



(10) **DE 11 2022 001 098 T5** 2023.12.14

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/176771**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 001 098.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/005326**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.02.2022**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.08.2022**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **14.12.2023**

(51) Int Cl.: **H02K 15/03 (2006.01)**
H02K 1/27 (2022.01)

(30) Unionspriorität:
2021-023752 17.02.2021 JP

(71) Anmelder:
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP**

(74) Vertreter:
**Winter, Brandl - Partnerschaft mbB,
Patentanwälte, 85354 Freising, DE**

(72) Erfinder:
Takahashi, Yuki, Kariya-city, Aichi-pref., JP

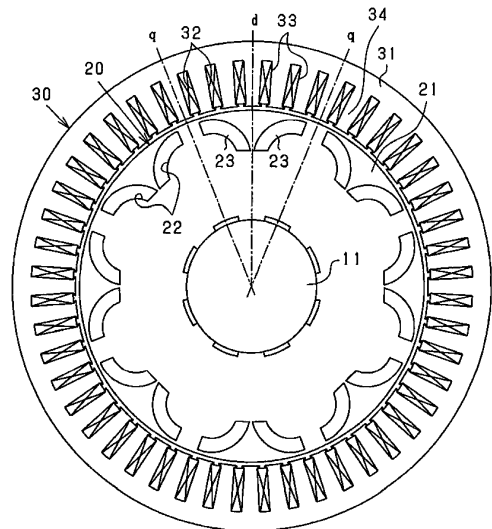
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Elektrische Drehmaschine und Verfahren zu deren Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine bereitgestellt, die Folgendes enthält: einen Magnetfeldgenerator (20, 120), der eine Mehrzahl von Magneten (23, 123-125) enthält, wobei die Mehrzahl von Magneten eine Mehrzahl von Magnetpolen ausbilden und die Polaritäten der Mehrzahl von Magnetpolen abwechselnd in einer Umfangsrichtung geändert werden; und einen Anker (30, 130), der eine Mehrzahl von mehrphasige Ankerwicklungen (33, 133) enthält, wobei eine der Komponenten, Magnetfeldgenerator und Anker, ein Rotor ist, und jeder der Mehrzahl von Magneten durch einen laminierten Körper aus einer Mehrzahl von Magnetsegmenten (24) ausgebildet ist, die in einer Axialrichtung des Rotors geteilt sind. Das Herstellungsverfahren enthält: Sintern jedes einer Mehrzahl von Grünlingen, die jeweils durch Komprimieren und Formen von Magnetpulverkörnern ausgebildet werden, um eine Mehrzahl von Sinterkörpern (50) zu erhalten, von denen jeder ein Paar ebener Oberflächen (50a) hat, die einander entgegengesetzt sind; Anwenden eines Korngrenzendiffusionsprozesses auf jeden der Mehrzahl von Sinterkörpern durch Anhaften eines Haftmaterials, das ein schweres Seltenelement enthält, an zumindest einer des Paares ebener Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, um das schwere Seltenelement in das Innere des Sinterkörpers zu diffundieren; und Ausbilden des laminierten Körpers aus der Mehrzahl von Magnetsegmenten durch Platzieren einer entsprechenden des Paares ebener Oberflächen, auf die der Korngrenzendiffusionsprozess angewendet wird, von einem von jeweils zwei angrenzenden der Mehrzahl von Sinterkörpern in Kontakt

mit einer entsprechenden des Paares ebener Oberflächen, auf die der Korngrenzendiffusionsprozess angewendet wird, von einem anderen von jeweils zwei angrenzenden der Mehrzahl von Sinterkörpern.



Beschreibung

Verweis zu in Beziehung stehender Anmeldung

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der am 17. Februar 2021 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2021-023752; auf den dortigen Offenbarungsgehalt wird hier vollinhaltlich Bezug genommen.

Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine elektrische Drehmaschine und ein Herstellungsverfahren dafür.

Stand der Technik

[0003] Bisher ist, wie zum Beispiel in der Patentliteratur 1 dargelegt, eine elektrische Drehmaschine bekannt, die einen Magnetfeldgenerator und einen Anker enthält, wobei der Anker an einer Stelle platziert ist, an der der Anker dem Magnetfeldgenerator in einer Radialrichtung entgegengesetzt ist bzw. gegenüberliegt. Der Magnetfeldgenerator enthält eine Mehrzahl von Magneten. Die Mehrzahl von Magneten bilden eine Mehrzahl von Magnetpolen aus, und die Polaritäten der Mehrzahl von Magnetpolen werden in einer Umfangsrichtung abwechselnd geändert. Der Anker enthält eine Mehrzahl von mehrphasigen Ankerwicklungen.

Patentliteratur

[0004] Patentliteratur 1: JP2019-24296A

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Wenn die Ankerwicklungen erregt werden, wird ein Magnetfeld erzeugt. Wenn das erzeugte Magnetfeld den Magneten durchquert, fließt in dem Magneten ein Wirbelstrom. In diesem Fall gibt es zum Beispiel einen oder mehrere Nachteile, die durch den Wirbelstrom verursacht werden, etwa eine durch den Wirbelstrom verursachte Entmagnetisierung des Magneten und/oder die Erzeugung von Wirbelstromverlusten.

[0006] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, einen Nachteil beseitigen kann, der durch einen in einem Magneten fließenden Wirbelstrom verursacht wird, und ein Herstellungsverfahren für eine derartige elektrische Drehmaschine bereitzustellen.

[0007] Gemäß einer ersten Maßnahme wird ein Herstellungsverfahren für eine elektrische Drehmaschine bereitgestellt, die enthält:

einen Magnetfeldgenerator, der eine Mehrzahl von Magneten enthält, wobei die Mehrzahl von Magneten eine Mehrzahl von Magnetpolen ausbilden, und Polaritäten der Mehrzahl von Magnetpolen abwechselnd in einer Umfangsrichtung geändert werden; und

einen Anker, der eine Mehrzahl von mehrphasige Ankerwicklungen enthält und an einer Stelle platziert ist, an welcher der Anker dem Magnetfeldgenerator in einer Radialrichtung entgegengesetzt ist, wobei eine der Komponenten, Magnetfeldgenerator und Anker, ein Rotor ist, und jeder der Mehrzahl von Magneten durch einen laminierten Körper aus einer Mehrzahl von Magnetsegmenten ausgebildet ist, die in einer Axialrichtung des Rotors geteilt sind, wobei das Herstellungsverfahren enthält:

Sintern jedes einer Mehrzahl von Grünlingen, die jeweils durch Komprimieren und Formen von Magnetpulverkörnern ausgebildet werden, um eine Mehrzahl von Sinterkörpern zu erhalten, von denen jeder ein Paar ebene Oberflächen hat, die einander entgegengesetzt sind;

Anwenden eines Korngrenzendifusionsprozesses auf jeden der Mehrzahl von Sinterkörpern durch Anhaften eines Haftmaterials, das ein schweres Seltenelement enthält, an zumindest einer des Paares ebener Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, um das schwere Seltenelement in das Innere des Sinterkörpers zu diffundieren; und

Ausbilden des laminierten Körpers aus der Mehrzahl von Magnetsegmenten durch Platzieren einer entsprechenden des Paares ebener Oberflächen, auf die der Korngrenzendifusionsprozess angewendet wird, von einem von jeweils zwei angrenzenden der Mehrzahl von Sinterkörpern in Kontakt mit einer entsprechenden des Paares ebener Oberflächen, auf die der Korngrenzendifusionsprozess angewendet wird, von einem anderen von jeweils zwei angrenzenden der Mehrzahl von Sinterkörpern.

[0008] Wenn der Wirbelstrom in dem Magneten fließt, kann möglicherweise eine Entmagnetisierung des Magneten auftreten, die durch den Wirbelstrom induziert wird. Gemäß der ersten Maßnahme werden durch Sintern jedes der Mehrzahl von Grünlingen, die jeweils durch Komprimieren und Formen der Magnetpulverkörner ausgebildet werden, die Mehrzahl von Sinterkörpern erhalten, von denen jeder das Paar einander entgegengesetzter ebener Oberflächen aufweist. Dann wird der Korngrenzendifusionsprozess auf jeden der Mehrzahl von Sinterkörpern angewendet, durch Anhaften des Haftmaterial, welches das schwere Seltenelement enthält, an

zumindest einer des Paares ebener Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließend wird jeder der Mehrzahl von Sinterkörpern erhitzt, um das schwere Seltenerdelement in das Innere des Sinterkörpers zu diffundieren. Der Sinterkörper, auf den der zuvor beschriebene Prozess angewendet wird, weist eine erhöhte Koerzitivfeldstärke auf, während die restliche Magnetflussdichte aufrechterhalten bleibt. Daher ist es möglich, die durch den Wirbelstrom verursachte Entmagnetisierung des Magneten zu begrenzen.

[0009] Die Diffusion des schweren Seltenerdelements ist auf einen Bereich begrenzt, der eine vorgegebene Tiefe von der Magnetoberfläche ist. In Bezug auf diesen Punkt gemäß der ersten Maßnahme, da jeder der Mehrzahl von Magneten durch den laminierten Körper der Mehrzahl von Magnetsegmenten ausgebildet wird, ist eine axiale Längenabmessung jedes der Mehrzahl von Magnetsegmenten, die den laminierten Körper ausbilden, klein. Da jedes Magnetsegment aus dem Sinterkörper ausgebildet wird, auf den der Korngrenzendiffusionsprozess angewendet wird, ist die Längenabmessung dieses Sinterkörpers in der Axialrichtung klein. Daher kann in dem Falle des Anwendens des Korngrenzendiffusionsprozesses auf den Sinterkörper das schwere Seltenerdelement in geeigneter Weise in das Innere des Sinterkörpers diffundiert werden und die Koerzitivfeldstärke kann in geeigneter Weise erhöht werden.

[0010] Gemäß einer zweiten Maßnahme, die zu der ersten Maßnahme gehört, enthält das Anwenden des Korngrenzendiffusionsprozesses das Anhaften des Haftmaterials nur an der zumindest einen des Paares ebener Oberflächen aus der Mehrzahl von Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern.

[0011] Gemäß der zweiten Maßnahme wird das Haftmaterial, welches das schwere Seltenerdelement enthält, nur an der zumindest einen des Paares ebener Oberflächen aus der Mehrzahl von Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern angewendet. Daher kann der Diffusionsprozess vereinfacht werden.

[0012] Gemäß einer dritten Maßnahme, die zu der zweiten Maßnahme gehört, enthält das Anwenden des Korngrenzendiffusionsprozesses das Anhaften des Haftmaterials nur an jeder des Paares ebener Oberflächen aus der Mehrzahl von Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern.

[0013] Gemäß der dritten Maßnahme kann das schwere Seltenerdelement in geeigneter Weise in das Innere des Sinterkörpers von jeder des Paares

ebener Oberflächen diffundiert werden, während der Diffusionsprozess vereinfacht wird.

[0014] Gemäß einer vierten Maßnahme, die zu der dritten Maßnahme gehört, ist eine Dickenabmessung jedes der Mehrzahl von Sinterkörper, auf die der Korngrenzendiffusionsprozess angewendet wird, gleich oder kleiner als 16 mm.

[0015] In einem Fall, in dem der Korngrenzendiffusionsprozess auf den Sinterkörper angewendet wird, durch Anhaften des Haftmaterials an einer ebenen Oberfläche aus der Mehrzahl von Oberflächen des Sinterkörpers, wird eine Verteilung der Koerzitivfeldstärke in einer Richtung analysiert, die von der ebenen Oberfläche hin zu dem Inneren des Sinterkörpers gerichtet ist. Als Ergebnis dieser Analyse wird eine Verbesserung der Koerzitivfeldstärke in einem Bereich beobachtet, der von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von etwa 8 mm reicht. Daher wird in der vierten Maßnahme die Dickenabmessung des Sinterkörpers auf gleich oder kleiner als 16 mm festgelegt. Mit dieser Einstellung kann das schwere Seltenerdelement geeigneter bzw. besser in das Innere des Sinterkörpers diffundiert werden.

[0016] Hier beträgt die Dickenabmessung des Sinterkörpers vorzugsweise zum Beispiel gleich oder kleiner als 8 mm, wie in einer fünften Maßnahme. Diese Dickenabmessungseinstellung basiert auf der Erkenntnis, dass sich die Koerzitivfeldstärke in dem Bereich von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von etwa 4 mm stark verbessert.

[0017] Gemäß einer sechsten Maßnahme, die zu der zweiten Maßnahme gehört, enthält das Anwenden des Korngrenzendiffusionsprozesses das Anhaften des Haftmaterials nur an einer des Paares ebener Oberflächen aus der Mehrzahl von Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern; und eine Dickenabmessung jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, auf die der Korngrenzendiffusionsprozess angewendet wird, ist gleich oder kleiner als 8 mm.

[0018] Gemäß der sechsten Maßnahme kann in dem Fall, in dem der Korngrenzendiffusionsprozess nur an einer des Paares ebener Oberflächen angewendet wird, das schwere Seltenerdelement geeigneter bzw. besser in das Innere des Sinterkörpers diffundiert werden.

[0019] Hier beträgt die Dickenabmessung des Sinterkörpers vorzugsweise zum Beispiel gleich oder kleiner als 4 mm, wie in einer siebten Maßnahme.

[0020] Gemäß einer achten Maßnahme, die zu einer der Maßnahmen eins bis sieben gehört, enthält

das Herstellungsverfahren das Erhalten der Mehrzahl von Grünlingen, in denen jeweils eine Orientierung einer leichten Magnetisierungsachse an einer Stelle, die näher an einer d-Achse, die als eine Magnetpolmitte dient, als an einer q-Achse, die als eine Magnetpolgrenze dient, liegt, näher an einer Orientierung der d-Achse als eine Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt, durch Einfüllen der Magnetpulverkörner in einen Formraum eines Formwerkzeugs, das in Übereinstimmung mit der Form jedes der Mehrzahl von Magnetsegmenten geformt ist, und anschließendes Komprimieren und Formen der in den Formraum eingefüllten Magnetpulverkörner in einem Magnetfeld; und

wobei das Sintern jedes der Mehrzahl von Grünlingen dazu führt, dass jeder der Mehrzahl von Sinterkörpern nahezu eine Endform eines entsprechenden der Mehrzahl von Magnetsegmenten hat.

[0021] Es ist denkbar, ein Magnetsegment zu erhalten, das eine Endform und ein Paar ebener Oberfläche hat, indem ein Schleifprozess auf einen Sinterkörper aus Magnetpulverkörnern angewendet wird, zum Beispiel durch Verwendung einer Schleifscheibe, einer Schneidklinge oder einer Seilsäge. Jedoch kann in diesem Fall abhängig von dem Schleifmodus des Sinterkörpers die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse des Magnetsegments, das durch das Schleifen erhalten wird, von der beabsichtigten Orientierung der leichten Magnetisierungsachse gegebenenfalls verschoben werden, und dadurch kann der beabsichtigte Magnetfluss gegebenenfalls nicht realisiert werden.

[0022] Im Hinblick auf dieses Problem kann gemäß der achten Maßnahme der Sinterkörper durch eine endformnahe Verarbeitungstechnik erhalten werden. Somit kann eine Orientierung gewährleistet werden, bei der eine Abweichung zwischen der Orientierung der leichten Magnetisierungsachse des Magnetsegments und der vorgesehenen Orientierung der leichten Magnetisierungsachse in geeigneter Weise begrenzt wird.

[0023] Gemäß einer neunten Maßnahme wird eine elektrische Drehmaschine bereitgestellt, die enthält:

einen Magnetfeldgenerator, der eine Mehrzahl von Magneten enthält, wobei die Mehrzahl von Magneten eine Mehrzahl von Magnetpolen ausbilden und die Polaritäten der Mehrzahl von Magnetpolen abwechselnd in einer Umfangsrichtung geändert werden; und

einen Anker, der eine Mehrzahl von mehrphasige Ankerwicklungen enthält und an einer Stelle platziert ist, an welcher der Anker dem Magnetfeldgenerator in einer Radialrichtung entgegengesetzt ist, wobei:

eine der Komponenten, Magnetfeldgenerator und Anker, ein Rotor ist;

jeder der Mehrzahl von Magneten durch einen laminierten Körper aus einer Mehrzahl von Magnetsegmenten ausgebildet ist, die in einer Axialrichtung des Rotors geteilt sind; und

nur eine Kontaktfläche aus einer Mehrzahl von Oberflächen von jeweils angrenzenden zwei der Mehrzahl von Magnetsegmenten, die aneinander in der Axialrichtung angrenzen, durch Korngrenzendiffusion eines schweren Seltenerdelements behandelt wird, um das schwere Seltenerdelement von der Kontaktfläche in das Innere des Magnetsegments zu diffundieren, während die Kontaktflächen von jeweils angrenzenden zwei der Mehrzahl von Magnetsegmenten einander berühren.

[0024] Gemäß der neunten Maßnahme kann das schwere Seltenerdelement geeigneter bzw. besser in das Innere des Sinterkörpers diffundiert werden und die Koerzitivfeldstärke des Magneten kann geeigneter verbessert werden. Daher ist es möglich, die durch den Wirbelstrom verursachte Entmagnetisierung des Magneten zu begrenzen.

[0025] Gemäß einer zehnten oder elften Maßnahme enthält der Magnetfeldgenerator einen Magnetfeldgeneratorkern, an dem die Mehrzahl von Magneten installiert sind;

wobei jeder der Mehrzahl von Magneten so orientiert ist, dass eine Orientierung einer leichten Magnetisierungsachse an einer Stelle, die näher an einer d-Achse, die als eine Magnetpolmitte dient, als an einer q-Achse, die als eine Magnetpolgrenze dient, liegt, näher an einer Orientierung der d-Achse als eine Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt; und

wobei zumindest ein Abschnitt eines q-Achsen-Kernabschnitts des Magnetfeldgeneratorkerns durch einen Magnetfluss eines oder mehrerer der Mehrzahl von Magneten in einen magnetisch gesättigten Zustand versetzt ist.

[0026] Da gemäß der zehnten oder elften Maßnahme zumindest der Abschnitt des q-Achsen-Kernabschnitts in den magnetisch gesättigten Zustand versetzt ist, wird die magnetische Permeabilität des magnetisch gesättigten Abschnitts des q-Achsen-Kernabschnitts reduziert, was zu einer Reduktion der Induktivität führt. Daher kann die Menge des Magnetflusses, der als Reaktion auf die Bestromung der Statorwicklungen erzeugt wird und den Magneten durchquert, reduziert werden. Infolgedessen kann die Erzeugung von Wirbelstromverlusten des Magneten begrenzt werden.

[0027] Hier kann zum Beispiel jeder der Mehrzahl von Magneten wie in einer zwölften Maßnahme in den Magnetfeldgeneratorkern eingebettet sein.

[0028] Alternativ kann jeder der Mehrzahl von Magneten wie in einer dreizehnten Maßnahme an einer Umfangsfläche des Magnetfeldgeneratorkerns installiert sein, die dem Anker in der Radialrichtung zugewandt ist.

[0029] Jeder der Mehrzahl von Magneten ist so orientiert, dass die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an der einen Stelle, die näher an der d-Achse als an der q-Achse liegt, näher an der Orientierung der d-Achse als an der Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt, so dass die Magnetflusskomponente in der Umfangsrichtung nahe der q-Achse in dem Magneten groß ist. Daher wird der q-Achsen-Kernabschnitt des Magnetfeldgeneratorkerns der dreizehnten Maßnahme in den magnetisch gesättigten Zustand versetzt. Somit kann die Menge des Magnetflusses, der von der Ankerseite her fließt und den Magneten durchquert, reduziert werden, und dadurch kann die Erzeugung von Wirbelstromverlusten des Magneten begrenzt werden.

[0030] Gemäß einer vierzehnten Maßnahme, die zu einer der Maßnahmen acht bis dreizehn gehört, sind die Mehrzahl von mehrphasigen Ankerwicklungen als eine Mehrzahl von Wicklungen mit kurzer Steigung gewickelt.

[0031] In dem Fall, in dem die Ankerwicklungen der elektrischen Drehmaschine als die Wicklungen mit kurzer Steigung gewickelt sind, ist eine Änderung des Magnetflusses, der von dem Anker aus fließt und den Magneten durchquert, größer als in einem Fall, in dem die Statorwicklungen als Wicklungen mit voller Steigung gewickelt sind, so dass der Wirbelstromverlust an dem Magneten tendenziell groß ist. Daher ist der Vorteil des Anwendens einer der Maßnahmen acht bis vierzehn auf die elektrische Drehmaschine, bei der der Wirbelstromverlust tendenziell groß ist, signifikant.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0032] Die vorliegende Offenbarung zusammen mit deren zusätzlichen Aufgaben, Merkmalen und Vorteilen wird am besten aus der folgenden Beschreibung in Hinblick auf die zugehörigen Zeichnungen klarer.

Fig. 1 ist eine Längsschnittansicht einer elektrischen Drehmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 2 ist eine transversale Querschnittansicht der elektrischen Drehmaschine.

Fig. 3 ist eine transversale Querschnittansicht eines Rotors und eines Stators.

Fig. 4 ist ein Diagramm, das eine Struktur eines Magneten zeigt.

Fig. 5 ist ein Diagramm, das eine Orientierungstechnik für den Magneten zeigt.

Fig. 6 ist ein Ablaufdiagramm, das einen Herstellungsprozess des Magneten zeigt.

Fig. 7 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Sinterkörper aus Magnetpulverkörnern zeigt.

Fig. 8 ist ein Diagramm, das einen Effekt eines Korngrenzendifusionsprozesses zeigt.

Fig. 9 ist eine transversale Querschnittansicht einer elektrischen Drehmaschine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Fig. 10 ist eine transversale Querschnittansicht eines Rotors.

Fig. 11 ist eine transversale Querschnittansicht eines Rotors einer Abwandlung.

Fig. 12 ist eine transversale Querschnittansicht eines Rotors einer weiteren Abwandlung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0033] Eine elektrische Drehmaschine der vorliegenden Offenbarung wird zum Beispiel als eine Antriebsleistungsquelle für ein Fahrzeug verwendet. Die elektrische Drehmaschine der vorliegenden Offenbarung kann jedoch in großem Umfang für Industriemaschinen, Fahrzeuge, Flugzeuge, Haushaltsgeräte, OA-Maschinen, Spielautomaten und dergleichen verwendet werden.

(Erstes Ausführungsbeispiel)

[0034] Eine elektrische Drehmaschine 10 des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist eine elektrische Drehmaschine mit Innenpermanentmagnet (IPM-Motor) vom Innenrotortyp, die als Fahrzeugelektromotor verwendet wird. Die elektrische Drehmaschine 10 wird schematisch in Bezug auf die **Fig. 1** und **Fig. 2** beschrieben. **Fig. 1** ist eine Längsschnittansicht der elektrischen Drehmaschine 10 in einer Richtung entlang einer drehbaren Welle 11. **Fig. 2** ist eine transversale Querschnittansicht eines Rotors 20 und eines Stators 30 in einer Richtung senkrecht zu der drehbaren Welle 11. In der folgenden Beschreibung wird eine Richtung, in der sich die drehbare Welle 11 erstreckt, als eine Axialrichtung definiert, und eine Richtung, die von der drehbaren Welle 11 ausgeht, wird als eine Radialrichtung definiert. Des Weiteren wird eine Richtung, die sich umfangsmäßig um die drehbare Welle 11 erstreckt als eine Umfangsrichtung definiert. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel dient der Rotor 20 als ein

Magnetfeldgenerator und der Stator 30 dient als ein Anker.

[0035] Die elektrische Drehmaschine 10 enthält: den Rotor 20, der an der drehbaren Welle 11 befestigt ist; den Stator 30, der die Form eines Kreisrings hat und an einer Stelle platziert ist, an der der Stator 30 den Rotor 20 umgibt; und ein Gehäuse 12, das den Rotor 20 und den Stator 30 aufnimmt. Der Rotor 20 und der Stator 30 sind koaxial angeordnet. Der Rotor 20 ist auf einer radialen Innenseite des Stators 30 platziert und liegt dem Stator 30 gegenüber. Ein vorgegebener Luftspalt ist zwischen einer Innenumfangsfläche des Stators 30 und einer Außenumfangsfläche des Rotors 20 ausgebildet. Das Gehäuse 12 enthält zwei Gehäuseelemente 12a, 12b, die in einer rohrförmigen Form mit Boden geformt sind. Die Gehäuseelemente 12a, 12b sind durch Schrauben bzw. Bolzen 13 in einem Zustand aneinander befestigt, in dem Öffnungen der Gehäuseelemente 12a, 12b aneinander anliegen. In dem Gehäuse 12 sind zwei Lager 14, 15 eingebaut, und die drehbare Welle 11 und der Rotor 20 werden durch die Lager 14, 15 drehbar gelagert.

[0036] Wie in **Fig. 2** gezeigt, enthält der Rotor 20 einen Rotorkern 21, der in einer hohlzylindrischen Rohrform geformt ist, und eine Innenumfangsfläche des Rotorkerns 21 ist an der drehbaren Welle 11 befestigt. Der Rotorkern 21 besteht aus einem weichmagnetischen Material und wird zum Beispiel durch Stapeln einer großen Anzahl elektromagnetischer Stahlplatten ausgebildet. Der Rotorkern 21 hat eine Mehrzahl von Magnetaufnahmелöcher 22, die einer nach dem anderen bzw. hintereinander in der Umfangsrichtung angeordnet sind, und jedes der Magnetaufnahmелöcher 22 nimmt einen entsprechenden der Mehrzahl von Magneten (Permanentmagneten) 23 auf.

[0037] Der Stator 30 enthält einen Stator Kern 31, der im Allgemeinen eine zylindrische Rohrform aufweist und als ein Ankerkern dient. Der Stator Kern 31 besteht aus einem weichmagnetischen Material und wird zum Beispiel durch Stapeln einer großen Anzahl elektromagnetischer Stahlplatten ausgebildet. Der Stator Kern 31 hat eine Mehrzahl von Schlitzen 32, die sich durch den Stator Kern 31 in der Axialrichtung erstrecken und in der Umfangsrichtung in gleichen Abständen angeordnet sind. Eine Mehrzahl von Statorwicklungen 33, die zum Beispiel als dreiphasige Ankerwicklungen (mehrphasige Ankerwicklungen) dienen, sind an den Schlitzen 32 gewickelt. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel beträgt die Anzahl der Schlitze 32 achtundvierzig, und diese Schlitze 32 sind in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung angeordnet, so dass die dreiphasigen Statorwicklungen 33 in Übereinstimmung mit der Anzahl der Magnetpole des Rotors 20 in den Schlitzen 32 aufgenommen werden.

[0038] Als nächstes werden in Bezug auf **Fig. 3** die Magnetaufnahmелöcher 22 des Rotorkerns (der als Magnetfeldgeneratorkern dient) 21 und die Magnete 23 beschrieben. **Fig. 3** zeigt einen von einer Mehrzahl von Magnetpolen (z.B. insgesamt acht Magnetpolen) der elektrischen Drehmaschine 10.

[0039] Der Rotorkern 21 hat im Allgemeinen eine zylindrische Rohrform und wird durch Stapeln einer großen Anzahl elektromagnetischer Stahlplatten ausgebildet, und ein Durchgangsloch ist in der Mitte des Rotorkerns 21 ausgebildet. Der Rotorkern 21 wird an der drehbaren Welle 11 befestigt, indem die drehbare Welle 11 in das Durchgangsloch des Rotorkerns 21 eingepasst wird. Der Rotorkern 21 weist d-Achsen und q-Achsen auf.

[0040] Die Magnetaufnahmелöcher (in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sechzehn Magnetaufnahmелöcher) 22, die sich durch den Rotorkern 21 in der Axialrichtung erstrecken, sind in vorgegebenen Abständen in der Umfangsrichtung an einer Stelle angeordnet, die an die Außenumfangsfläche des Rotorkerns 21 angrenzt, die der Innenumfangsfläche des Stators 30 gegenüberliegt. Jeweils zwei entsprechende angrenzende Magnetaufnahmелöcher 22 bilden ein Paar aus, und das Paar Magnetaufnahmелöcher 22 bildet im Allgemeinen eine V-Form aus, so dass ein Umfangsabstand zwischen dem Paar Magnetaufnahmелöcher 22 in Richtung zu einer radialen Außenseite hin zunehmend größer wird. Das Paar Magnetaufnahmелöcher 22 ist symmetrisch in Bezug auf die entsprechende d-Achse, die als eine Magnetpolmitte dient. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Paare Magnetaufnahmелöcher 22, von denen jedes eine bogenförmige Form aufweist, in dem Rotorkern 21 ausgebildet.

[0041] Jedes der Magnetaufnahmелöcher 22 wird durch zwei gekrümmte Flächen 22a, 22b und zwei Verbindungsflächen 22c, 22d ausgebildet, während die gekrümmten Flächen 22a, 22b entlang ihrer gesamten Erstreckung um einen konstanten Abstand voneinander beabstandet sind. Jede der gekrümmten Flächen 22a, 22b hat eine Bogenform und jede der Verbindungsflächen 22c, 22d hat eine ebene Form und verbindet entsprechende Umfangsenden der gekrümmten Flächen 22a, 22b. Von den Verbindungsflächen 22c, 22d ist die Verbindungsfläche 22c, die an die q-Achse angrenzt, parallel zu der q-Achse. Darüber hinaus steht die Verbindungsfläche 22d, die an die d-Achse angrenzt, senkrecht zu der d-Achse.

[0042] Jedes der Magnetaufnahmелöcher 22 nimmt den entsprechenden Magneten 23 auf, der eine Form hat, die einer Lochform des Magnetaufnahmелöcher 22 entspricht. In diesem Fall bilden das Paar Magnete 23, die in dem Paar Magnetaufnahmелö-

cher 22 aufgenommen sind, einen Magnetpol aus. Jeder Magnet 23 hat zwei Endabschnitte 23a, 23b, die einander in einer Längsrichtung des Magneten 23 gegenüberliegen, und eine leichte Magnetisierungsachse des Magneten 23 (d.h. eine Orientierung einer internen Magnetfeldlinie, die ein magnetischer Pfad ist) wird durch einen Pfeil angegeben. Der Magnet 23 ist auf eine solche Weise ausgebildet, dass sich eine Orientierung der leichten Magnetisierungsachse von einer Orientierung, die nahe einer Richtung senkrecht zu der q-Achse liegt, zu einer Orientierung wechselt bzw. ändert, die nahe einer Richtung parallel zu der d-Achse liegt, von dem Endabschnitt 23b, der an die q-Achse angrenzt, in Richtung hin zu dem Endabschnitt 23a, der an die d-Achse angrenzt, in einer nichtlinearen Form, die in Richtung zu einer Seite hin konvex ist, die dem Stator gegenüberliegt. Insbesondere ist der Magnetpfad in dem Magneten 23 in einer Richtung definiert, die die Querrichtung des Magneten 23a kreuzt, und die Orientierung des Magnetpfads hat die Form eines Bogens, der in Richtung zu der Mittelachse des Rotorkerns 21 konvex ist.

[0043] Der Magnet 23 hat ein Paar Magnetfluss-Wirkflächen 23c, 23d, die einander gegenüberliegen. Von dem Paar Magnetfluss-Wirkflächen 23c, 23d liegt die Magnetfluss-Wirkfläche 23c näher an dem Stator 30 als die Magnetfluss-Wirkfläche 23d. Hier wird die Magnetfluss-Wirkfläche als eine Einströmfläche oder eine Ausströmfläche des Magnetflusses an dem Magneten 23 definiert.

[0044] Die Fig. 3 gibt die zwei Magnete 23 an, die den N-Pol ausbilden. In einem Fall jedoch, in dem die zwei Magnete 23 so konfiguriert sind, um den S-Pol auszubilden, ist die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse jedes der Magnete 23 entgegengesetzt zu der Orientierung der leichten Magnetisierungsachse, die in Fig. 3 gezeigt ist.

[0045] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel hat der Stator 30 eine Mehrzahl von Zähnen 34. Jeder der Zähne 34 ist zwischen zwei in der Umfangsrichtung angrenzenden Abschnitten der Statorwicklungen 33 und angeordnet und dient als ein Zwischenleiterelement, d.h. als ein Element, das zwischen den Leitern gehalten wird.

[0046] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein Zustand implementiert, in dem zumindest ein Abschnitt eines q-Achsen-Kernabschnitts 21 q des Rotorkerns 21 in einen magnetisch gesättigten Zustand durch einen Magnetfluss des Magneten 23 versetzt ist. Der q-Achsen-Kernabschnitt 21 q ist ein Abschnitt des Rotorkerns 21, der sich über die q-Achse erstreckt und zwischen dem Paar Magneten 23 gehalten wird, die in der Umfangsrichtung angeordnet sind. Die magnetische Permeabilität an dem Abschnitt, der in dem q-Achsen-Kernabschnitt 21 q

magnetisch gesättigt ist, ist reduziert, und die Induktivität ist reduziert. Daher kann die Menge des Magnetflusses, der als Reaktion auf die Bestromung der Statorwicklungen 33 erzeugt wird und den Magneten 23 durchquert, reduziert werden. Dadurch kann die Erzeugung des Wirbelstromverlusts des Magneten 23 begrenzt werden.

[0047] Die magnetische Sättigung des q-Achsen-Kernabschnitts 21q, der durch den Magnetfluss des Magneten 23 gesättigt ist, kann zum Beispiel durch die folgenden zwei Konfigurationen realisiert werden. Als eine erste Konfiguration unter den beiden Konfigurationen ist der Magnet 23 so orientiert, dass, wie in Fig. 3 gezeigt, eine Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer Stelle, die näher an der d-Achse als an der q-Achse liegt, näher zu einer Orientierung der d-Achse als eine Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt.

[0048] Als nächstes wird eine zweite unter den zwei Konfigurationen beschrieben. Ein Abschnitt des Stators 30 fungiert als ein Magnetpol (N-Pol oder S-Pol), wenn die Statorwicklungen 33 mit Strom versorgt werden. Eine Breitenabmessung der Zähne 34, die in einem Längenbereich (W_n) des Abschnitts vorhanden sind, der sich in der Umfangsrichtung erstreckt und als der eine Magnetpol fungiert, entspricht einer Umfangsbreitenabmessung (W_t) der Zähne 34, die als die Zwischenleiterelemente dienen und innerhalb des einen Magnetpols vorhanden sind. In dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel beträgt die Umfangsbreitenabmessung (W_t) $W_t = W_{t1} + W_{t2} + W_{t3} + W_{t4} + W_{t5}$. Hier entspricht W_{t2} , W_{t3} und W_{t4} jeweils einer Umfangsbreitenabmessung eines entsprechenden Zahns 34, und W_{t1} und W_{t5} entsprechen jeweils einer Hälfte einer Umfangsbreitenabmessung eines entsprechenden Zahns 34.

[0049] Eine Längsabmessung der Magnete 23 (d.h. eine Abmessung der Magnetfluss-Wirkflächen 23c der Magnete 23) in dem einen Magnetpol entspricht einer Umfangsbreitenabmessung (W_m) der Magnete 23 in dem einen Magnetpol. Wie in Fig. 3 gezeigt, ist das Paar Magnetfluss-Wirkflächen 23c auf der linken Seite und der rechten Seite der d-Achse in dem einen Magnetpol platziert, so dass die Umfangsbreitenabmessung (W_m) der Magnete 23 in dem einen Magnetpol eine Summe aus einer Abmessung (W_{m1}) der Magnetfluss-Wirkfläche 23c, die auf der linken Seite platziert ist, und einer Abmessung (W_{m2}) der Magnetfluss-Wirkfläche 23c ist, die auf der rechten Seite der d-Achse platziert ist.

[0050] Die zweite Konfiguration besteht darin, dass in einem Fall, in dem eine gesättigte Magnetflussdichte des Statorkerns 31 mit B_s bezeichnet wird und eine restliche Magnetflussdichte des Magneten

23 mit Br bezeichnet wird, die Beziehung $Wt \times Bs \leq Wm \times Br$ erfüllt ist. Der q-Achsen-Kernabschnitt 21q wird magnetisch gesättigt durch: die zweite Konfiguration zum Ausgeben des starken Magnetflusses, der die Beziehung $Wt \times Bs \leq Wm \times Br$ erfüllt, in Richtung zu dem Stator 30; und die zuvor beschriebene erste Konfiguration.

[0051] Als nächstes wird der Magnet 23 in Bezug auf **Fig. 4** näher beschrieben.

[0052] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Magnet 23 ein anisotroper Seltenerdsmagnet, insbesondere ein gesinterter Neodymmagnet. In dem Magneten 23 ist eine intrinsische Koerzitivfeldstärke gleich oder größer als 400 [kA/m] und eine restliche Magnetflussdichte (Remanenz) Br ist gleich oder größer als 1,0 [T]. Jeder Magnet 23 enthält eine Mehrzahl von Magnetsegmenten (in diesem Beispiel sechs Magnetsegmente) 24, die in der Axialrichtung geteilt sind. Mit anderen Worten ist der Magnet 23 durch einen laminierten Körper ausgebildet, der durch Laminiere der Mehrzahl von Magnetsegmenten 24 ausgebildet ist. Jedes Magnetsegment 24 hat: ein Paar ebener Oberflächen 24a, die parallel zueinander sind und einander in der Axialrichtung gegenüberliegen; und eine Mehrzahl von Magnetfluss-Wirkflächen, die sich jeweils von einem entsprechenden Ende der jeweiligen ebenen Oberflächen 24a in einer Richtung senkrecht zu der ebenen Oberfläche 24a erstrecken. Jeweils angrenzende zwei ebene Oberflächen 24a der Magnetsegmente 24, die in der Axialrichtung aneinander angrenzen, werden miteinander in Kontakt gebracht und zum Beispiel durch ein Klebemittel bzw. Haftvermittler aneinander befestigt, so dass der laminierte Körper der Magnetsegmente 24 integriert sind. Die in **Fig. 3** gezeigten Magnetfluss-Wirkflächen 23a-23d werden durch die Magnetfluss-Wirkflächen der Magnetsegmente 24 ausgebildet. Insbesondere bilden in den Magnetsegmenten 24 die in **Fig. 4** gezeigten Magnetfluss-Wirkflächen 25a die Magnetfluss-Wirkfläche 23a des rechten Magneten 23 aus, der in **Fig. 3** auf der rechten Seite der d-Achse platziert ist, und die in **Fig. 4** gezeigten Magnetfluss-Wirkflächen 25b bilden die Magnetfluss-Wirkfläche 23b des rechten Magneten 23 aus. Darüber hinaus bilden die in **Fig. 4** gezeigten Magnetfluss-Wirkflächen 25d die Magnetfluss-Wirkfläche 23d des rechten Magneten 23 aus. Bei dem Magnetsegment 24 des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist ein transversaler Querschnitt des Magnetsegments 24, der senkrecht zu der Längsrichtung des Magnetsegments 24 verläuft, in einem Rechteck (längliches Rechteck) geformt. Die Magnetsegmente 24 sind in der Axialrichtung ohne Schräglage gestapelt.

[0053] Als nächstes wird ein Herstellungsverfahren des Magneten 23 gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel beschrieben. **Fig. 5** ist ein Diagramm

zur Erläuterung der magnetischen Orientierung in einem Magnetfeld. Wie in **Fig. 5** gezeigt, enthält eine Orientierungsvorrichtung bzw. Ausrichtungsvorrichtung 40: eine Magnetfeldspule 41; einen orientierenden Eisenkern 42, der in dem Inneren der Magnetfeldspule 41 platziert ist; und eine Form (die als ein Formwerkzeug dient) 43. Die Magnetfeldspule 41 erzeugt ein Magnetfeld, das als Reaktion auf die Erregung der Magnetfeldspule 41 durch das Innere der Magnetfeldspule 41 verläuft. Der orientierende Eisenkern 42 hat die Aufgabe, das von der Magnetfeldspule 41 erzeugte Magnetfeld in eine vorgegebene Richtung zu krümmen, und das von dem orientierenden Eisenkern 42 gekrümmte Magnetfeld verläuft durch die Form 43. Die Magnetfeldspule 41 bildet ein lineares Magnetfeld aus und der orientierende Eisenkern 42 bildet ein gekrümmtes Magnetfeld aus.

[0054] Die Form 43 besteht aus einem nicht magnetischen Material und hat eine Formkammer 43a, die als ein Formraum dient, der in Übereinstimmung mit der Form des Magneten 23 geformt ist. Die Formkammer 43a ist in Übereinstimmung mit der Form des Magnetsegments 24 geformt. Daher ist eine endformnahe Verarbeitung des Magnetsegments 24 möglich. Die Formkammer 43a wird durch ein Formelement und distalen Endabschnitte von oberen und unteren Stempeln ausgebildet, welche die Form 43 ausbilden.

[0055] Als nächstes wird der Herstellungsprozess des Magneten 23 in Bezug auf **Fig. 6** weiter beschrieben.

[0056] Im Schritt S10 werden Magnetpulverkörner in die Formkammer 43a eingefüllt und die eingefüllten Magnetpulverkörner werden komprimiert und durch den oberen und unteren Stempel geformt. Zu dieser Zeit wird das gekrümmte Magnetfeld durch den orientierenden Eisenkern 42 im Inneren der Magnetfeldspule 41 ausgebildet, und die Orientierung des Magnetfelds wird an den Magnetpulverkörnern in der Formkammer 43a durchgeführt. Die Magnetpulverkörner sind so ausgerichtet, dass die leichten Magnetisierungsrichtungen der jeweiligen Magnetpulverkörner miteinander übereinstimmen. Daher ist es möglich, einen Grünling der Magnetpulverkörner zu erhalten, bei dem die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an der einen Stelle, die näher an der d-Achse als an der q-Achse liegt, der Orientierung der d-Achse näher kommt als die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an der anderen Stelle, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt.

[0057] Im Schritt S11 wird der Grünling in einer Sintervorrichtung erhitzt. Eine Sintertemperatur des Grünlings beträgt zum Beispiel 950°C bis 1050°C. Daher wird, wie in **Fig. 7** gezeigt, der Sinterkörper

50 erhalten, der nahezu die Endform des Magnetsegments 24 hat. Das heißt, der Sinterkörper 50 hat ein Paar ebener Oberflächen 50a, die parallel zueinander sind, und Verbindungsflächen (Magnetfluss-Wirkflächen), von denen jede eine Verbindung zwischen entsprechenden Enden der ebenen Oberflächen 50a herstellt. Der Sinterkörper 50 schrumpft auf etwa die Hälfte des Volumens des Grünlings.

[0058] Im Schritt S12 wird ein Korngrenzendiffusionsprozess an dem Sinterkörper 50 durchgeführt. Insbesondere wird ein Haftmaterial an den Oberflächen des Sinterkörpers 50 aufgeklebt bzw. angehaftet. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel trägt eine Haftvorrichtung das Haftmaterial nur auf das Paar ebener Oberflächen 50a unter den Flächen (sechs Flächen) des Sinterkörpers 50 auf. In **Fig. 7** wird eine Schraffur verwendet, um eine des Paares ebener Oberflächen 50a anzugeben, an denen das Haftmaterial anhaftet.

[0059] Zum Beispiel kann das Haftmaterial ein Pulver eines Oxids von Dy (Dysprosium) oder Tb (Terbium) sein, bei dem es sich um ein schweres Seltenerdelement handelt. Alternativ kann das Haftmaterial Pulver aus einem Fluorid von Dy oder Tb sein. Als weitere Alternative kann das Haftmaterial ein Legierungspulver sein, das Dy oder Tb enthält. Darüber hinaus kann das Haftmaterial eine Aufschlämmung bzw. Brei sein, die das Pulver des zuvor beschriebenen Oxids, das Pulver des zuvor beschriebenen Fluorids oder das zuvor beschriebenen Legierungspulver enthält. Ein Lösungsmittel, das in der Aufschlämmung verwendet wird, ist beispielsweise Alkohol. In diesem Fall wird eine Beschichtungsschicht auf dem Paar ebener Oberflächen 50a ausgebildet, zum Beispiel durch Aufsprühen des Haftmaterials auf das Paar ebener Oberflächen 50a aus einer Injektorvorrichtung, die als Haftvorrichtung dient, oder durch Beschichten des Haftmaterials auf das Paar ebener Oberflächen 50a durch eine Beschichtungsvorrichtung, die als die Haftvorrichtung dient.

[0060] Darüber hinaus kann das Haftmaterial ein Streifen oder eine Folie sein, die das Pulver des zuvor beschriebenen Oxids, das Pulver des zuvor beschriebenen Fluorids oder das zuvor beschriebene Legierungspulver enthält.

[0061] Als nächstes wird der Sinterkörper 50, an dem das Haftmaterial haftet, an der Heizvorrichtung erhitzt. Die Heiztemperatur ist niedriger als die Sintertemperatur des Sinterprozesses und beträgt zum Beispiel 700°C bis 1000°C. Durch diese Erwärmung diffundiert das schwere Seltenerdelement, das in dem Haftmaterial enthalten ist, in das Innere des Sinterkörpers 50 durch die Korngrenzen der Oberfläche des Sinterkörpers. Somit wird der Gehalt des schweren Seltenerdelements an der Korngrenze höher als

der Gehalt des schweren Seltenerdelements im Inneren des Korns. Daher kann die Koerzitivfeldstärke erhöht werden, während die restliche Magnetflussdichte erhalten bleibt. Anschließend wird der Sinterkörper 50 einem Alterungsprozess unterzogen.

[0062] Nach dem Korngrenzendiffusionsprozess verbleiben Rückstände auf den Oberflächen des Sinterkörpers 50. Somit werden die Rückstände, die sich auf den Oberflächen des Sinterkörpers 50 befinden, anschließend durch eine Entfernungsvorrichtung bzw. Abtragvorrichtung entfernt bzw. abgetragen.

[0063] Zum Beispiel kann eine Strahlvorrichtung, die als die Entfernungsvorrichtung dient, verwendet werden, um ein Strahlmaterial auf die Rückstände zu strahlen, die auf den Oberflächen des Sinterkörpers 50 vorhanden sind, der dem Korngrenzendiffusionsprozess unterzogen wird, um die Rückstände zu entfernen. In diesem Fall kann nach diesem Prozess das Strahlmaterial, das an dem Sinterkörper 50 haftet, durch eine Luftstrahlvorrichtung entfernt werden. Darüber hinaus kann zum Beispiel eine Poliervorrichtung, die als die Entfernungsvorrichtung dient, dazu verwendet werden, die Oberflächen mechanisch zu polieren, um die Rückstände zu entfernen.

[0064] Anders als bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist es auch denkbar, das Magnetsegment, das eine Endform hat und das Paar ebener Oberflächen aufweist, durch Anwenden eines Schleifprozesses auf den Sinterkörper der Magnetpulverkörner, zum Beispiel durch Verwendung einer Schleifscheibe, einer Schneidklinge oder einer Seilsäge zu erhalten. Jedoch kann in diesem Fall abhängig von dem Schleifmodus des Sinterkörpers die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse des Magnetsegments, das durch das Schleifen erhalten wird, von der beabsichtigten Orientierung der leichten Magnetisierungsachse abweichen, wodurch der beabsichtigte Magnetfluss möglicherweise nicht realisiert wird. Im Hinblick auf dieses Problem kann gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Sinterkörper 50 durch die endformnahe Verarbeitungstechnik erhalten werden. Somit ist es möglich, die Orientierung zu gewährleisten, bei der eine Abweichung zwischen der Orientierung der leichten Magnetisierungsachse des Magnetsegments 24 und der beabsichtigten Orientierung der leichten Magnetisierungsachse in geeigneter Weise begrenzt wird.

[0065] Als nächstes wird im Schritt S13 der Sinterkörper 50 durch eine Magnetisierungsvorrichtung magnetisiert. Dadurch wird das Magnetsegment 24 erhalten. Die Magnetisierung kann an den einzelnen Sinterkörpern 50 oder an den durch den Klebstoff oder dergleichen laminierten Sinterkörpern 50 durchgeführt werden.

[0066] Anschließend werden die hergestellten Magnetsegmente 24 zum Herstellen des Rotorkerns 21 verwendet. In dem Herstellungsprozess werden der Vorgang der Form 43; der Vorgang der Sintervorrichtung; die Vorgänge der Klebevorrichtung, der Heizvorrichtung und der Entfernungsvorrichtung, die in Schritt S12 verwendet werden; der Vorgang der Magnetisierungsvorrichtung und dergleichen von einer Steuerungseinrichtung gesteuert, die einen Mikrocomputer als eine Hauptkomponente davon enthält.

[0067] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird eine Dickenabmessung t_{mag} (siehe **Fig. 7**) des in Schritt S11 erhaltenen Sinterkörpers 50 auf gleich oder kleiner als 16 mm festgelegt. Dies geschieht im Hinblick auf die Tatsache, dass die Diffusion des schweren Seltenerdelements auf einen Bereich begrenzt ist, der von der Oberfläche des Sinterkörpers bis zu einer vorgegebenen Tiefe reicht.

[0068] **Fig. 8** zeigt eine Beziehung zwischen: einer Tiefe (Abstand) von der Oberfläche des Sinterkörpers, an der das Haftmaterial, welches das schwere Seltenerdelement enthält, anhaftet; und der Koerzitivfeldstärke H_{cj} bei der Referenztemperatur (z.B. 23°C) des Magneten, der aus dem Sinterkörper hergestellt wird.

[0069] Wie in **Fig. 8** angedeutet, nimmt die Koerzitivfeldstärke H_{cj} ab, wenn der Abstand von der Oberfläche vergrößert wird. In einem Fall, in dem der Abstand etwas größer als 8 mm ist, ist der Effekt der Verbesserung der Koerzitivfeldstärke H_{cj} nicht erkennbar. Die Dickenabmessung t_{mag} des Sinterkörpers 50 wird auf gleich oder kleiner 16 mm festgelegt, im Hinblick auf die in **Fig. 8** angegebene Beziehung und auch im Hinblick auf das Anhaften des schweren Seltenerdelements an dem Paar ebener Oberflächen 50a.

[0070] Wenn die Dickenabmessung t_{mag} des Sinterkörpers 50 auf gleich oder kleiner als 16 mm festgelegt wird, kann das schwere Seltenerdelement in geeigneter Weise in das Innere des Sinterkörpers 50 diffundieren, und dadurch kann die Koerzitivfeldstärke in geeigneter Weise verbessert werden. Da in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Magnet 23 durch den laminierten Körper aus Magnetsegmenten 24 ausgebildet wird, kann die Dickenabmessung t_{mag} des Sinterkörpers 50 leicht reduziert werden, und die Dickenabmessung t_{mag} kann leicht auf gleich oder kleiner 16 mm festgelegt werden. Somit kann das schwere Seltenerdelement in den gesamten Sinterkörper 50 diffundieren, und die Koerzitivfeldstärke kann in geeigneter Weise erhöht werden. Darüber hinaus kann mit dieser Einstellung auch die Koerzitivfeldstärke der Oberfläche des Sinterkörpers 50, die zu der Magnetfluss-Wirkfläche wird, erhöht werden, und dadurch kann die durch

den Wirbelstrom verursachte Entmagnetisierung in geeigneter Weise begrenzt werden.

[0071] Insbesondere wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Korngrenzendifusionsprozess an dem Sinterkörper 50 angewendet, durch Anhaften des Haftmaterials an jeder des Paares ebener Oberflächen 50a des Sinterkörpers 50. Daher kann das schwere Seltenerdelement geeigneter bzw. besser in das Innere des Sinterkörpers 50 diffundieren, und die Koerzitivfeldstärke des Magneten 23 kann geeigneter verbessert werden.

[0072] Wie in **Fig. 8** dargestellt, besteht ein Unterschied zwischen: der Koerzitivfeldstärke, die beim kleinsten Wert der Tiefe von der Oberfläche aus gemessen wird, wo die Koerzitivfeldstärke H_{cj} untersucht wird; und der Koerzitivfeldstärke, die nicht länger den Effekt des Korngrenzendifusionsprozesses zeigt, wird als ΔH definiert. In diesem Fall ist die Tiefe, in welcher der Effekt von $\Delta H/2$ erhalten wird, etwas kleiner als 4 mm. Basierend auf dem vorherigen Ergebnis, um das schwere Seltenerdelement geeigneter bzw. besser in dem gesamten Sinterkörper 50 zu diffundieren, kann die Dickenabmessung t_{mag} des Sinterkörpers 50 zum Beispiel auf gleich oder kleiner 8 mm oder gleich oder kleiner 6 mm oder gleich oder kleiner als 5 mm festgelegt werden. Der untere Grenzwert der Dickenabmessung t_{mag} beträgt zum Beispiel 3 mm.

[0073] In einem Fall, in dem die Statorwicklungen 33 der in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigten elektrischen Drehmaschine 10 als Wicklungen mit kurzer Steigung gewickelt sind, ist eine Änderung des Magnetflusses, der von dem Stator 30 fließt und den Magneten 23 durchquert, größer als in einem Fall, in dem die Statorwicklungen 33 als Wicklungen mit voller Steigung gewickelt sind, so dass der Wirbelstromverlust an dem Magneten 23 tendenziell groß ist. Daher ist der Vorteil der Anwendung der charakteristischen Konfiguration des vorliegenden Ausführungsbeispiels auf die elektrische Drehmaschine 10, bei der der Wirbelstromverlust tendenziell groß ist, groß. Zum Beispiel können konzentrierte Wicklungen mit kurzer Steigung als die Statorwicklungen 33 verwendet werden.

(Zweites Ausführungsbeispiel)

[0074] Im Folgenden wird ein zweites Ausführungsbeispiel in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben, wobei der Schwerpunkt auf den Unterschieden zu dem ersten Ausführungsbeispiel liegt. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird, wie in **Fig. 9** gezeigt, ein SPM-Motor (Oberflächenpermanentmagnet) vom Außenrotortyp als eine elektrische Drehmaschine 110 verwendet.

[0075] Die elektrische Drehmaschine 110 enthält: einen Hauptkörper der elektrischen Drehmaschine, der einen Rotor 120 und einen Stator 130 aufweist; und ein Gehäuse 112, das den Hauptkörper der elektrischen Drehmaschine umgibt. Diese Elemente sind koaxial relativ zu einer drehbaren Welle 111 angeordnet, die integral bzw. einstückig mit dem Rotor 120 vorgesehen ist. Die elektrische Drehmaschine 110 kann an dem Fahrzeug montiert werden, indem das Gehäuse 112 zum Beispiel an einem Karosserierahmen des Fahrzeugs befestigt wird.

[0076] Der Stator 130 umgibt die drehbare Welle 111 und der Rotor 120 ist auf einer radialen Außenseite des Stators 130 platziert. Der Rotor 120 und der Stator 130 liegen einander in der Radialrichtung gegenüber, während zwischen dem Rotor 120 und dem Stator 130 ein Luftspalt ausgebildet ist. Wenn der Rotor 120 einstückig bzw. integral mit der drehbaren Welle 111 gedreht wird, dreht sich der Rotor 120 auf der radialen Außenseite des Stators 130. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel dient der Rotor 120 als ein Magnetfeldgenerator und der Stator 130 dient als ein Anker.

[0077] Der Rotor 120 enthält einen Rotorkern 121, der im Allgemeinen in einer zylindrischen Rohrform geformt ist, und eine Mehrzahl von Magneten 123, die an einer Innenumfangsfläche des Rotorkerns 121 befestigt sind. Der Rotorkern 121 ist an der drehbaren Welle 111 befestigt. Der Rotorkern 121 fungiert als ein Magnethalteelement und die Magnete 123 sind an einer radialen Innenseite des Rotorkerns 121 befestigt und so angeordnet, um einen Ring auszubilden. Der Rotorkern 121 besteht aus einem weichmagnetischen Material und wird zum Beispiel durch Stapeln einer großen Anzahl elektromagnetischer Stahlplatten ausgebildet.

[0078] Die Magnete 123 sind in einer kreisförmigen Ringform angeordnet, die konzentrisch zu einem Drehzentrum des Rotors 120 ist, und sind an der Innenumfangsfläche des Rotorkerns 121 befestigt. Die Magnete 123 sind so angeordnet, dass sich die Magnetpolaritäten der Magnete 123 in der Umfangsrichtung des Rotors 120 abwechselnd ändern. Daher sind in der Umfangsrichtung eine Mehrzahl von Magnetpolen angeordnet. Wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel ist jeder der Magnete 123 aus einem laminierten Körper ausgebildet, der durch Laminieren einer Mehrzahl von Magnetsegmenten in der Axialrichtung ausgebildet wird. Die Magnetsegmente sind in der Axialrichtung ohne Schräglage gestapelt.

[0079] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, wie in Fig. 10 gezeigt, bildet ein Magnet 123 einen Magnetpol aus und hat eine geteilte Ebene auf der q-Achse. Jeder der in der Umfangsrichtung angrenzenden zwei Magnete 123 sind in Kontakt miteinander oder sind angrenzend zueinander platziert. Diese

angrenzenden Magnete 123, die umfangsmäßig jeweils auf einer und einer anderen Seite der entsprechenden q-Achse platziert sind, werden magnetisch zueinander angezogen, so dass diese angrenzenden Magnete 123 in Kontakt miteinander gehalten werden können. Daher trägt die Struktur zur Verbesserung der Permeanz bei. Jede einer Mehrzahl von leichten Magnetisierungsachsen ist bogenförmig um ein auf der q-Achse festgelegtes Orientierungszentrum orientiert, so dass die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer Stelle liegt, die näher an der d-Achse als an der q-Achse liegt, näher an der Orientierung der d-Achse als die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt. Es sei angemerkt, dass ein Magnet 124, der eine geteilte Ebene auf der d-Achse hat, wie in Fig. 11 gezeigt, oder ein Magnet 125, der eine geteilte Ebene auf der d-Achse zusätzlich zu der geteilten Achse auf der q-Achse hat, wie in Fig. 12 gezeigt, als der Magnet des vorliegenden Ausführungsbeispiels verwendet werden kann. Der in Fig. 12 dargestellte Magnet 125 bildet einen Magnetpol durch zwei Magnete 125a, 125b aus, die in der Umfangsrichtung angrenzend zueinander angeordnet sind. Darüber hinaus ist eine geteilte Position des Magneten in der Umfangsrichtung nicht auf jene in den Fig. 10 bis Fig. 12 gezeigten beschränkt, sondern kann jede beliebige Position sein. Die Anzahl der Teilungen der Magnete in der Umfangsrichtung kann soweit erhöht werden, dass die Magnete herstellbar sind. Darüber hinaus ist der Magnet nicht auf den Magneten beschränkt, der in die Magnetsegmente in der Umfangsrichtung geteilt ist, sondern es kann auch ein Magnet verwendet werden, der die Form eines Kreisrings hat.

[0080] Der Stator 130 enthält eine Mehrzahl von Statorwicklungen 133. Die Statorwicklungen 133 enthalten eine Mehrzahl von mehrphasigen Wicklungen, die in einer vorgegebenen Reihenfolge in der Umfangsrichtung angeordnet sind und dadurch eine zylindrische Rohrform aufweisen. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden eine U-Phasen-Wicklung, eine V-Phasen-Wicklung und eine W-Phasen-Wicklung als die Phasenwicklungen verwendet, und dadurch enthalten die Statorwicklungen 133 die dreiphasigen Wicklungen. Die Statorwicklung 133 jeder Phase enthält eine Mehrzahl von Leitersegmenten, von denen sich jedes in der Axialrichtung erstreckt und in einem Bereich platziert ist, der eine Spulenseite enthält, und Übergangsegmente, von denen jedes entsprechende in der Umfangsrichtung angrenzende zwei der Leitersegmente derselben Phase verbindet.

[0081] Der Stator 130 enthält einen Statorkern 131. Der Statorkern 131 ist als ein laminiertes Kernblechkörper ausgebildet, der eine Mehrzahl von Kernblechen aufweist, bei denen es sich um elektromagne-

tische Stahlplatten (aus einem magnetischen Material) handelt und die in der Axialrichtung gestapelt sind, während der laminierte Kernblechkörper in einer zylindrischen Rohrform geformt ist, die eine vorgegebene Dicke in Radialrichtung aufweist. Die Statorwicklungen 133 sind an einer radialen Außenseite, welche die Seite des Rotors 120 ist, des Statorkerns 131 montiert. Eine Außenumfangsfläche des Statorkerns 131 bildet eine glatte gekrümmte Oberfläche aus, die keine Aussparungen und Vorsprünge aufweist. Der Statorkern 131 fungiert als ein Rückjoch. Der Statorkern 131 wird durch axiales Stapeln der Kernbleche ausgebildet, von denen jedes gestanzt und in die Form einer kreisförmigen Ringplatte geformt ist. Hierbei sei angemerkt, dass ein stationärer Kern mit einer spiralförmigen Kernstruktur als der Statorkern 131 gegebenenfalls verwendet werden kann.

[0082] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel weist der Stator 130 eine schlitzlose Struktur auf, die keine Zähne zum Ausbilden von Schlitzen aufweist. Der Struktur des Stators 130 kann einer der folgenden (A) bis (C) sein.

(A) Der Stator 130 hat eine Mehrzahl von Zwischenleitererelementen, von denen jedes zwischen entsprechenden Leitersegmenten in der Umfangsrichtung angeordnet ist. Als die Zwischenleitererelemente wird ein magnetisches Material verwendet, das die Beziehung $W_t \times B_s \leq W_m \times B_r$ erfüllt, wobei: W_t eine Breite der Zwischenleitererelemente in der Umfangsrichtung innerhalb eines Magnetpols ist; B_s eine gesättigte Magnetflussdichte der Zwischenleitererelemente ist; W_m eine Breite des Magneten 132 in dem einen Magnetpol in der Umfangsrichtung ist; und B_r eine restliche Magnetflussdichte in dem Magneten 132 ist.

(B) Der Stator 130 weist die Zwischenleitererelemente auf, von denen jeder zwischen den entsprechenden angrenzenden zwei der Leitersegmente in der Umfangsrichtung angeordnet sind. Die Zwischenleitererelemente bestehen aus einem nichtmagnetischen Material.

(C) Der Stator 130 weist kein Zwischenleitererelement auf, das zwischen den Leitersegmenten in der Umfangsrichtung angeordnet ist.

[0083] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird ein Zustand implementiert, in dem zumindest ein Abschnitt (insbesondere zum Beispiel ein Seitenabschnitt des Magneten 123 in der Radialrichtung) eines q-Achsen-Kernabschnitts 121q (siehe **Fig. 10**) des Rotorkerns 121 in einen magnetisch gesättigten Zustand durch einen Magnetfluss des Magneten 123 versetzt ist. Der q-Achsen-Kernabschnitt 21q ist ein Abschnitt des Rotorkerns 121, der sich über die q-Achse erstreckt. Die magnetische Permeabilität an dem Abschnitt, der in dem q-Ach-

sen-Kernabschnitt 121q magnetisch gesättigt ist, wird reduziert und die Induktivität wird reduziert. Daher kann die Menge des Magnetflusses, der als Reaktion auf die Bestromung der Statorwicklungen 133 erzeugt wird und den Magneten 123 durchquert, reduziert werden. Dadurch kann die Erzeugung des Wirbelstromverlusts des Magneten 123 begrenzt werden.

[0084] Die magnetische Sättigung des q-Achsen-Kernabschnitts 121q durch den Magnetfluss des Magneten 123 kann realisiert werden durch: die Konfiguration, in der der Magnet 123 so orientiert ist, dass die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an der einen Stelle, die näher an der d-Achse als an der q-Achse liegt, näher an der Orientierung der d-Achse als die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an der anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt, wie in **Fig. 10** dargestellt; und die zuvor beschriebene schlitzlose Struktur.

[0085] Darüber hinaus ist das Herstellungsverfahren der Magnetsegmente, die den Magneten 123 des vorliegenden Ausführungsbeispiels ausbilden, ähnlich zu dem ersten Ausführungsbeispiel.

(Weitere Ausführungsbeispiele)

[0086] Die zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele können wie folgt abgewandelt werden.

[0087] In dem Schritt des Korngrenzendifusionsprozesses kann das Haftmaterial gegebenenfalls nur an einer des Paares ebener Oberflächen 50a des Sinterkörpers 50 haften. In diesem Fall sollte die Dickenabmessung t_{mag} des Sinterkörpers 50 vorzugsweise gleich oder kleiner als 8 mm und noch bevorzugter gleich oder kleiner als 4 mm sein.

[0088] Die elektrische Drehmaschine des ersten Ausführungsbeispiels ist nicht auf den Innenrotortyp beschränkt und kann ein Außenrotortyp sein. Die elektrische Drehmaschine des zweiten Ausführungsbeispiels ist nicht auf den Außenrotortyp beschränkt und kann ein Innenrotortyp sein.

[0089] Die Orientierungstechnik des Magneten ist nicht auf die in **Fig. 3** oder **Fig. 10** bis **Fig. 12** dargestellte Orientierungstechnik beschränkt und kann jede andere Technik sein, solange die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an der einen Stelle, die näher an der d-Achse als an der q-Achse liegt, näher an der Orientierung der d-Achse als die Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an der anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt.

[0090] Die rotierende elektrische Drehmaschine ist nicht auf die elektrische Drehmaschine beschränkt,

bei welcher der Magnetfeldgenerator unter dem Magnetfeldgenerator und dem Anker der Rotor ist. Zum Beispiel kann die elektrische Drehmaschine die elektrische Drehmaschine sein, bei der der Anker der Rotor ist.

[0091] Die Offenbarung in dieser Beschreibung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Die Offenbarung enthält die dargestellten Ausführungsbeispiele und Variationen, die für den Fachmann basierend auf dem/den dargestellten Ausführungsbeispiel(en) denkbar sind. Zum Beispiel ist die Offenbarung nicht auf die Kombination der in dem/den Ausführungsbeispiel(en) angegebenen Komponenten und/oder Elemente beschränkt. Die Offenbarung kann in verschiedenen Kombinationen umgesetzt werden. Die Offenbarung kann zusätzliche Teile enthalten, die dem/den Ausführungsbeispiel(en) hinzugefügt werden können. Die Offenbarung enthält Variationen, bei denen einige der Komponenten und/oder Elemente des/der Ausführungsbeispiels(en) weggelassen werden. Die Offenbarung umfasst das Austauschen oder die Kombinieren der Komponenten und/oder Elemente zwischen einem der Ausführungsbeispiele und einem anderen der Ausführungsbeispiele. Der offenbarte technische Umfang ist nicht auf den in dem/den Ausführungsbeispiel(en) beschriebenen technischen Umfang beschränkt. Ein offengelegter technischer Schutzzumfang sollte den in der/den Anspruchserklärung(en) angegebenen technischen Schutzzumfang und alle Entsprechungen zu dem in der/den Anspruchserklärung(en) angegebenen technischen Schutzzumfang umfassen.

[0092] Obwohl die vorliegende Offenbarung in Bezug auf die Ausführungsbeispiele und Abwandlungen beschrieben wurde, versteht es sich, dass die vorliegende Offenbarung nicht auf die darin beschriebenen Ausführungsbeispiele und Abwandlungen und Strukturen beschränkt ist. Die vorliegende Offenbarung enthält auch verschiedene Variationen und Variationen innerhalb des entsprechenden Bereichs. Auch verschiedene Kombinationen und Ausgestaltungen sowie andere Kombinationen und Ausgestaltungen, die nur ein Element, mehr oder weniger, umfassen, liegen im Schutzzumfang und dem Geist der vorliegenden Offenbarung.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2021023752 [0001]
- JP 2019024296 A [0004]

Patentansprüche

1. Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine, die enthält:

einen Magnetfeldgenerator (20, 120), der eine Mehrzahl von Magneten (23, 123-125) enthält, wobei die Mehrzahl von Magneten eine Mehrzahl von Magnetpolen ausbilden, und Polaritäten der Mehrzahl von Magnetpolen abwechselnd in einer Umfangsrichtung geändert werden; und einen Anker (30, 130), der eine Mehrzahl von mehrphasige Ankerwicklungen (33, 133) enthält und an einer Stelle platziert ist, an welcher der Anker dem Magnetfeldgenerator in einer Radialrichtung entgegengesetzt ist, wobei eine der Komponenten, Magnetfeldgenerator und Anker, ein Rotor ist, und jeder der Mehrzahl von Magneten durch einen laminierten Körper aus einer Mehrzahl von Magnetsegmenten (24) ausgebildet ist, die in einer Axialrichtung des Rotors geteilt sind, wobei das Herstellungsverfahren enthält:

Sintern jedes einer Mehrzahl von Grünlingen, die jeweils durch Komprimieren und Formen von Magnetpulverkörnern ausgebildet werden, um eine Mehrzahl von Sinterkörpern (50) zu erhalten, von denen jeder ein Paar ebener Oberflächen (50a) hat, die einander entgegengesetzt sind;

Anwenden eines Korngrenzendifusionsprozesses auf jeden der Mehrzahl von Sinterkörpern durch Anhaften eines Haftmaterials, das ein schweres Seltenerdelement enthält, an zumindest einer des Paares ebener Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, um das schwere Seltenerdelement in das Innere des Sinterkörpers zu diffundieren; und

Ausbilden des laminierten Körpers aus der Mehrzahl von Magnetsegmenten durch Platzieren einer entsprechenden des Paares ebener Oberflächen, auf die der Korngrenzendifusionsprozess angewendet wird, von einem von jeweils angrenzenden zwei der Mehrzahl von Sinterkörpern in Kontakt mit einer entsprechenden des Paares ebener Oberflächen, auf die der Korngrenzendifusionsprozess angewendet wird, von einem anderen von jeweils angrenzenden zwei der Mehrzahl von Sinterkörpern.

2. Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine nach Anspruch 1, wobei das Anwenden des Korngrenzendifusionsprozesses das Anhaften des Haftmaterials nur an der zumindest einen des Paares ebener Oberflächen aus der Mehrzahl von Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern enthält.

3. Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine nach Anspruch 2, wobei das Anwenden des Korngrenzendifusionsprozesses das Anhaften des Haftmaterials nur an jeder des Paares

ebener Oberflächen aus der Mehrzahl von Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern enthält.

4. Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine nach Anspruch 3, wobei eine Dickenabmessung jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, auf die der Korngrenzendifusionsprozess angewendet wird, gleich oder kleiner als 16 mm ist.

5. Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine nach Anspruch 4, wobei die Dickenabmessung jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, auf die der Korngrenzendifusionsprozess angewendet wird, gleich oder kleiner als 8 mm ist.

6. Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine nach Anspruch 2, wobei: das Anwenden des Korngrenzendifusionsprozesses das Anhaften des Haftmaterials nur an einer des Paares ebener Oberflächen aus der Mehrzahl von Oberflächen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, und anschließendes Erhitzen jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern enthält; und eine Dickenabmessung jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, auf die der Korngrenzendifusionsprozess angewendet wird, gleich oder kleiner als 8 mm ist.

7. Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine nach Anspruch 6, wobei die Dickenabmessung jedes der Mehrzahl von Sinterkörpern, auf die der Korngrenzendifusionsprozess angewendet wird, gleich oder kleiner als 4 mm ist.

8. Herstellungsverfahren einer elektrischen Drehmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit: Erhalten der Mehrzahl von Grünlingen, in denen jeweils eine Orientierung einer leichten Magnetisierungsachse an einer Stelle, die näher an einer d-Achse, die als eine Magnetpolmitte dient, als an einer q-Achse, die als eine Magnetpolgrenze dient, liegt, näher an einer Orientierung der d-Achse als eine Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt, durch Einfüllen der Magnetpulverkörner in einen Formraum (43a) eines Formwerkzeugs (43), das in Übereinstimmung mit der Form jedes der Mehrzahl von Magnetsegmenten geformt ist, und anschließendes Komprimieren und Formen der Magnetpulverkörner, die in den Formraum eingefüllt sind, in einem Magnetfeld; und wobei das Sintern jedes der Mehrzahl von Grünlingen dazu führt, dass jeder der Mehrzahl von Sinterkörpern nahezu eine Endform eines entsprechenden der Mehrzahl von Magnetsegmenten hat.

9. Elektrische Drehmaschine (10, 110) mit: einem Magnetfeldgenerator (20, 120), der eine

Mehrzahl von Magneten (23, 123-125) enthält, wobei die Mehrzahl von Magneten eine Mehrzahl von Magnetpolen ausbilden und die Polaritäten der Mehrzahl von Magnetpolen abwechselnd in einer Umfangsrichtung geändert werden; und einem Anker (30, 130), der eine Mehrzahl von mehrphasige Ankerwicklungen (33, 133) enthält und an einer Stelle platziert ist, an welcher der Anker dem Magnetfeldgenerator in einer Radialrichtung entgegengesetzt ist, wobei:

eine der Komponenten, Magnetfeldgenerator und Anker, ein Rotor ist;

jeder der Mehrzahl von Magneten durch einen laminierten Körper aus einer Mehrzahl von Magnetsegmenten (24) ausgebildet ist, die in einer Axialrichtung des Rotors geteilt sind; und

nur eine Kontaktfläche aus einer Mehrzahl von Oberflächen von jeweils angrenzenden zwei der Mehrzahl von Magnetsegmenten, die aneinander in der Axialrichtung angrenzen, durch Korngrenzendiffusion eines schweren Seltenerdelements behandelt wird, um das schwere Seltenerdelement von der Kontaktfläche in das Innere des Magnetsegments zu diffundieren, während die Kontaktflächen von jeweils angrenzenden zwei der Mehrzahl von Magnetsegmenten einander berühren.

10. Elektrische Drehmaschine nach Anspruch 9, wobei:

der Magnetfeldgenerator einen Magnetfeldgeneratorkern (21, 121) enthält, an dem die Mehrzahl von Magneten installiert sind;

jeder der Mehrzahl von Magneten so orientiert ist, dass eine Orientierung einer leichten Magnetisierungsachse an einer Stelle, die näher an einer d-Achse, die als eine Magnetpolmitte dient, als an einer q-Achse, die als eine Magnetpolgrenze dient, liegt, näher an einer Orientierung der d-Achse als eine Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt; und

zumindest ein Abschnitt eines q-Achsen-Kernabschnitts (21q, 121q) des Magnetfeldgeneratorkerns durch einen Magnetfluss eines oder mehrerer der Mehrzahl von Magneten in einen magnetisch gesättigten Zustand versetzt ist.

11. Elektrische Drehmaschine (10, 110) mit: einem Magnetfeldgenerator (20, 120), der Folgendes enthält:

eine Mehrzahl von Magneten (23, 123-125), wobei die Mehrzahl von Magneten eine Mehrzahl von Magnetpolen ausbilden und die Polaritäten der Mehrzahl von Magnetpolen abwechselnd in einer Umfangsrichtung geändert werden; und

der Magnetfeldgenerator einen Magnetfeldgeneratorkern (21, 121) enthält, an dem die Mehrzahl von Magneten installiert sind; und

einem Anker (30, 130), der eine Mehrzahl von mehrphasige Ankerwicklungen (33, 133) enthält und an

einer Stelle platziert ist, an welcher der Anker dem Magnetfeldgenerator in einer Radialrichtung entgegengesetzt ist, wobei:

eine der Komponenten, Magnetfeldgenerator und Anker, ein Rotor ist;

jeder der Mehrzahl von Magneten so orientiert ist, dass eine Orientierung einer leichten Magnetisierungsachse an einer Stelle, die näher an einer d-Achse, die als eine Magnetpolmitte dient, als an einer q-Achse, die als eine Magnetpolgrenze dient, liegt, näher an einer Orientierung der d-Achse als eine Orientierung der leichten Magnetisierungsachse an einer anderen Stelle liegt, die näher an der q-Achse als an der d-Achse liegt; und

zumindest ein Abschnitt eines q-Achsen-Kernabschnitts (21q, 121q) des Magnetfeldgeneratorkerns durch einen Magnetfluss eines oder mehrerer der Mehrzahl von Magneten in einen magnetisch gesättigten Zustand versetzt ist.

12. Elektrische Drehmaschine nach Anspruch 10 oder 11, wobei jeder der Mehrzahl von Magneten (23) in den Magnetfeldgeneratorkern (21) eingebettet ist.

13. Elektrische Drehmaschine nach Anspruch 10 oder 11, wobei jeder der Mehrzahl von Magneten (123-125) an einer Umfangsfläche des Magnetfeldgeneratorkerns (121) installiert ist, die dem Anker (130) in der Radialrichtung zugewandt ist.

14. Elektrische Drehmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei die Mehrzahl von mehrphasigen Ankerwicklungen (33, 133) als eine Mehrzahl von Wicklungen mit kurzer Steigung gewickelt sind.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

FIG. 2

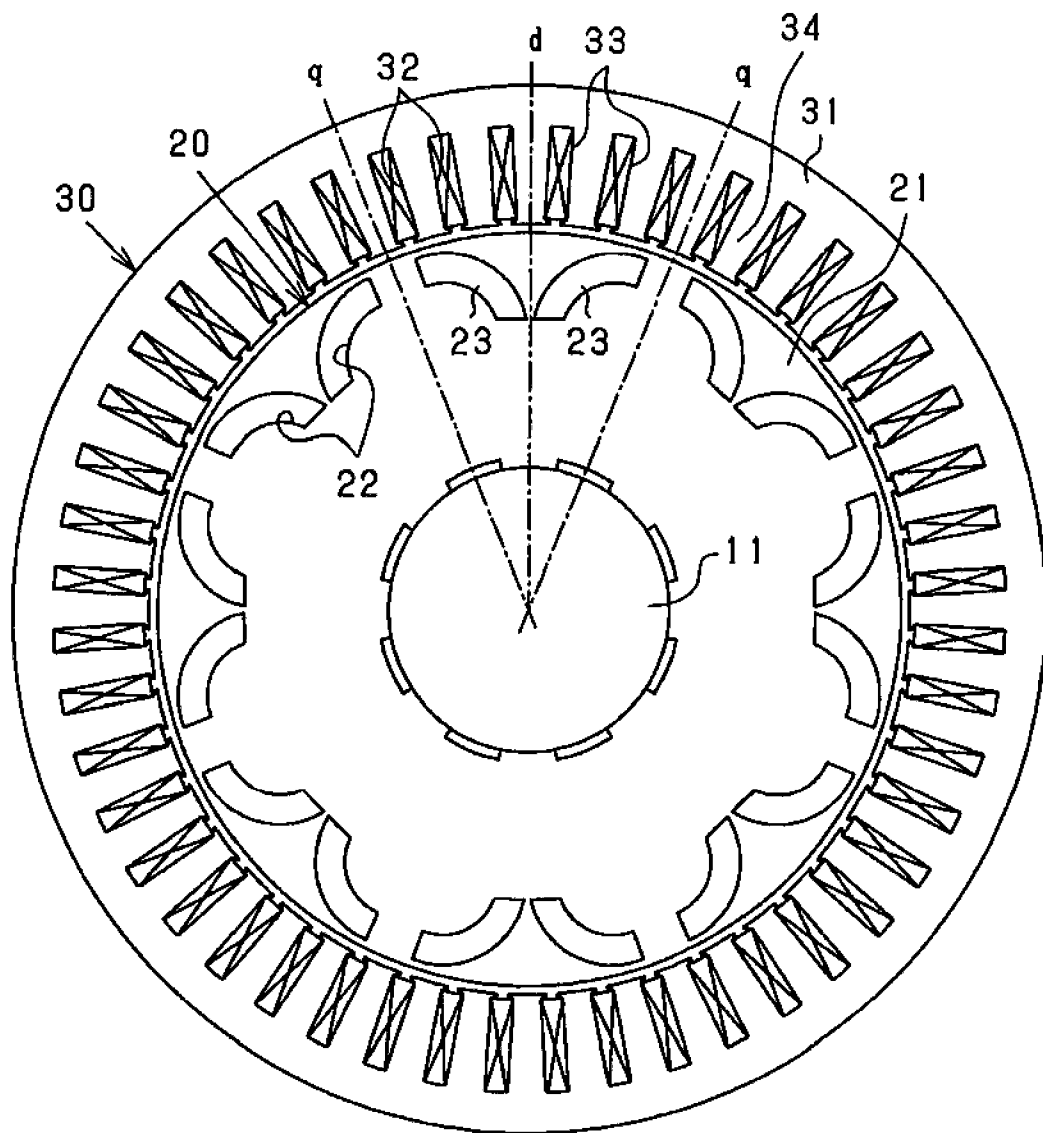


FIG. 4

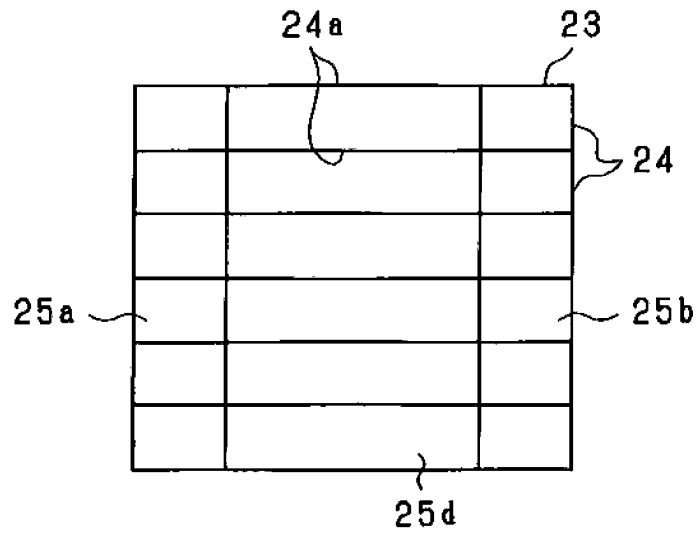


FIG. 5

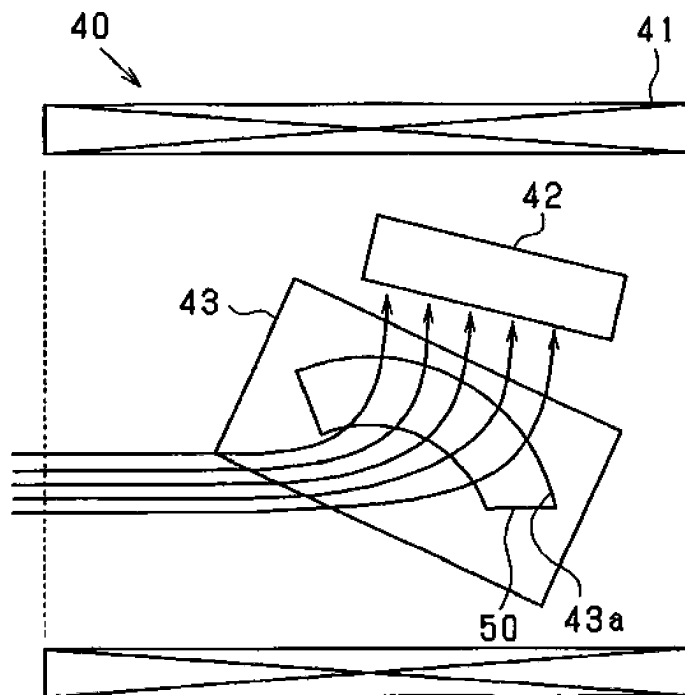


FIG. 6

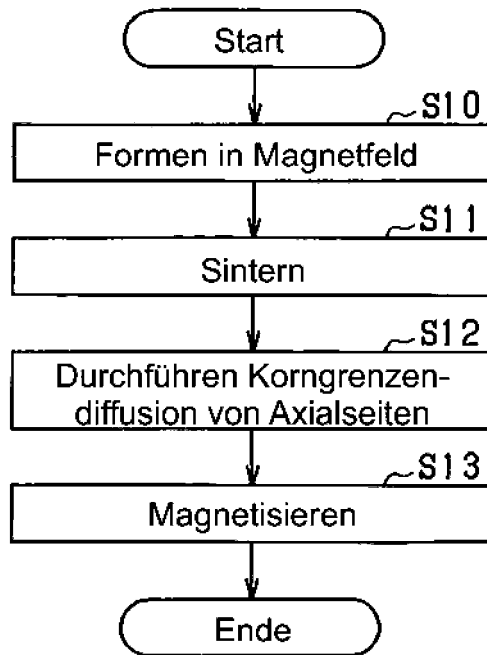


FIG. 7

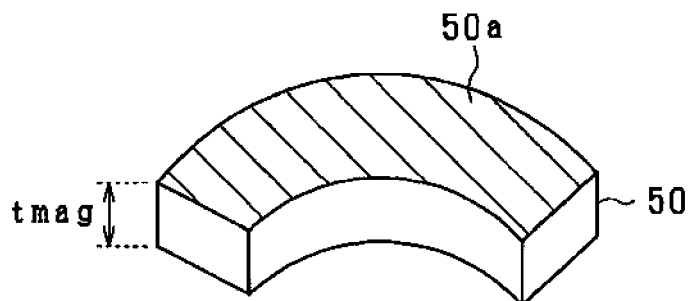


FIG. 8

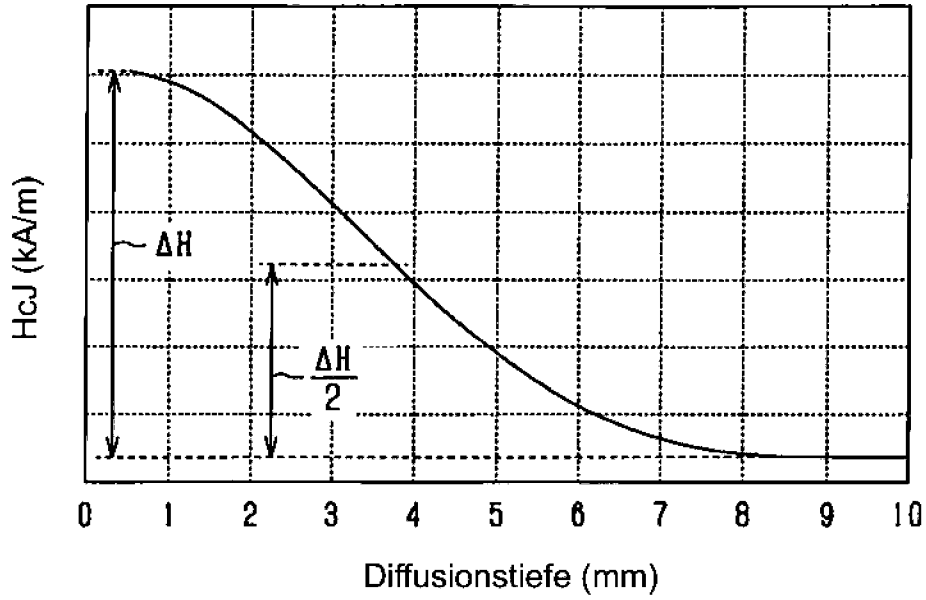


FIG. 9

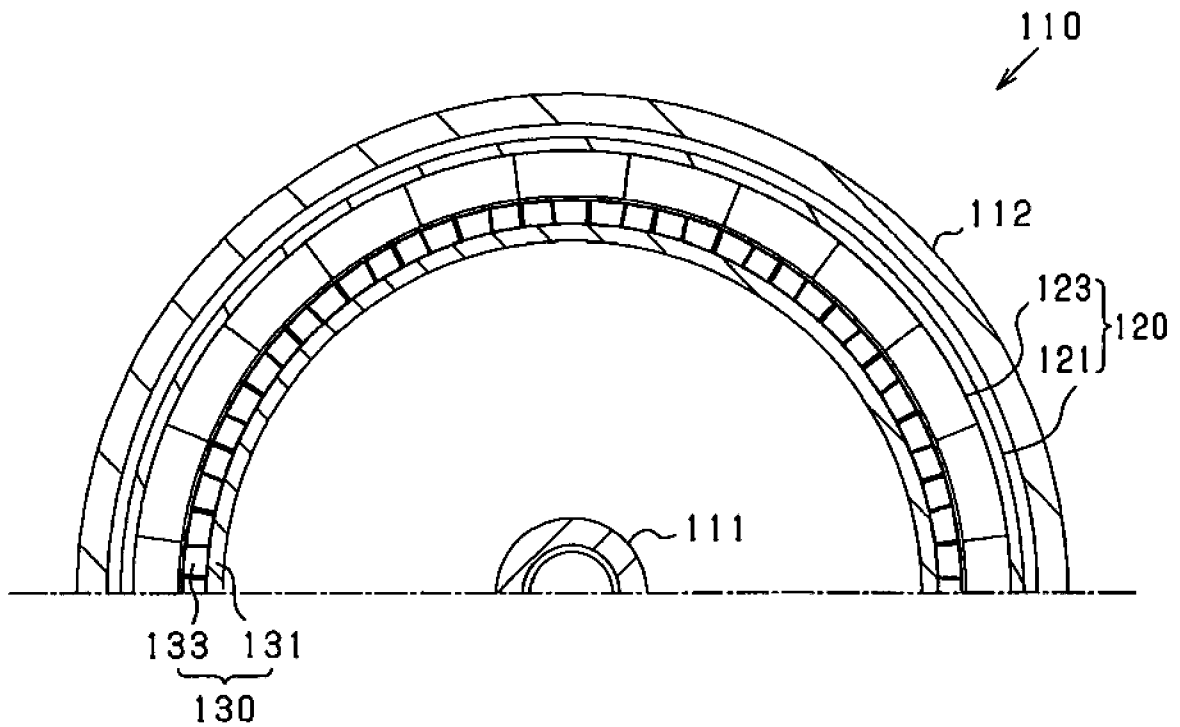


FIG. 10

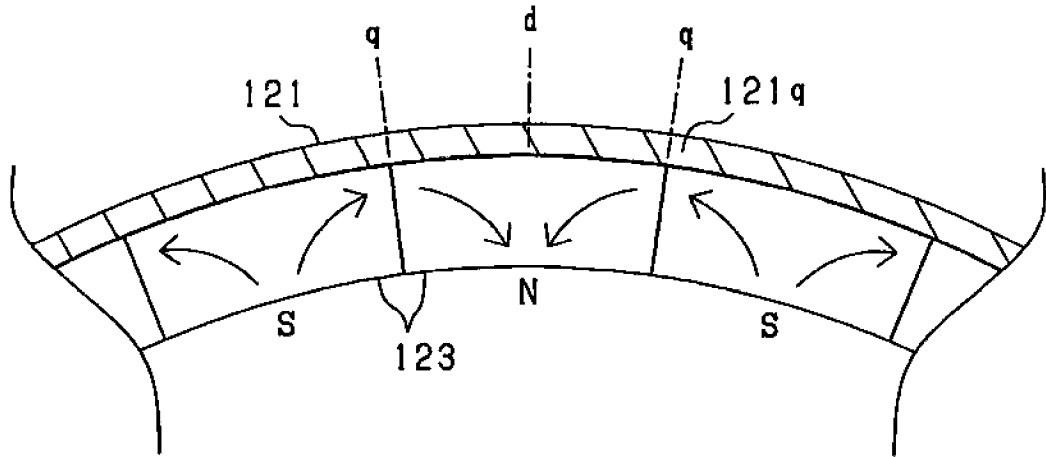


FIG. 11

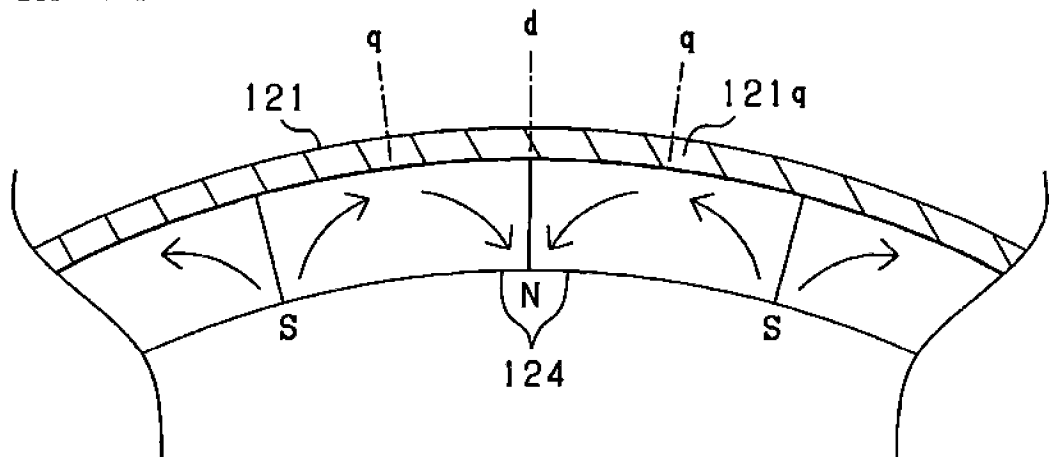


FIG. 12

