Arbeitsluftspalt (**18**) damit zusammenwirkenden Rotor (**13**) mit einer permanentmagnetischen Erregung durch mehrere Dauermagnete (**17**), die mit einer elektrisch isolierenden und korrosionsschützenden Schicht überzogen in Ausnehmungen (**16**) eines vorzugsweise als Teil des Rotors ausgebildeten Grundkörpers, insbesondere eines Blechpaketes (**15**) eingesetzt und befestigt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Dauermagnete (**17**) gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 in den Ausnehmungen (**16**) des Grundkörpers (**15**) durch eine Backlackschicht (**19**) miteinander und mit Grundkörper (**15**) verbacken sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

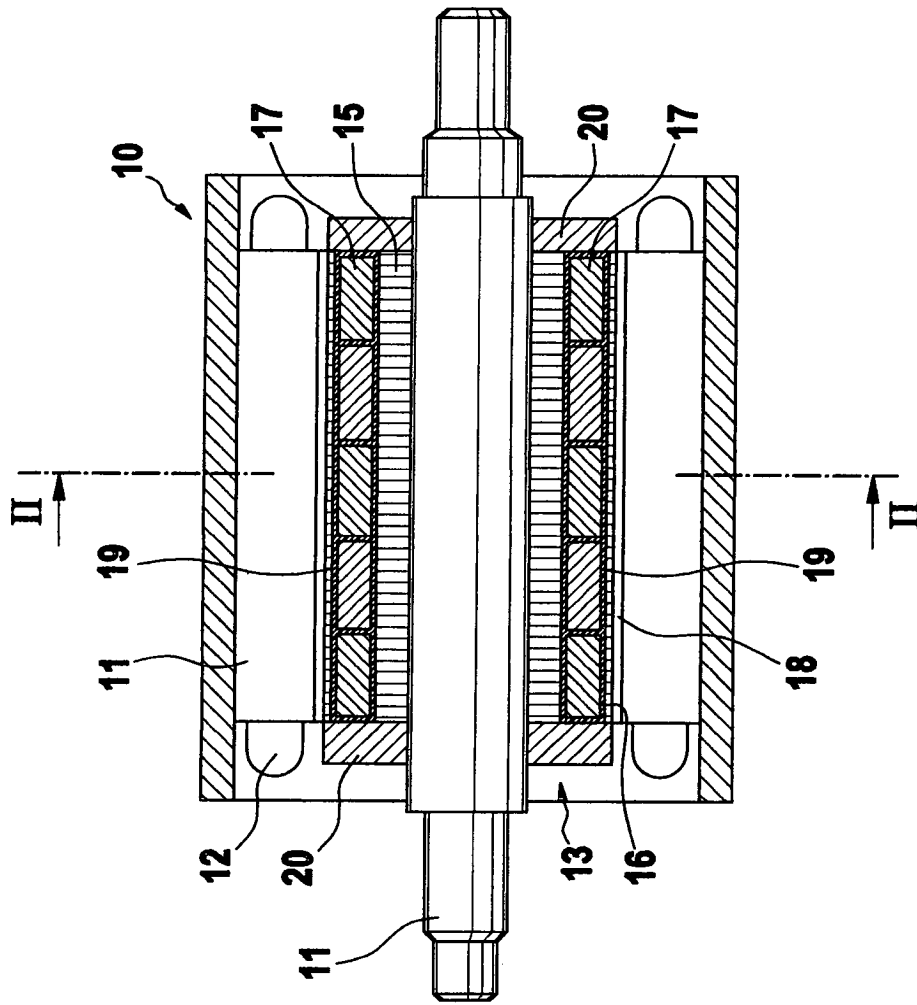


Fig. 1

Fig. 2

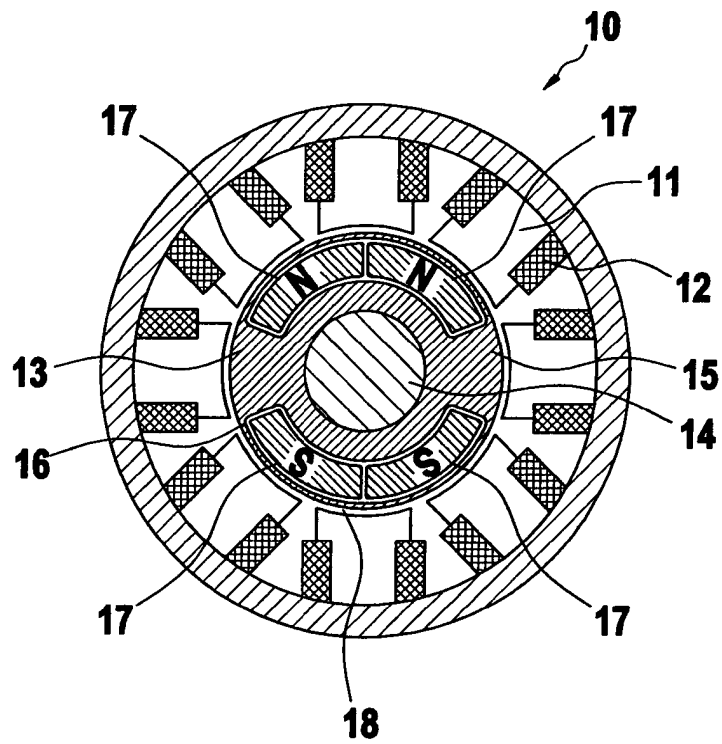


Fig. 3

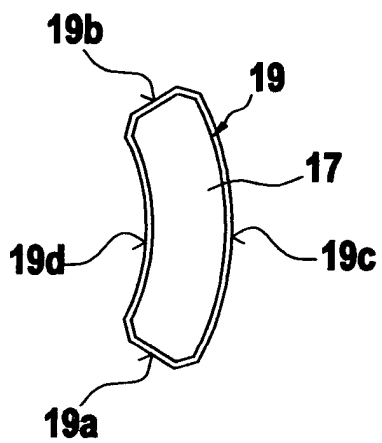


Fig. 4

