



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2009 031 874 A1 2010.01.14**

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 031 874.7**

(22) Anmeldetag: **06.07.2009**

(43) Offenlegungstag: **14.01.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02K 15/14 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**2008-177304 07.07.2008 JP**

(71) Anmelder:

**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

(74) Vertreter:

**Kuhnen & Wacker Patent- und  
 Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising**

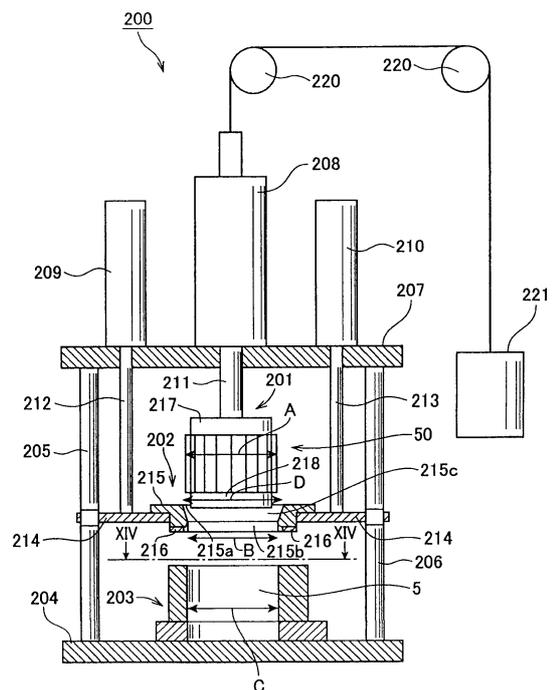
(72) Erfinder:

**Akimoto, Akito, Kariya-city, Aichi-pref., JP;  
 Moriguchi, Keigo, Kariya-city, Aichi-pref., JP;  
 Hayashi, Seiji, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung eines Stators für rotierende elektrische Maschinen**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Stators für eine rotierende elektrische Maschine durch Schrumpfbefestigung eines äußeren Zylinders an einer Kernanordnung geschaffen, wobei eine käfigförmige gewickelte Wicklung mit Segmentkernen vereinigt wird. Die Anordnung wird in den äußeren Zylinder, welcher einen durch thermische Ausdehnung aufgrund der Wärme von einer Heizeinheit vergrößerten Durchmesser hat, eingesetzt, während der Außendurchmesser der Anordnung dadurch reduziert wird, dass man die Anordnung durch eine konische Führungseinheit wandern lässt. Die Führungseinheit hat einen Abschnitt, dessen Durchmesser größer als ein Außendurchmesser der Anordnung ist, und einen Abschnitt, dessen Durchmesser größer als ein Innendurchmesser des äußeren Zylinders ist und kleiner als ein Innendurchmesser dieses Zylinders in thermisch ausgedehntem Zustand ist, sowie eine verjüngte Durchgangsöffnung, welche vertikal durch die Führungseinheit verläuft. Somit wird die Größe der Anordnung radial reduziert, wobei ein gleichförmiger Durchmesser über die gesamte Anordnung hin erreicht wird.



**Beschreibung**

## QUERBEZUG AUF EINE ZUGEHÖRIGE ANMELDUNG

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung basiert auf der früheren japanischen Patentanmeldung Nr. 2008-177304, eingereicht am 7. Juli 2008, und beansprucht die Priorität dieser Anmeldung. Die Beschreibung der japanischen Anmeldung wird hier durch Bezugnahme eingeführt.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

(Gebiet der Erfindung)

**[0002]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Herstellung eines Stators und ein Verfahren zur Herstellung eines Stators für rotierende elektrische Maschinen, und insbesondere auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines Stators für rotierende elektrische Maschinen, bei welchen die Segmentkerne eines herzustellenden Stators bei der Herstellung des Stators für eine rotierende elektrische Maschine durch Schrumpfsitz mit einem äußeren Zylinder verbunden werden.

(Beschreibung des zugehörigen Standes der Technik)

**[0003]** In den letzten Jahren wurde von rotierenden elektrischen Maschinen, welche als Elektromotoren und elektrische Generatoren verwendet werden, geringe Baugröße, hohe Leistung und hohe Qualität gefordert. Nimmt man als Beispiel rotierende elektrische Maschinen, welche auf Fahrzeugen montiert werden, dann hat sich der Raum zur Aufnahme einer solchen rotierenden elektrischen Maschine mehr und mehr verringert, während der Ausgang weiter vergrößert werden musste.

**[0004]** Bekannt gewordene rotierende elektrische Maschinen enthalten solche, welche mit einem Stator versehen sind, der eine Statorwicklung aufweist, die aus kontinuierlichen Windungen hergestellt ist, wie in dem japanischen Patent Nr. 3894004 geoffenbart ist. In dem Stator einer solchen rotierenden elektrischen Maschine dienen zwölf Drähte zur Bildung einer Dreiphasenwicklung der Statorwicklung. Demgemäß hat der Stator einen Aufbau, bei welchem 24 Drahtenden axial von einer axialen Stirnfläche des Statorkerns wegstehen. Aus diesem Grunde benötigt diese Art des Stators einen großen Raum außerhalb der axialen Stirnfläche des Statorkerns, so dass die Drahtenden miteinander verbunden werden können. Dies jedoch schafft ein Problem der Vergrößerung der axialen Abmessungen der Motoren.

**[0005]** Um diesem Problem zu begegnen wurde in Betracht gezogen, die Größe eines Stators durch

Verminderung der Größe der Statorwicklung herabzudrücken.

**[0006]** Zwischenzeitlich ist als Beispiel eines Verfahrens zur Herstellung von Statoren mit kontinuierlichen Wicklungen das folgende Verfahren bekannt geworden. Bei dem Verfahren wird zunächst eine Anzahl geformter Drähte aus elektrisch leitfähigem Draht hergestellt, in welchen jeweils eine Anzahl gerader Abschnitte nebeneinander liegen und miteinander über gebogene Abschnitte verbunden sind. Dann werden diese geformten Drähte vereinigt, um einen einheitlichen Körper zu bilden. In dem einheitlichen Körper bildet ein geformter Draht ein Paar mit einem anderen geformten Draht und eine Anzahl solcher geformter Drahtpaare werden in Längsrichtung des einheitlichen Körpers nebeneinander gelegt. In jedem der geformten Drahtpaare, welche sich zu dem einheitlichen Körper zusammensetzen, liegt die Anzahl von geraden Abschnitten eines geformten Drahtes übereinander auf der jeweiligen Anzahl gerader Abschnitte des anderen geformten Drahtes zur Bildung einer Mehrzahl von geraden übereinanderliegenden Abschnitten in der Längsrichtung des einheitlichen Körpers.

**[0007]** Auf diese Weise werden die Mehrheiten der geraden übereinanderliegenden Abschnitte in der Längsrichtung des einheitlichen Körpers nebeneinander gelegt. Der einheitliche Körper wird dann mit einer vorbestimmten Anzahl von Umschlingungen um einen Kern gewickelt, um so einen Wicklungskörper zu bilden. In dem Wicklungskörper sind die Anzahlen von geraden, übereinanderliegenden Abschnitten in jedem geformten Drahtpaar radial übereinander gestapelt, um eine Anzahl von geraden Stapelabschnitten in der Umfangsrichtung auszubilden. Der auf diese Weise erhaltene Wicklungskörper dient als zylindrische, käfigartige Statorwicklung. Beim Zusammenbau dieser Statorwicklung mit einem Stator Kern wird jeder der geraden Stapelabschnitte in einer jeweiligen Nut des Statorkerns untergebracht, während die gebogenen Abschnitte außerhalb der Nuten liegen.

**[0008]** Es ist jedoch ziemlich schwierig, eine derartige zylindrische, käfigartige Statorwicklung in einen einstückigen Stator Kern einzubauen, welcher bereits die Gestalt eines Kernes hat. Um dem zu begegnen, werden Segmentkerne verwendet, welche jeweils eine Gestalt haben, welche aus einer umfangmäßigen Unterteilung eines ringförmigen Kernes in eine Mehrzahl von Einzelstücken resultiert. Die Verwendung solcher Segmentkerne gestattet es, dass die Segmentkerne einzeln in die zylindrische, käfigartige Statorwicklung von außen her eingesetzt werden und dann die Gesamtheit in einen äußeren Zylinder einzusetzen, um den Stator herzustellen. Dieses Einsetzen in den äußeren Zylinder wird unter Verwendung einer sogenannten Schrumpfsitz-Befestigungsme-

thode durchgeführt.

**[0009]** Bei der Durchführung der Schrumpfsitz-Befestigung muss der Stator Kern, in welchem eine Anzahl von Segmentkernen umfangsmäßig angeordnet ist, gleichmäßig in Radialrichtung von der Seite des Außenumfanges her schrumpfen. Anderenfalls wird der Stator Kern verformt und somit kann die für eine rotierende elektrische Maschine erforderliche Kreisförmigkeit (beispielsweise 0,05 mm) nicht eingehalten werden. Da der Stator Kern tatsächlich längs des Umfanges unterteilt worden ist, ist es schwierig, den Stator Kern gleichmäßig zu schrumpfen. Aus diesem Grunde haben Segmentkerne das Problem der Schwierigkeit des Erreichens einer Schrumpfbefestigung mit gleichförmigem Durchmesser über den ganzen Stator Kern hin geschaffen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0010]** Die vorliegende Erfindung wurde im Lichte der oben beschriebenen Umstände geschaffen und hat als Ziel, eine Lösung für ein leichtes und gleichförmiges Durchführen einer radialen Schrumpfung eines Stator Kernes zu erreichen, bei welchem Segmentkerne längs des Umfanges angeordnet sind, so dass ein gleichförmiger Durchmesser für den Stator Kern erreicht werden kann.

**[0011]** Um das oben angegebene Problem zu lösen enthält eine Vorrichtung zur Herstellung des Stators nach der Erfindung für eine rotierende elektrische Maschine durch Schrumpfbefestigung eines äußeren Zylinders an einer Kernanordnung mit einer Mehrzahl von Phasenwicklungen, welche so gewickelt sind, dass sich eine käfigförmige Spule oder Wicklung ergibt, mit Segmentkernen, welche einen Stator Kern bilden, der um den Außenumfang der käfigförmigen Wicklung oder Spule zusammengebaut ist, folgendes:

eine konische Führungseinheit, enthaltend: einen Abschnitt großen Durchmessers, wobei der Durchmesser größer als ein Außendurchmesser des Kernes des Stators ist; einen Abschnitt kleinen Durchmessers, wobei der Durchmesser größer als ein Innendurchmesser des äußeren Zylinders ist und kleiner als ein Innendurchmesser des äußeren Zylinders in einem thermisch ausgedehnten Zustand, und einer Durchgangsöffnung mit einer Verjüngung, wobei die Durchgangsöffnung durch die konische Führungseinheit von dem Abschnitt großen Durchmessers zu dem Abschnitt kleinen Durchmessers verläuft; und wobei die Vorrichtung weiter folgendes enthält: eine Heizeinheit, welche den äußeren Zylinder erwärmt und thermisch ausdehnt, um einen Innendurchmesser des äußeren Zylinders zu vergrößern; eine Antriebseinheit, welche den Stator Kern in den äußeren Zylinder einsetzt, während ein Außendurchmesser des Stator Kernes vermindert wird, indem veranlasst wird, dass der Stator Kern durch die Durchgangsöff-

nung auf und längs der Verjüngung der Durchgangsöffnung von einer Seite des Abschnittes großen Durchmessers zu einer Seite des Abschnittes mit kleinem Durchmesser der konischen Führungseinheit wandert; und eine Steuereinheit, welche eine Steuerung in solcher Weise durchführt, dass der Stator Kern, welcher einen durch die Antriebseinheit reduzierten Durchmesser hat, in den äußeren Zylinder eingesetzt wird, welcher thermisch ausgedehnt ist, um seinen Innendurchmesser zu vergrößern.

**[0012]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Antriebseinheit so ausgebildet, dass sie den Außendurchmesser des Stator Kernes reduziert, indem der Stator Kern dazu veranlasst wird, auf und längs der Verjüngung der Durchgangsöffnung zu wandern, welche in der konischen Führungseinheit gebildet ist. Somit kann ein gleichförmiger Durchmesser über den Stator Kern hin verteilt erzielt werden. Insbesondere kann die Kreisförmigkeitstoleranz (welche durch den Unterschied zwischen dem Radius des maximalen Inkreises und demjenigen des minimalen Umkreises ausgedrückt wird) des Stator Kernes, bezogen auf seinen Innendurchmesser, auf 0,05 mm oder weniger vermindert werden.

**[0013]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Antriebseinheit so ausgebildet, dass sie den Stator Kern in den äußeren Zylinder einsetzt, während der Durchmesser des Stator Kernes dadurch verringert ist, dass man den Stator Kern auf und längs der Verjüngung der Durchgangsöffnung wandern lässt, die in der konischen Führungseinheit gebildet ist. Die radiale Verringerung und das Einsetzen in den äußeren Zylinder (Schrumpfbefestigung) kann somit durch einen einzigen Schritt erreicht werden.

**[0014]** Es ist vorteilhaft, wenn ein Wärmeisolationsteil an einem Abschnitt der konischen Führungseinheit vorgesehen ist, wobei der Abschnitt in Kontakt mit der Erwärmungseinheit gebracht ist, wenn der Stator Kern mit dem reduzierten Durchmesser in den äußeren Zylinder mit dem vergrößerten Durchmesser eingesetzt wird.

**[0015]** Ohne das Wärmeisolationsteil wird die konische Führungseinheit, wenn sie in Kontakt mit der Heizeinheit kommt, aufgeheizt und thermisch ausgedehnt, was die Reduktion des Durchmessers des Stator Kernes auf ein gewünschtes kleines Maß unmöglich macht. Andererseits kann das Wärmeisolationsteil, wenn es vorgesehen ist, verhindern, dass Wärme von der Heizeinheit auf die konische Führungseinheit übertragen wird, wenn die konische Führungseinheit in Kontakt mit der Heizeinheit kommt. Aus diesem Grunde kann der Durchmesser des Stator Kernes leicht auf die gewünschte Größe reduziert werden, ohne dass die konische Führungseinheit thermisch ausgedehnt wird, nämlich in einer Konfiguration, in welcher die konische Führungsein-

heit in Kontakt mit der Heizeinheit für ein sanftes Einsetzen des Statorkerns in den äußeren Zylinder kommt.

**[0016]** Es ist vorzuziehen, dass der Statorkern durch Laminieren einer Vielzahl von Stahlblechen in einer Richtung gebildet wird, längs welcher der Statorkern in den äußeren Zylinder eingesetzt wird; und dass die Antriebseinheit mit Presseinheiten versehen ist, welche vertikal in einer Richtung des Einsetzens des Statorkerns in den äußeren Zylinder angeordnet sind, so dass der Statorkern von den Presseinheiten gehalten werden kann.

**[0017]** Jeder der Segmentkerne ist durch Laminieren von Elektromagnetstahlblechen gebildet. Die Richtung des Laminierens stimmt mit der Richtung des Einsetzens des Statorkerns in den äußeren Zylinder überein, d. h., die Richtung, in welcher die Durchgangsöffnung in der konischen Führungseinheit für das Einsetzen des Statorkerns gebildet ist. Beim Einsetzen des Statorkerns in die Durchgangsöffnung und in den äußeren Zylinder wird daher auf die Segmentkerne eine äußere Kraft ausgeübt, welche gegen die Richtung des Einsetzens wirksam ist, d. h. eine äußere Kraft, welche in der Richtung eines Abschälens der laminierten elektromagnetischen Stahlbleche wirkt.

**[0018]** In dieser Hinsicht können die Presseinheiten, wenn sie vorgesehen sind, die radiale Ausdehnung des Statorkerns unterdrücken, wenn der Statorkern in den äußeren Zylinder eingesetzt wird. Man kann somit verhindern, dass die elektromagnetischen Stahlbleche abgeschält werden oder irgendeinen Schaden erleiden, wenn der Statorkern in die Durchgangsöffnung oder in den äußeren Zylinder eingesetzt wird.

**[0019]** Um das oben dargestellte Problem zu lösen enthält ein Statorherstellungsverfahren nach der vorliegenden Erfindung zur Herstellung eines Stators einer rotierenden elektrischen Maschine durch Schrumpfsitzbefestigung eines äußeren Zylinders an einer Kernanordnung mit einer Anzahl von Phasewicklungen, welche so gewickelt sind, dass sich eine käfigartige Wicklung ergibt, mit Segmentkernen, welche einen Statorkern bilden und an den Außenumfang der käfigartigen Wicklung angesetzt sind, folgendes: einen Schritt der Erhitzung des äußeren Zylinders derart, dass er sich thermisch ausdehnt, um einen Durchmesser des Zylinders zu vergrößern; einen Schritt des Einsetzens der Kernanordnung in den äußeren Zylinder, dessen Durchmesser durch thermische Ausdehnung vergrößert worden ist unter Verwendung einer konischen Führungseinheit, während ein Außendurchmesser der Kernanordnung reduziert wird, wobei die konische Führungseinheit folgendes enthält: einen Abschnitt großen Durchmessers, dessen Durchmesser größer als ein Außendurchmesser

des Kerns des Stators ist, einen Abschnitt kleinen Durchmessers, dessen Durchmesser größer als ein Innendurchmesser des äußeren Zylinders ist und kleiner als ein Innendurchmesser des äußeren Zylinders in thermisch ausgedehntem Zustand, und eine Durchgangsöffnung mit einer Abschrägung wobei die Durchgangsöffnung durch die konische Führungseinheit von Abschnitt großen Durchmesser zu dem Abschnitt kleinen Durchmessers verläuft und der Außendurchmesser der Kernanordnung reduziert wird, indem man die Kernanordnung durch die Durchgangsöffnung auf und längs ihrer Verjüngung von einer Seite des Abschnittes großen Durchmessers zu einer Seite des Abschnittes kleinen Durchmessers der konischen Führungseinheit wandern lässt; und einen Schritt der Abkühlung des äußeren Zylinders zur Verminderung seines Durchmessers unmittelbar nach dem Schritt des Einsetzens.

**[0020]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird der Außendurchmesser des Statorkerns dadurch reduziert, dass man den Statorkern auf und längs der Verjüngung der Durchgangsöffnung wandern lässt, welche in der verjüngten Führungseinheit gebildet ist. Somit kann ein gleichförmiger Durchmesser über den Statorkern hin erhalten werden. Insbesondere kann die Toleranz der Gleichförmigkeit (welche durch die Differenz zwischen dem Radius eines maximalen Irkrees und dem eines minimalen Umkreises ausgedrückt wird) des Statorkerns mit Bezug auf seinen Innendurchmesser auf 0.05 mm oder weniger verringert werden.

**[0021]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird der Statorkern in den äußeren Zylinder eingesetzt, während der Durchmesser des Statorkerns dadurch reduziert wird, dass man den Statorkern auf und längs der Verjüngung der Durchgangsöffnung wandern lässt, welche in der konischen Führungseinheit gebildet ist. Dadurch kann die radiale Verringerung und das Einsetzen in den äußeren Zylinder (die Schrumpfsitzbefestigung) durch einen einzigen Schritt erreicht werden.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0022]** In den begleitenden Zeichnungen zeigen:

**[0023]** [Fig. 1](#) eine schematische axiale Querschnittsansicht, welche einen Aufbau einer rotierenden elektrischen Maschine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0024]** [Fig. 2](#) eine perspektivische Ansicht, welche einen Stator gemäß der genannten Ausführungsform zeigt;

**[0025]** [Fig. 3](#) eine Aufsicht, welche einen Statorkern gemäß der Ausführungsform wiedergibt;

[0026] [Fig. 4](#) eine Aufsicht auf einen laminierten Segmentkern gemäß der genannten Ausführungsform;

[0027] [Fig. 5](#) eine Aufsicht, welche einen Stator Kern gemäß einer Modifikation zeigt;

[0028] [Fig. 6](#) eine Aufsicht, welche einen laminierten Segmentkern gemäß der genannten Modifikation wiedergibt;

[0029] [Fig. 7A](#) eine Querschnittsansicht, welche einen Windungsaufbau einer Statorwicklung in einer Schnittebene senkrecht zur Längsrichtung der Windung gemäß der genannten Ausführungsform zeigt;

[0030] [Fig. 7B](#) eine Querschnittsansicht einer Modifikation der Windung, welche in [Fig. 7A](#) gezeigt ist;

[0031] [Fig. 8](#) eine Darstellung einer Verbindung der Statorwicklung gemäß der genannten Ausführungsform;

[0032] [Fig. 9](#) eine perspektivische Ansicht, welche einen gewickelten Körper wiedergibt, welcher die Statorwicklung gemäß der genannten Ausführungsform ist;

[0033] [Fig. 10](#) eine Abwicklung, welche die Statorwicklung zeigt, oder eine Aufsicht auf einen vereinigten Körper, bevor dieser als die Statorwicklung gemäß der genannten Ausführungsform aufgerollt wird;

[0034] [Fig. 11](#) eine perspektivische Ansicht, welche eine Anordnung gemäß der genannten Ausführungsform darstellt;

[0035] [Fig. 12](#) eine perspektivische Ansicht, welche einen äußeren Zylinder gemäß der genannten Ausführungsform wiedergibt;

[0036] [Fig. 13](#) eine schematische Querschnitts-Seitenansicht, welche den Aufbau einer Statorherstellungsvorrichtung gemäß der genannten Ausführungsform zeigt;

[0037] [Fig. 14](#) eine Aufsicht, welche eine Heizeinheit bei Blickrichtung aus einer Richtung IV wiedergibt, welche in [Fig. 13](#) eingezeichnet ist;

[0038] [Fig. 15](#) eine Querschnitts-Seitenansicht der Heizeinheit bei Blickrichtung aus der Richtung V, wie sie in [Fig. 14](#) eingezeichnet ist;

[0039] [Fig. 16](#) eine Querschnitts-Seitenansicht, welche eine Trägereinheit, welche in [Fig. 13](#) dargestellt ist, in einem Zustand vor Beladung mit der Anordnung darstellt;

[0040] [Fig. 17](#) eine Querschnitts-Seitenansicht,

welche die Trägereinheit, wie sie in [Fig. 13](#) gezeigt ist, in einem Zustand darstellt, nachdem sie mit der Anordnung beladen worden ist;

[0041] [Fig. 18](#) ein Blockschaltbild, welches den Aufbau für die Steuerung des Betriebes der Statorherstellungsvorrichtung gemäß [Fig. 13](#) zeigt;

[0042] [Fig. 19](#) ein Flussdiagramm, welches den Verarbeitungsfluss der Steuerung zeigt, welche durch eine Steuereinheit der Statorherstellungsvorrichtung gemäß [Fig. 13](#) durchgeführt wird;

[0043] [Fig. 20](#) eine schematische Seitenansicht, welche einen Betriebszustand der Statorherstellungsvorrichtung gemäß [Fig. 13](#) zeigt;

[0044] [Fig. 21](#) eine schematische Seitenansicht, welche einen Betriebszustand der Statorherstellungsvorrichtung gemäß [Fig. 13](#) auf den Zustand gemäß [Fig. 20](#) folgend zeigt;

[0045] [Fig. 22](#) eine schematische Seitenansicht, welche einen Betriebszustand der Statorherstellungsvorrichtung gemäß [Fig. 13](#) auf den Zustand gemäß [Fig. 21](#) folgend darstellt; und

[0046] [Fig. 23](#) eine schematische Seitenansicht, welche einen Betriebszustand der Statorherstellungsvorrichtung gemäß [Fig. 13](#) auf den Zustand gemäß [Fig. 22](#) folgend darstellt.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0047] Unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen werden nachfolgend im Einzelnen eine Statorherstellungsvorrichtung und ein Statorherstellungsverfahren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die hier beschriebene Ausführungsform ist nur ein Beispiel und somit sollen die Statorherstellungsvorrichtung und das Statorherstellungsverfahren gemäß der Erfindung nicht auf die unten angegebene Ausführungsform beschränkt angesehen werden. Die Statorherstellungsvorrichtung und das Statorherstellungsverfahren der vorliegenden Erfindung können in vielerlei Weisen nach Modifizierung und/oder Verbesserung etwa, durch einen Fachmann in einem Rahmen verwirklicht werden, welcher nicht von der grundsätzlichen Lehre gemäß der Erfindung abweicht.

[0048] Zuerst wird nachfolgend ein Aufbau einer rotierenden elektrischen Maschine 1 beschrieben, welche einen Stator verwendet, wie er unter Einsatz einer Statorherstellungsvorrichtung und eines Statorherstellungsverfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung erhalten wird.

[0049] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, enthält die rotierende

elektrische Maschine **1** folgendes: ein Gehäuse **10**, welches durch Verbinden der Öffnungen eines Paares im wesentlichen zylindrischer, mit Boden versehener Gehäuseteile **100**, **101** gebildet ist; eine drehende Welle **20**, welche durch das Gehäuse **10** über Lager **110**, **111** drehbar abgestützt ist; einen Rotor **2**, welcher auf der Welle **20** befestigt ist; und einen Stator **3**, welcher an dem Gehäuse **10** in einer Position befestigt ist, in welcher er den Rotor **2** in dem Gehäuse **10** umgibt.

[0050] Der Rotor **2** enthält Permanentmagneten, welche in Umfangsrichtung eine Anzahl von sich abwechselnden unterschiedlichen Polen am Außenumfang des Rotors **2** ausbilden, nämlich auf der Seite, welche dem Innenumfang des Stators **3** gegenübersteht. Die Anzahl der Pole des Rotors **2** hängt von der betreffenden rotierenden elektrischen Maschine ab und kann variieren. Die vorliegende Ausführungsform hat einen Rotor mit acht Polen (vier Nordpolen und vier Südpolen). Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, ist der Stator **3** aus einem Stator Kern **30**, einer dreiphasigen Statorwicklung **4**, die aus einer Anzahl von Phasenwicklungen gebildet ist, und einem äußeren Zylinder **5** aufgebaut, in welchen der Stator Kern **30** eingesetzt ist.

[0051] Wie aus [Fig. 3](#) zu ersehen, hat der Stator Kern **30** ringförmige Gestalt mit einer Vielzahl von Nuten **31**, die in seiner Innenumfangsfläche gebildet sind. Die Vielzahl von Nuten **31** ist so ausgebildet, dass ihre Tiefenrichtung mit der Radialrichtung zusammenfällt. Die Anzahl der Nuten **31**, welche in dem Stator Kern **30** gebildet sind, ist derart gewählt, dass zwei Nuten einer Phase der Statorwicklung **4** für jeden der Pole des Rotors **2** zugeordnet sind. Demgemäß sind bei der vorliegenden Ausführungsform **48** Nuten vorgesehen, wie sich aus der Rechnung ergibt:  $8 \text{ (Pole)} \times 3 \text{ (Phasen)} \times 2 \text{ (Nuten)} = 48$ .

[0052] Der Stator Kern **30** wird durch umfangmäßiges Verbinden einer vorbestimmten Anzahl (beim vorliegenden Ausführungsbeispiel **24**) Segmentkernen **32** gebildet, wie sie in [Fig. 4](#) gezeigt sind. Jeder Segment Kern **32** definiert eine Nut **31**, und gleichzeitig definieren jeweils zwei in Umfangsrichtung benachbarte Segmentkerne **32** eine Nut **31**. Im Einzelnen weist jeder Segment Kern **32** ein Paar von Zähnen **320**, welche sich radial nach einwärts erstrecken, und einen Kernrücken **321** auf, welcher die Zähne **320** auf der radial äußeren Seite miteinander verbindet.

[0053] Die Segmentkerne **32**, welche den Stator Kern **30** bilden, sind jeweils aus laminierten Elektromagnetstahlblechen gebildet. Ein Isolationsfilm ist zwischen den laminierten Elektromagnetstahlblechen vorgesehen. Die Segmentkerne **32**, welche den Stator Kern **30** bilden, brauchen nicht nur aus solchen laminierten Körpern aus Elektromagnetstahlblechen

gebildet sein, sondern können auch aus bekannten dünnen Metallblechen und isolierenden Filmen aufgebaut sein.

[0054] Die Form des Stator Kerns, welcher auf die vorliegende Erfindung anwendbar ist, ist nicht nur auf diejenige beschränkt, welche in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt ist, sondern kann auch beispielsweise eine solche sein, wie sie in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt ist.

[0055] Am Beispiel eines Stator Kerns **1030**, welcher in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt ist, ist durch umfangmäßiges Verbinden von Segmentkernen **1032** hergestellt, um eine ringförmige Gestalt zu erzeugen, mit einer Vielzahl von Nuten **1031**, die in der Innenumfangsfläche ausgebildet sind. Jeder Segment Kern **1032** definiert eine Nut **1031** und gleichzeitig definieren zwei umfangmäßig benachbarte Segmentkerne **1032** jeweils eine Nut **1031**. Jede Nut **1031** wird durch zwei zueinander benachbarte radial einwärts weisende Zähne **1320** begrenzt. Jeder Kernrücken **1321** hat bei diesem Beispiel eine Form, welche nicht eine Überlagerung durch einen anderen Segment Kern **1032** in der Radialrichtung zulässt. Die Anzahl von Segmentkernen **1032**, ihr Material und dergleichen sind dieselben wie bei den Segmentkernen **32**, welche in [Fig. 4](#) gezeigt sind.

[0056] Die Statorwicklung **4** wird durch Aufrollen einer Vielzahl von Windungen **40** unter Verwendung einer vorbestimmten Wicklungsmethode gebildet. Wie in [Fig. 7A](#) gezeigt, ist jede der Windungen **40**, welche die Statorwicklung **4** bilden aus einem Kupferleiter **41** und einem isolierenden Film **42** hergestellt, welcher aus einer Innenlage **420** und einer Außenlage **421** besteht, welche die Außenfläche des Leiters **41** als Isolation umgeben.

[0057] Der isolierende Film **42** besteht also aus der inneren und der äußeren Lage **420** und **421** und hat eine große Dicke, welche es unnötig macht, Stücke aus Isolationspapier zwischen die Windungen **40** einzusetzen, um die Isolation dazwischen sicherzustellen. Es können aber Stücke aus Isolationspapier zwischen die Windungen **40** oder zwischen den Stator Kern **30** und die Statorwicklung **4** eingebracht werden.

[0058] Wie in [Fig. 7B](#) gezeigt ist, kann ein schmelzbares Material **49**, welches beispielsweise aus einem Epoxidharz hergestellt ist, auf die Außenfläche des Isolationsfilms **42** aufgetragen sein, der aus der inneren Schicht **420** und der äußeren Schicht **421** besteht, um jede Windung **40** der Statorwicklung **4** herzustellen. In diesem Falle schmilzt das schmelzbare Material **49** schneller als der isolierende Film **42** auf Grund der Hitze, welche von der rotierenden elektrischen Maschine **1** erzeugt wird. Aus diesem Grunde wird die Anzahl von Windungen **40**, welche in dersel-

ben Nut **31** angeordnet sind, thermisch durch das schmelzbare Material **49** zusammengeklebt. Dies hat zur Folge, dass die Anzahl von Windungen **40**, welche in der selben Nut **31** angeordnet sind, zu einer Einheit werden, um die Windungen **40** zu einem starren Körper zu machen, wodurch die mechanische Festigkeit der Windungen **40** in der Nut **31** erhöht wird.

[0059] Wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist, wird die Statorwicklung **4** aus drei Phasenwicklungen (U1, U2, V1, V2, W1, W2) gebildet, wobei jede Phase aus zwei Drähten aufgebaut ist.

[0060] Wie in [Fig. 9](#) dargestellt ist die Statorwicklung **4** ein aufgerollter Körper **48**, der durch Aufrollen eines integrierten Körpers **47** (siehe [Fig. 10](#)) erhalten wird, in welchem die Vielzahl von Windungen **40** in einer vorbestimmten Form integriert ist. Die Windungen **40**, welche die Statorwicklung **4** bilden, werden in einer Gestalt hergestellt, in welcher Wellenwicklungen längs des Umfangs und innerhalb des Statorkerns **30** gebildet werden.

[0061] Jede der Windungen **40**, welche die Statorwicklung **4** bilden, enthält geradlinige Abschnitte **43**, welche jeweils in einer jeweiligen Nut **31** des Statorkerns **30** aufgenommen werden (jeder dieser Abschnitte wird hier als ein in der Nut verlaufender Abschnitt **43** bezeichnet), sowie Biegungsabschnitte **44**, welche jeweils benachbarte, in der Nut verlaufende Abschnitte **43** verbinden. Die in der Nut verlaufenden Abschnitte **43** werden jeweils in jeder Nut **31** vorbestimmter Ordnung untergebracht (im vorliegenden Ausführungsbeispiel jede sechste Nut **31**, wie sich aus der Rechnung ergibt:  $3 \text{ (Phasen)} \times 2 \text{ (Nuten)} = 6 \text{ (Nuten)}$ ). Die Biegungsabschnitte werden so geformt, dass sie axial von jeder Stirnfläche des Rotorkerns **30** vorstehen.

[0062] Die Statorwicklung **4** wird in solcher Weise gebildet, dass die beiden Enden jeder der Anzahl von Windungen **40** von einer axialen Stirnfläche des Statorkerns **30** wegstehen und dass die Anzahl von Windungen **40** in der Art einer Wellenwicklung in Umfangsrichtung gewickelt wird. Eine Phase der Statorwicklung **4** wird durch gegenseitiges Verbinden der Enden einer ersten Windung **40a** und einer zweiten Windung **40b** durch Schweißung gebildet. Mit anderen Worten, eine Phase der Statorwicklung **4** wird durch ein Paar elektrisch leitfähiger, geformter Drähte gebildet, wobei die Enden gegenseitig verbunden sind.

[0063] Die in der Nut verlaufenden Abschnitte **43** der ersten Windung **40a** und die in der Nut verlaufenden Abschnitte **43** der zweiten Windung **40b** werden in denselben Nuten **31** untergebracht. In dieser Hinsicht werden die in der Nut verlaufenden Abschnitte **43** der ersten Windung **40a** sicher positioniert, indem

sie sich mit den in der Nut verlaufenden Abschnitten **43** der zweiten Windung **40b** in Tiefenrichtung der einzelnen Nuten **31** abwechseln. Eine Verbindung **45** zwischen der ersten Windung und der zweiten Windung **40a** beziehungsweise **40b** wird in dem in der Nut verlaufenden Abschnitt **43** gebildet, der als ein Rückleitungsabschnitt **46** dient. Die Wicklungsrichtung der ersten Windung **40a** und der zweiten Windung **40b** kehrt an dem Rückleitungsabschnitt **46** um.

[0064] [Fig. 10](#) ist eine Abwicklungsansicht, welche die Statorwicklung **4** zeigt, oder eine Aufsicht, welche den integrierten Körper **47** vor dem Aufrollen zeigt. Die Statorwicklung **4** hat sechs Paare von ersten und zweiten Windungen **40a**, **40b**, welche unterschiedliche Wicklungsrichtungen haben. Eine Wicklung von 3 Phasen (U, V, W)  $\times$  2 Nuten (Doppelnutwicklung) wird unter Verwendung dieser sechs Paare von Windungen hergestellt. In jedem Paar wird das Ende der ersten Windung **40a**, welches dem Ende auf der Seite des neutralen Punktes (oder der Seite des Phasenanschlusses) gegenüberliegt, mit dem Ende der zweiten Windung **40b** verbunden, welches dem Ende auf der Seite des Phasenanschlusses (oder der Seite des neutralen Punktes) gegenüberliegt, was über den in der Nut verlaufenden Abschnitt **43** geschieht, der der Rückleitungsabschnitt **46** ist. Dieselbe Verbindungsmethode wird für die einzelnen Phasen der Windungen **40** verwendet.

[0065] Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung des Stators **3** beschrieben. Kurz gesagt wird bei dem Verfahren der Statorkern **30** in die Statorwicklung **4** (den aufgerollten Körper **48**) hinein zusammengebaut, um eine Anordnung **50** (siehe [Fig. 11](#)) zu erhalten, welche dann eine Schrumpfsitzbefestigung an dem äußeren Zylinder **5** erfährt, um den Stator **3** zu erhalten. Die Anordnung **50** bildet die Kernanordnung nach der vorliegenden Erfindung.

[0066] Wenn in der folgenden Beschreibung „radial“ oder „in radialer Weise“ verwendet wird, dann bezieht sich der Ausdruck auf die Radialrichtung eines Kernteiles oder eines Wicklungskörpers. Wenn ferner der Ausdruck „umfangsmäßig“ oder „umfangsweiser“ verwendet wird, dann bezieht sich der Ausdruck auf die Umfangsrichtung des Kernteiles oder des Wicklungskörpers.

(Formungsschritt)

[0067] Zuerst werden 12 geformte Drähte aus zwölf elektrisch leitfähigen Drähten hergestellt. Jeder der geformten Drähte enthält hier eine Anzahl von geraden Abschnitten **431**, welche sich parallel zueinander erstrecken und in Längsrichtung des geformten Drahtes nebeneinander liegen, und eine Anzahl von Biegungsabschnitten **44** zur Verbindung der benachbarten geradlinigen Abschnitte **431** miteinander abwechselnd auf der einen Seite und auf der anderen

Seite.

(Integrationschritt)

**[0068]** Zwölf geformte Drähte werden miteinander vereinigt, um den integrierten Körper **47** zu bilden. In dem integrierten Körper **47** liegen sechs Paare von geformten Drähten in Längsrichtung des integrierten Körpers **47** nebeneinander.

**[0069]** Jedes der Paare besteht aus der ersten Windung **40a** und der zweiten Windung **40b**, welche jeweils aus den geformten Drähten aufgebaut sind.

**[0070]** Die Enden der ersten und zweiten Windungen **40a**, **40b** in jedem Paar werden durch Schweißung verbunden, um die Verbindung **45** herzustellen. Es sei bemerkt, dass die zwölf geformten Drähte erst vereinigt werden können, gefolgt von der Verbindung der Enden der ersten und zweiten Windungen **40a**, **40b** jedes Paares, oder die Enden der ersten und zweiten Windungen **40a**, **40b** können erst verbunden werden, gefolgt von der Vereinigung der sechs Paare.

**[0071]** In jedem Paar von Windungen in dem integrierten Körper **47** liegt die Anzahl von geraden Abschnitten **431** der ersten Windung **40a** und die Anzahl der geraden Abschnitte **431** der zweiten Windung **40b** übereinander, um eine Anzahl von geraden übereinanderliegenden Abschnitten **471** in der Längsrichtung des integrierten Körpers **47** auszubilden. Es dürfen jedoch keine Überlagerungen bezüglich der sechs geradlinigen Abschnitte **431**, welche die Rückleitungsabschnitte **46** enthalten und als Wicklungsstartabschnitte dienen, und bezüglich der sechs geradlinigen Abschnitte **431** auftreten, welche als Wicklungsendabschnitte dienen, wenn der Aufrollschritt ausgeführt wird, der nachfolgend beschrieben wird.

(Aufrollschritt)

**[0072]** Der integrierte Körper **47** wird mit einer vorbestimmten Anzahl von Umdrehungen (beispielsweise 3 oder 4 Umdrehungen) aufgewickelt, so dass die Rückleitungsabschnitte **46** auf der Seite der Achse zu liegen kommen, um den aufgerollten Körper **48** herzustellen, welcher in [Fig. 9](#) gezeigt ist. Beim Aufrollen des integrierten Körpers **47** werden die Biegungsabschnitte **44** plastisch verformt, um einen vorbestimmten Aufrollradius zu erzeugen.

**[0073]** Beispielsweise können die Biegungsabschnitte **44** mittels einer Form gebildet werden, welche eine Vorbestimmte runde Formungsfläche hat, oder mittels einer vorbestimmten Formungswalze. Die Einzelheiten des Aufrollschrittes werden später beschrieben.

**[0074]** Der aufgerollte Körper **48** ist umfangmäßig

mit einer Vielzahl von gestapelten geraden Abschnitten **481** versehen, in welchen jeweils die Anzahl gerader übereinanderliegender Abschnitte **471** eines Paares geformter Drähte in Radialrichtung gestapelt in der Zahl entsprechend der Anzahl von Rolldrehungen vorhanden sind. Im einzelnen liegen in jedem geraden Stapelabschnitt **481** gerade Abschnitte **431** in einer Zahl entsprechend dem doppelten der Anzahl von Umdrehungen radial ausgerichtet übereinander. Die Anzahl von geraden Stapelabschnitten **481** liegt längs des Umfanges mit kleinen Intervallen (Zwischenräumen) dazwischen.

(Zusammenbauschritt)

**[0075]** Ist in dieser Weise der aufgerollte Körper **48** hergestellt, dann werden die Zähne **320** jedes der Segmentkerne **32** radial in die jeweiligen Zwischenräume zwischen benachbarten geraden Stapelabschnitten **481** eingesetzt, um gegenseitig benachbarte Segmentkerne **32** für den Zusammenbau zusammenzufügen, so dass man die Anordnung **50** (siehe [Fig. 11](#)) erhält.

(Einsetzschrift (Schrumpfsitzbefestigungsschritt))

**[0076]** Die Anordnung **50** wird in den äußeren Zylinder **5** (siehe [Fig. 12](#)) eingesetzt und darin befestigt. [Fig. 11](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche die Anordnung **50** zeigt. Wie dargestellt liegt ein Kernrücken **321**, welcher ein axialer Stapel von Segmentkernen **32** ist, an dem Außenumfang der Anordnung **50**. [Fig. 12](#) ist eine perspektivische Darstellung, welche den äußeren Zylinder **5** zeigt. Der äußere Zylinder **5** hat eine Dicke von beispielsweise 2 Millimeter und ist aus für magnetischen Fluss durchlässigem Material hergestellt, beispielsweise aus Stahl niedrigen Kohlenstoffgehaltes. Der äußere Zylinder **5** ist mit Durchgangsbohrungen **5a** versehen, die zur Befestigung des Stators **3** an dem Gehäuse **10** dienen. Der Innendurchmesser des äußeren Zylinders **5** ist vorliegend mit C bezeichnet.

**[0077]** In dem Einsetzschrift des vorliegenden Beispiels wird die Statorherstellungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung verwendet. Das folgende ist eine Beschreibung der Statorherstellungsvorrichtung. [Fig. 13](#) ist eine schematische Querschnitts-Seitenansicht, welche einen Aufbau der Statorherstellungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. [Fig. 13](#) stellt einen Zustand dar, in welchem die Anordnung **50** und der äußere Zylinder **5** an der Statorherstellungsvorrichtung **200** befestigt sind.

**[0078]** Die Statorherstellungsvorrichtung **200** ist mit einer Trägereinheit **201** versehen, welche die Anordnung **50** trägt, ferner mit einer konischen Führungseinheit **202**, welche den Durchmesser des Außenumfanges der Anordnung **50** reduziert, sowie mit einer Heizeinheit **203**, welche den äußeren Zylinder **5** er-

hitzt.

[0079] Die Anordnung **50** ist an der Trägereinheit **201** befestigt, indem sie zwischen einer oberen Presseinheit **217** und einer unteren Presseinheit **218** zur Fixierung eingelagert ist. Die Heizeinheit **203** ist auf einer Basis **204** angeordnet. Tragsäulen **205** und **206** sind fest positioniert zwischen der Basis **204** und einer oberen Platte **207** vorgesehen. Die konische Führungseinheit **202** wird durch eine Tragplatte **214** abgestützt, welche derart vorgesehen ist, dass sie vertikal an den Tragsäulen **205**, **206** bewegbar ist.

[0080] Die Trägereinheit **201** ist an einer Stange **211** eines Luftzylinders **201** befestigt, sodass der Luftzylinder **208** die Trägereinheit **201** anheben und abwärts bewegen kann. Ein Ausgleichgewicht **221** ist über Rollen **220** mit dem Luftzylinder **208** verbunden, um ein Gleichgewicht zwischen dem Gewicht des Ausgleichgewichtes **221** und dem Gewicht der Trägereinheit **201** sicherzustellen.

[0081] Die Tragplatte **214** ist an Stangen **212**, **213** von Luftzylindern **209**, **210** jeweils befestigt, so dass die Luftzylinder **209**, **210** die Tragplatte **214** oder die konische Führungseinheit **202** anheben oder absenken können.

[0082] Die konische Führungseinheit **202** enthält ein ringförmiges Teil **215** mit einem Aufbau, welcher folgendes enthält: einen Abschnitt **215a** großen Durchmessers mit einem Innendurchmesser D, welcher größer ist als ein Außendurchmesser A der Anordnung **50**, welche durch den Statorkern gebildet ist; einen Abschnitt **215b** kleinen Durchmessers mit einem Innendurchmesser B, welcher größer ist als der Innendurchmesser C des äußeren Zylinders **5** und kleiner als ein Innendurchmesser C' des äußeren Zylinders **5** in einem thermisch ausgeweiteten Zustand; und eine Durchgangsöffnung **215c**, welche angeschrägt ist und durch die konische Führungseinheit hindurch von dem Abschnitt **215a** großen Durchmessers zu dem Abschnitt **215b** kleinen Durchmessers reicht. Der Schrägungswinkel der Durchgangsöffnung **215c** ist beispielsweise  $5^\circ$ .

[0083] Der Innendurchmesser B des Abschnittes **215b** kleineren Durchmessers wird größer gemacht als der Innendurchmesser C des äußeren Zylinders **5** um beispielsweise etwa 0,2 mm. Der Abmessungsunterschied des äußeren Zylinders **5** zwischen dem Zustand vor der Erwärmung und nach der Erwärmung (C'-C) bei einer Temperatur von beispielsweise  $300^\circ\text{C}$  ist etwa 0,6 mm.

[0084] Die Luftzylinder **208**, **209** und **210** dienen als Antriebseinheit. Im Einzelnen ist die Antriebseinheit so ausgebildet, dass sie es ermöglicht, die Anordnung **50**, d. h., den Statorkern an und längs der Verjüngung der Durchgangsöffnung **215c** von der Seite

des Abschnittes **215a** größeren Durchmessers zu der Seite des Abschnittes **215b** kleinen Durchmessers der konischen Führungseinheit **202** wandern zu lassen. Die Antriebseinheit ist ferner so ausgebildet, dass sie die Anordnung **50** weiter in den äußeren Zylinder **5** einsetzt, während der Durchmesser der Anordnung **50** reduziert werden kann.

[0085] Das ringförmige Teil **215** der konischen Führungseinheit **202** hat eine Bodenfläche, welche mit einem ringförmigen, wärmeisolierendem Teil **216** versehen ist, das aus einer flachen Platte gebildet ist. Das wärmeisolierende Teil **216** schützt das ringförmige Teil **215** vor der Hitze, welche von der Heizeinheit **203** emittiert wird. Somit kann verhindert werden, dass der Innendurchmesser des Abschnittes **215b** kleinen Durchmessers auf Grund thermischer Ausdehnung vergrößert wird, welche anderenfalls durch die Wärme verursacht worden wäre. Das wärmeisolierende Teil **216** ist beispielsweise aus Keramik gefertigt.

[0086] Nachfolgend wird ein Aufbau der Heizeinheit **203** beschrieben. [Fig. 14](#) ist eine Aufsicht auf die Heizeinheit **203** aus einer Blickrichtung aus der Richtung XIV, welche in [Fig. 13](#) eingezeichnet ist. [Fig. 15](#) ist eine Querschnitts-Seitenansicht der Heizeinheit **203** aus einer Blickrichtung aus der in [Fig. 14](#) eingezeichneten Richtung XV.

[0087] Die Heizeinheit **203** besitzt einen Bandheizer **2032**, welcher bei Zufuhr von Strom über ein Stromquellenkabel **2033** Wärme erzeugt. Der äußere Zylinder **5** wird innerhalb des Bandheizers über ein Wärmeübertragungsteil **2031** eingesetzt. Der Bandheizer **2032** ist um den Außenumfang des Wärmeübertragungsteiles **2031** gelegt und durch eine Spannschraube **2034** fixiert.

[0088] Das Wärmeübertragungsteil **2031** ist beispielsweise aus einem Kupferblock gefertigt, um eine Gestalt zu erzielen, die sich der äußeren Umfangsgestalt des äußeren Zylinders **5** anpasst (beispielsweise der Umfangsgestalt jeder der Durchgangsbohrungen **5a** und der Krümmung des äußeren Zylinders **5** angepasst ist). Im Einzelnen ist das Wärmeübertragungsteil **2031** in solcher Weise vorgesehen, dass die Wärme von dem Bandheizer **2032** über die gesamte äußere Umfangsfläche des äußeren Zylinders **5** übertragen werden kann.

[0089] Die Temperatur des äußeren Zylinders **5**, welche durch die Wärme von dem Bandheizer **2032** erhöht worden ist, wird durch einen Temperaturfühler **2035**, beispielsweise eine thermoelektrische Sonde, detektiert und in eine Steuereinheit **250** (siehe [Fig. 18](#)) eingegeben, welche weiter unten beschrieben wird.

[0090] Wie in [Fig. 15](#) gezeigt ist auf der Basis **204** in

bestimmter Lage eine wärmeisolierende Platte **2036** befestigt. Der äußere Zylinder **5**, das Wärmeübertragungsteil **2031** und der Bandheizer **2032** sind auf der wärmeisolierenden Platte **2036** vorgesehen.

**[0091]** Die wärmeisolierende Platte **2036** ist aus Keramik oder dergleichen gefertigt, wobei eine Ausnehmung **2036a** in ihrer Mitte gebildet ist. Die Ausnehmung **2036a** nimmt die untere Presseinheit **218** auf, wenn die Anordnung **50** in den äußeren Zylinder **5** eingesetzt worden ist. Die wärmeisolierende Platte **2036** ist außerdem mit drei Fixierstiften **2036b** versehen, welche in die jeweiligen drei Durchgangsbohrungen **5a** des äußeren Zylinders **5** eingreifen sollen, um den äußeren Zylinder **5** in Position zu bringen. Die wärmeisolierende Platte **2036** trägt zur Unterdrückung der Übertragung von Wärme von der Heizeinheit **203** auf die Basis **204** bei und verhindert eine Abweichung der Position der Tragsäulen **205** und **206** auf der Basisplatte **204**.

**[0092]** Es wird nun der Aufbau der Trägereinheit **201** beschrieben. Die [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) sind Querschnitts-Seitenansichten der Trägereinheit **201** gemäß [Fig. 13](#). Im Einzelnen zeigt [Fig. 16](#) einen Zustand, bevor die Anordnung **50** befestigt ist, und [Fig. 17](#) zeigt einen Zustand, nachdem die Anordnung **50** eingesetzt worden ist. Es sei bemerkt, dass in [Fig. 17](#) aus Gründen einer guten Erkennbarkeit die Schraffierung im geschnittenen Bereich der Trägereinheit **201** weggelassen ist.

**[0093]** Die Trägereinheit **201** setzt sich aus der oberen und der unteren Presseinheit **217** beziehungsweise **218** und einem Kernteil **219** zusammen. Beim Einsetzen der Anordnung **50** wird das Kernteil **219** in die Anordnung **50** längs ihrer inneren Öffnung eingesetzt. Der resultierende Körper wird dann in vertikaler Richtung zwischen die obere und untere Presseinheit **217** beziehungsweise **218** eingelagert und nachfolgend durch Befestigung mit Schrauben c, d, e und f befestigt. In diesem Falle wird ein vorbestimmtes Festziehmoment auf die Schrauben c, d, e und f ausgeübt. Bei diesem Drehmoment wirkt die Kraft, welche die obere und untere Presseinheit **214**, **218** gegen die Anordnung **50** zur Befestigung zusammenpresst, in solcher Weise, dass die Anordnung daran gehindert wird, sich zu der Zeit radial auszudehnen, während sie in den äußeren Zylinder eingesetzt wird, und in der Weise, dass gleichzeitig kein Einfluss auf die radiale Reduktion der Anordnung auf den Innendurchmesser B der Durchgangsöffnung **215b** der konischen Führungseinheit **202** auftritt.

**[0094]** Die Trägereinheit **201** ist an der Stange **211** des Luftzylinders **208** mittels Schrauben a und b befestigt. Die obere und die untere Presseinheit **217** beziehungsweise **218** haben Ausnehmungen **217a** beziehungsweise **218a**. Die Ausnehmung **217a**, **218a** gestatten es, dass die jeweiligen Biegeabschnitte

(Spulenköpfe) **44** durch sie hindurchreichen, wenn die Anordnung **50** an der Trägereinheit **201** befestigt worden ist.

**[0095]** Weiter haben die obere und die untere Presseinheit **217** beziehungsweise **218** Kontaktabschnitte **217b** beziehungsweise **218b**. Die Kontaktabschnitte **217b**, **218b** haben die Aufgabe zu verhindern, dass der Stapel von Segmentkernen **32** sich von der Wicklung ablöst oder sich die Segmentkerne gegeneinander verlagern, indem sie Kontakt mit den Segmentkernen **32** aufnehmen und diese pressen.

**[0096]** Nachfolgend wird eine Konfiguration im Zusammenhang mit der Betriebssteuerung der Statorherstellungsvorrichtung **200** beschrieben. [Fig. 18](#) ist ein Blockschaltbild, welches den Aufbau verdeutlicht, welcher den Betrieb der Statorherstellungsvorrichtung **200** gemäß [Fig. 13](#) steuert.

**[0097]** Die Statorherstellungsvorrichtung **200** startet ihren Betrieb, wenn ein Startschalter **251** von einer Bedienungsperson betätigt wird. Eine Steuereinheit **250** enthält eine CPU, ein RAM und ein ROM. Die Steuereinheit **250** empfängt ein Eingangssignal, welches die Betätigung des Startschalters **251** anzeigt, sowie ein Eingangssignal, welches eine Temperatur anzeigt, welche durch den Temperaturfühler (thermoelektrische Sonde) **2035** detektiert wird. Die Steuereinheit **250** speist und steuert auch den Heizer (Bandheizer) **2032** und die Luftzylinder **208**, **209** und **210**.

**[0098]** Bezugnehmend nunmehr auf das Flussdiagramm von [Fig. 19](#) und die erklärenden Ansichten der Betriebszustände, welche in den [Fig. 20](#), [Fig. 21](#), [Fig. 22](#) und [Fig. 23](#) gezeigt sind, wird nachfolgend der Betrieb der Statorherstellungsvorrichtung **200** erläutert, d. h. die Schritte des Einsetzens (der Schrumpfsitzbefestigung), welche mit der Anordnung **50** durchgeführt werden. Es sei bemerkt, dass in den [Fig. 20](#), [Fig. 21](#), [Fig. 22](#) und [Fig. 23](#) aus Gründen der Übersichtlichkeit die Darstellung bestimmter der Komponenten weggelassen ist.

**[0099]** Zuerst kann eine Bedienungsperson die Anordnung **50** und den äußeren Zylinder **5** auf die Statorherstellungsvorrichtung **200** setzen und den Startschalter **251** der Vorrichtung **200** betätigen. Nach Betätigung des Startschalters **251** durch die Bedienungsperson beginnt die Statorherstellungsvorrichtung **200** ihren Betrieb. Mit anderen Worten startet nach Auslösung durch ein Eingangssignal, welches die Betätigung des Startschalters **251** signalisiert, die Steuereinheit **250** die in [Fig. 19](#) gezeigte Verarbeitung.

((Erhitzungsschritt))

**[0100]** Die Steuereinheit **250** betreibt den Heizer

**2032** zuerst, um das Aufheizen des äußeren Zylinders **5** zu beginnen (Schritt S1905). Danach überwacht die Steuereinheit **250** die Temperaturen, welche durch den Temperaturfühler **2035** detektiert werden. Wenn eine detektierte Temperatur nicht einen vorbestimmten Wert (beispielsweise 300°C) („NEIN“ im Schritt S1902) erreicht hat, dann setzt die Steuereinheit **250** die Überwachung der detektierten Temperaturen fort.

((Einsetzschritt))

**[0101]** Wenn eine detektierte Temperatur den vorbestimmten Wert (beispielsweise 300°C) („JA“ im Schritt S1902) erreicht hat, dann treibt die Steuereinheit **250** den Luftzylinder **208** für eine Abwärtsbewegung an, wie in [Fig. 20](#) gezeigt ist (Schritt S1903), und gleichzeitig treibt sie die Luftzylinder **209, 210** für eine Abwärtsbetätigung an (Schritt S1904). In diesem Falle ist der äußere Zylinder **5** ausreichend aufgeheizt worden, um eine thermische Expansion zu verursachen, welche den Innendurchmesser des äußeren Zylinders zu C' macht.

**[0102]** Danach beendet, wie in [Fig. 21](#) gezeigt ist, die konische Führungseinheit **202** die Abwärtsbewegung, wenn ihr wärmeisolierendes Teil **216** in Kontakt mit der Heizeinheit **203** kommt. Zwischenzeitlich bewegt sich die Trägereinheit **201** mit der an ihr angeordneten Anordnung **50** die Abwärtsbewegung fort, um die Anordnung **50** durch die Durchgangsöffnung **215c** der konischen Führungseinheit **202** wandern zu lassen. Dies hat zum Ergebnis, dass der Durchmesser des Außenumfangs der Anordnung **50** auf den Innendurchmesser B des Abschnitts **215b** kleineren Durchmessers reduziert wird, so dass, wie in [Fig. 22](#) gezeigt, die Anordnung **50** in den äußeren Zylinder **5** eingesetzt wird.

**[0103]** In der vorliegenden Ausführungsform ist eine Wärmeisolation an bestimmten Teilen angebracht.

**[0104]** Um jedoch den Einfluss auf andere Abschnitte zu reduzieren, welcher durch die Wärme verursacht wird, die von der Heizeinheit **203** ausgeht, ist es besser, dass die Zeit von dem Zeitpunkt, zu welchem das wärmeisolierende Teil **216** in Kontakt mit der Heizeinheit **203** kommt, bis zu dem Zeitpunkt, wenn das Einsetzen der Anordnung **50** in den äußeren Zylinder **5** vervollständigt ist (die Zeit für den Übergang von dem in [Fig. 21](#) gezeigten Zustand zu dem in [Fig. 22](#) gezeigten Zustand) kurz ist. Beispielsweise kann der Übergang erwünschtermaßen in etwa einer Sekunde durchgeführt werden.

((Abkühlungsschritt))

**[0105]** Nach dem in [Fig. 22](#) gezeigten Zustand wird der Heizer **2032** stillgesetzt (Schritt S1905), und dann beispielsweise durch einen (nicht dargestellten) Lüf-

ter abgekühlt, um den Innendurchmesser des äußeren Zylinders **5** zu reduzieren, während die Luftzylinder **209, 210** nach aufwärts betrieben werden (Schritt S1906).

**[0106]** Wenn der Heizer **2032** abgekühlt wird, wird auch der äußere Zylinder **5** gekühlt, um den Innendurchmesser des äußeren Zylinders **5** zu reduzieren. Ist der Zustand erreicht, in welchem die Anordnung **50** nicht mehr von dem äußeren Zylinder **5** frei ist, dann wird der Luftzylinder **208** im Sinne einer Aufwärtsbewegung betrieben (Schritt S1907). Zu der Zeit der Aufwärtsbewegung des Luftzylinders **208** ist die Anordnung **50** durch Schrumpfsitzbefestigung mit dem äußeren Zylinder **5** verbunden, um den Stator **3** zu ergeben. Der Stator **3** wird also durch die Aufwärtsbetätigung des Luftzylinders **208** angehoben (siehe [Fig. 23](#)).

**[0107]** Nachfolgend wird der Stator **3** beispielsweise mittels eines Lüfters in dem in [Fig. 23](#) gezeigten Zustand für etwa dreißig Minuten heruntergekühlt, um den Einsetzschritt (die Schrumpfsitzbefestigung) zu vollenden.

**[0108]** Gemäß der vorliegenden Erfindung, wie sie oben beschrieben wurde, ist die Antriebseinheit dazu ausgebildet, den Außendurchmesser des Statorkerns dadurch zu reduzieren, dass man den Statorkern auf und längs der Verjüngung der Durchgangsöffnung wandern lässt, welche in der konischen Führungseinheit gebildet ist. Somit kann die Größe des Statorkerns radial reduziert werden, wobei ein gleichförmiger Durchmesser über den gesamten Statorkern hin erreicht wird. Als Ergebnis kann eine Kreisförmigkeitstoleranz von beispielsweise 0,05 mm oder weniger für den Innendurchmesser des Statorkerns erzielt werden.

**[0109]** Weiter ist die Antriebseinheit dazu ausgebildet, den Statorkern in den äußeren Zylinder einzusetzen, während der Durchmesser des Statorkerns reduziert wird, indem man den Statorkern auf und längs der Verjüngung der Durchgangsbohrung wandern lässt, welche in der konischen Führungseinheit gebildet ist. Somit können die radiale Reduktion und das Einsetzen in den äußeren Zylinder (die Schrumpfsitzbefestigung) durch einen einzigen Schritt erreicht werden.

**[0110]** Die vorliegende Erfindung kann auf rotierende elektrische Maschinen angewendet werden, welche auf elektrischen Fahrzeugen und Hybridfahrzeugen angeordnet sind. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann den Innenumfang des Statorkerns einer solchen rotierenden elektrischen Maschine nahezu perfekt kreisförmig gemacht werden. Diese Kreisförmigkeit ist vorteilhaft bezüglich der Verminderung der Größe und Erhöhung der Ausgangsleistung einer solchen rotierenden elektrischen Maschine.

**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 2008-177304 [\[0001\]](#)
- JP 3894004 [\[0004\]](#)

**Patentansprüche**

1. Statorherstellungsvorrichtung zur Herstellung eines Stators für eine rotierende elektrische Maschine durch Schrumpfsitzbefestigung eines äußeren Zylinders an einer Kernanordnung mit einer Statorwicklung, welche aus einer Anzahl von Phasenwicklungen gebildet ist, und mit Segmentkernen, welche einen Statorkern bilden und an der Statorwicklung angebaut werden, wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst:

eine konische Führungseinheit mit:

einem Abschnitt großen Durchmessers, dessen Durchmesser größer als ein Außendurchmesser des Kerns des Stator ist;

einen Abschnitt kleinen Durchmessers, dessen Durchmesser größer als ein Innendurchmesser des äußeren Zylinders und kleiner als ein Innendurchmesser dieses äußeren Zylinders in einem thermisch ausgedehnten Zustand ist; und

eine Durchgangsöffnung mit einer Verjüngung, wobei die Durchgangsöffnung sich durch die konische Führungseinheit von dem Abschnitt großen Durchmessers zu dem Abschnitt kleinen Durchmessers erstreckt;

eine Heizeinheit, welche den äußeren Zylinder erhitzt und thermisch ausdehnt, um einen Innendurchmesser des äußeren Zylinders zu vergrößern;

eine Antriebseinheit, welche den Statorkern in den äußeren Zylinder einsetzt, während ein Außendurchmesser des Statorkerns reduziert wird, indem man den Statorkern durch die Durchgangsöffnung auf und längs ihrer Verjüngung von einer Seite des Abschnitts des großen Durchmessers zu einer Seite des Abschnitts kleinen Durchmessers der konischen Führungseinheit wandern lässt; und

eine Steuereinheit, welche eine Steuerung in solcher Weise bewirkt, dass der Statorkern mit einem durch die Antriebseinheit reduzierten Durchmesser in den äußeren Zylinder eingesetzt wird, welcher sich im Zustand einer thermischen Ausdehnung zur Vergrößerung seines Innendurchmessers befindet.

2. Statorherstellungsvorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher ein Wärmeisolationsteil an einem Teil der konischen Führungseinheit vorgesehen ist, welcher in Kontakt mit der Heizeinheit gebracht wird, wenn der Statorkern mit dem reduzierten Durchmesser in den äußeren Zylinder eingesetzt wird, welcher den vergrößerten Durchmesser hat.

3. Statorherstellungsvorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher:

der Statorkern durch Laminieren einer Anzahl von Stahlplatten in einer Richtung gebildet ist, längs welcher der Statorkern in den äußeren Zylinder eingesetzt wird;

die Antriebseinheit mit Presseinheiten versehen ist, welche vertikal in der Richtung des Einsetzens des Stators in den äußeren Zylinder angeordnet sind, so

dass der Statorkern durch die Presseinheiten gehalten werden kann.

4. Statorherstellungsvorrichtung nach Anspruch 2, bei welcher:

der Statorkern durch Laminieren einer Anzahl von Stahlplatten in einer Richtung gebildet ist, längs welcher der Statorkern in den äußeren Zylinder eingesetzt wird;

und

die Antriebseinheit mit Presseinheiten versehen ist, welche vertikal in einer Richtung des Einsetzens des Statorkerns in den äußeren Zylinder angeordnet sind, so dass der Statorkern durch die Presseinheiten gehalten werden kann.

5. Statorherstellungsverfahren zur Herstellung eines Stators für eine rotierende elektrische Maschine durch Schrumpfsitzbefestigung eines äußeren Zylinders an einer Kernanordnung mit einer Statorwicklung, welche aus einer Anzahl von Phasenwicklungen gebildet ist, und mit Segmentkernen, welche einen Statorkern bilden und an der Statorwicklung angebaut sind, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

einen Schritt des Erhitzens des äußeren Zylinders derart, dass er thermisch ausgedehnt wird, um einen Durchmesser des äußeren Zylinders zu vergrößern; einen Schritt des Einsetzens der Kernanordnung in den äußeren Zylinder mit dem durch thermische Expansion vergrößerten Durchmesser unter Verwendung einer konischen Führungseinheit, während ein Außendurchmesser der Kernanordnung reduziert wird, wobei die konische Führungseinheit Folgendes umfasst:

einen Abschnitt großen Durchmessers, dessen Durchmesser größer als ein Außendurchmesser des Kerns des Stators ist;

einen Abschnitt kleinen Durchmessers, dessen Durchmesser größer als ein Innendurchmesser des äußeren Zylinders ist und kleiner als ein Innendurchmesser dieses äußeren Zylinders in einem thermisch ausgedehnten Zustand; und

eine Durchgangsöffnung mit einer Verjüngung, wobei die Durchgangsöffnung sich durch die konische Führungseinheit von dem Abschnitt großen Durchmessers zu dem Abschnitt kleinen Durchmessers erstreckt;

wobei der Außendurchmesser der Kernanordnung dadurch reduziert wird, dass man die Kernanordnung durch die Durchgangsöffnung auf und längs ihrer Verjüngung von einer Seite des Abschnitts großen Durchmessers zu einer Seite des Abschnitts kleinen Durchmessers der konischen Führungseinheit wandern lässt; und

einen Schritt des Abkühlens des äußeren Zylinders zur Verminderung seines Durchmessers unmittelbar nach dem Schritt des Einsetzens.

Es folgen 22 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

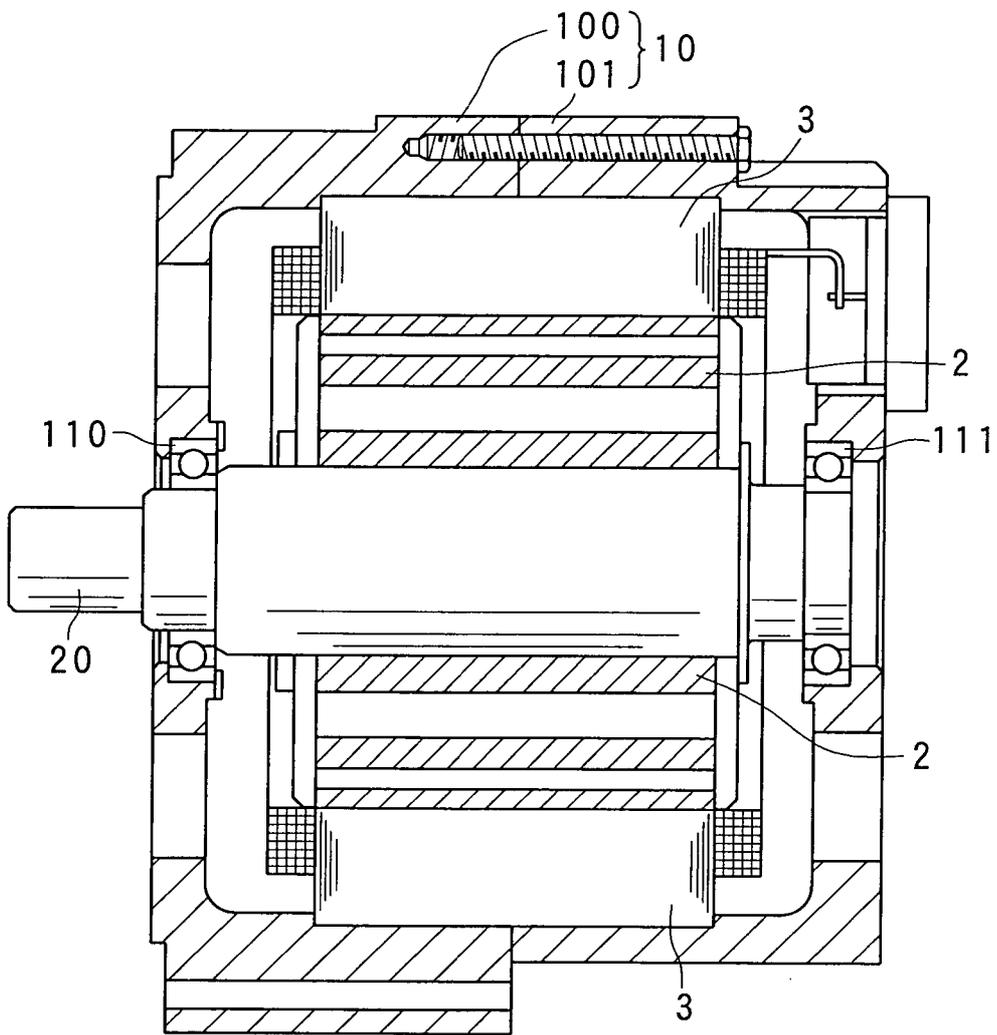


FIG.2

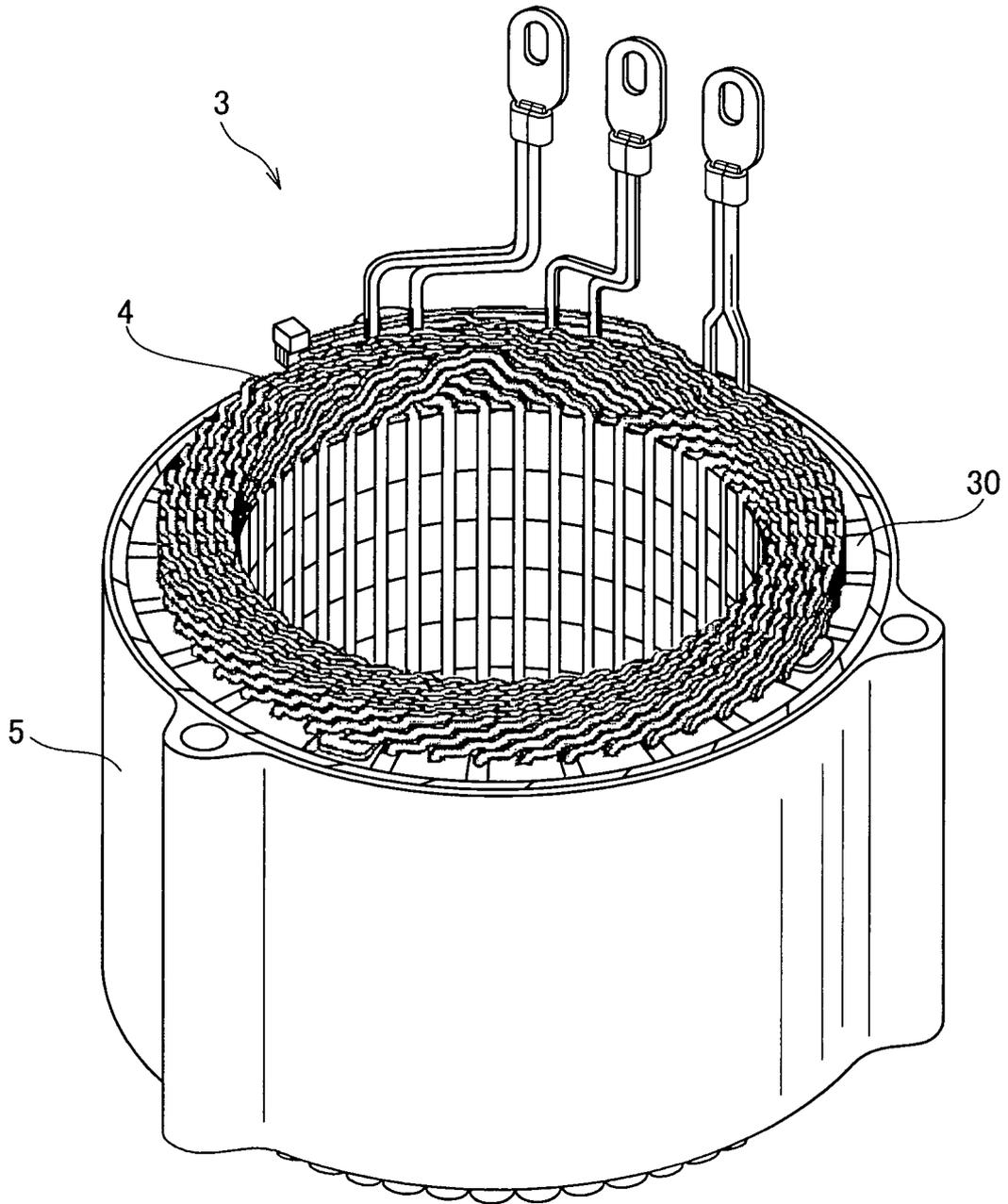


FIG. 3

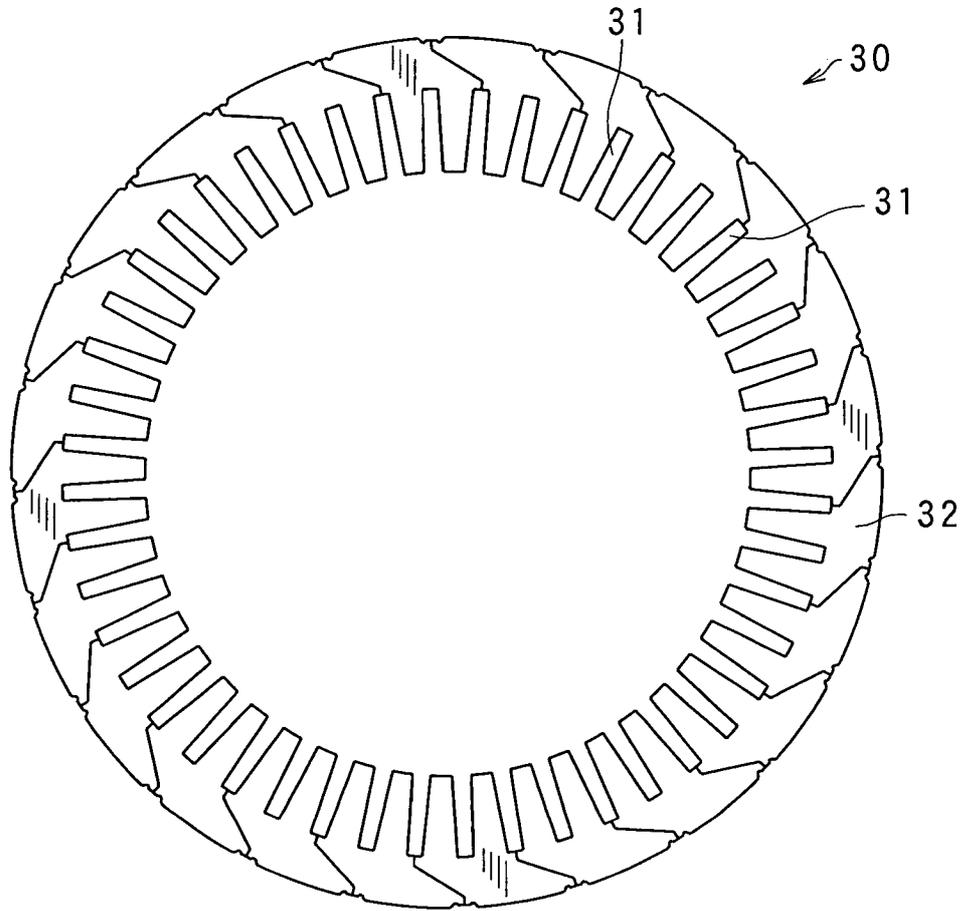


FIG. 4

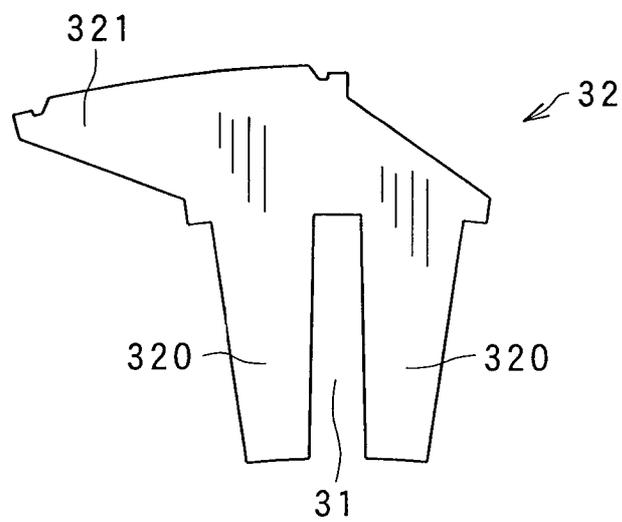


FIG. 5

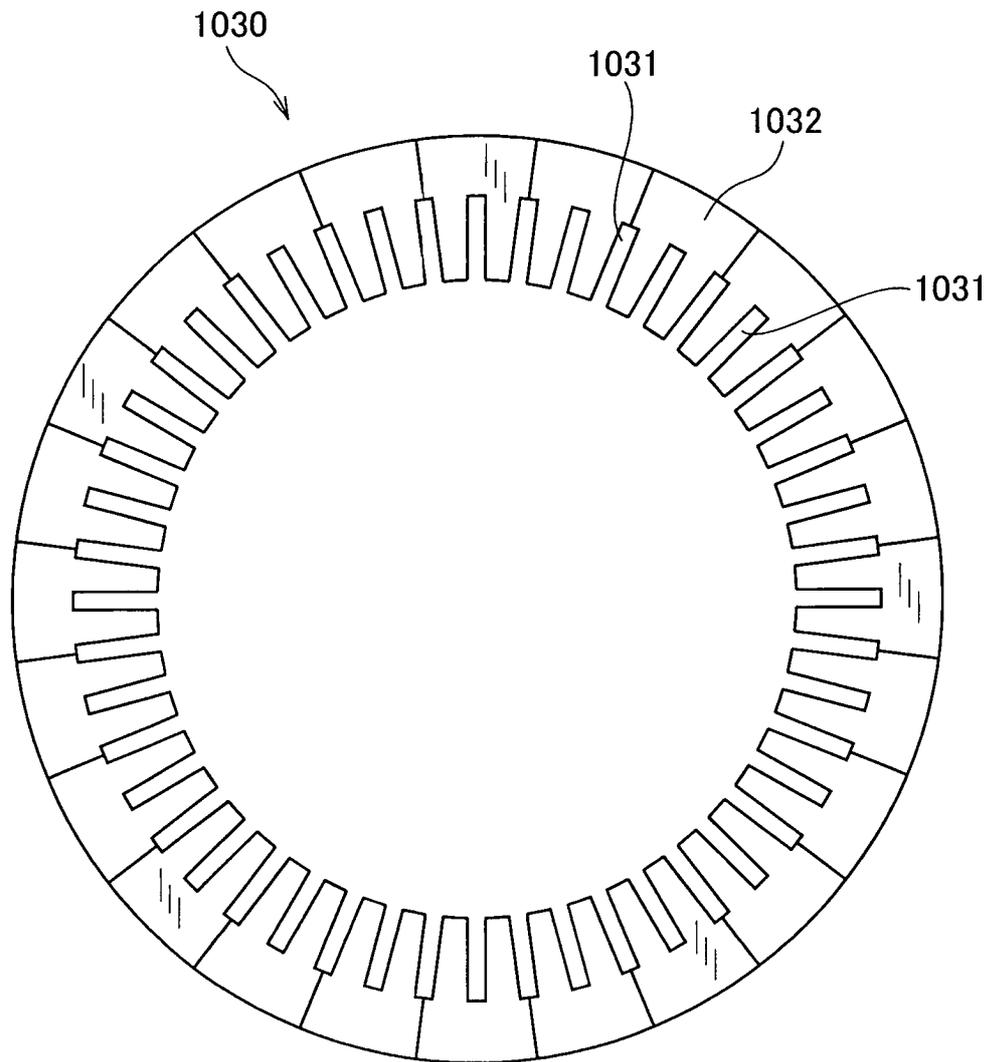


FIG. 6

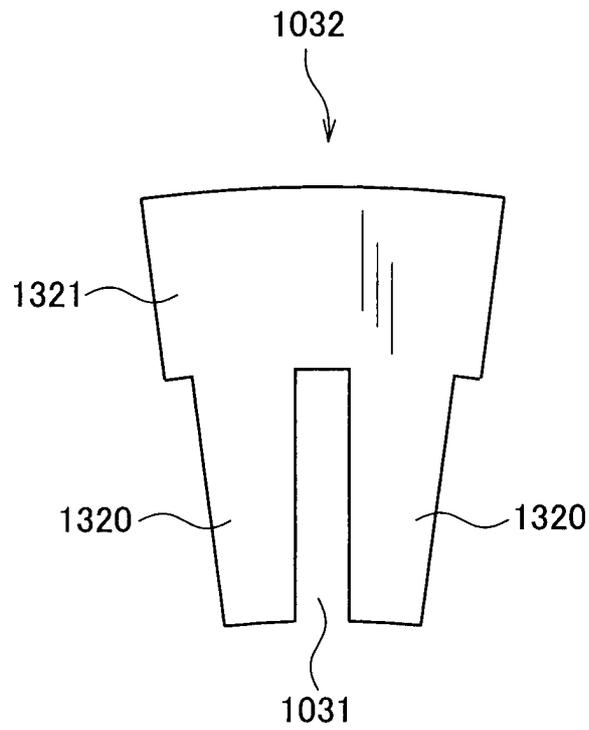


FIG. 7A

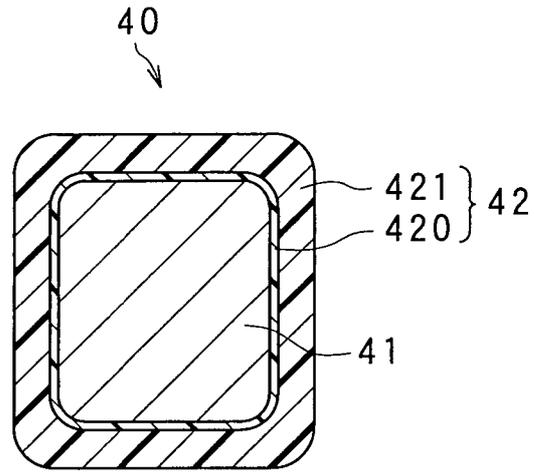


FIG. 7B

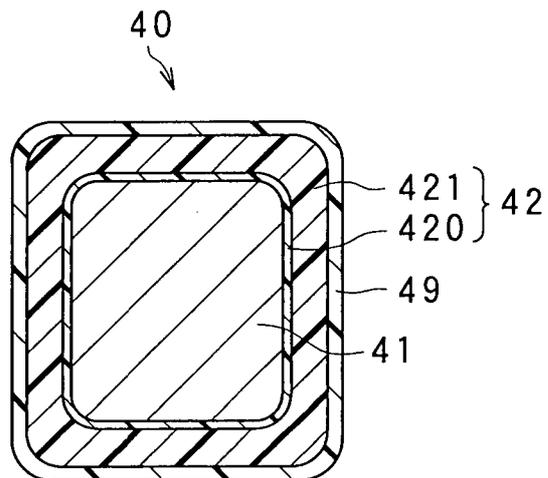


FIG. 8

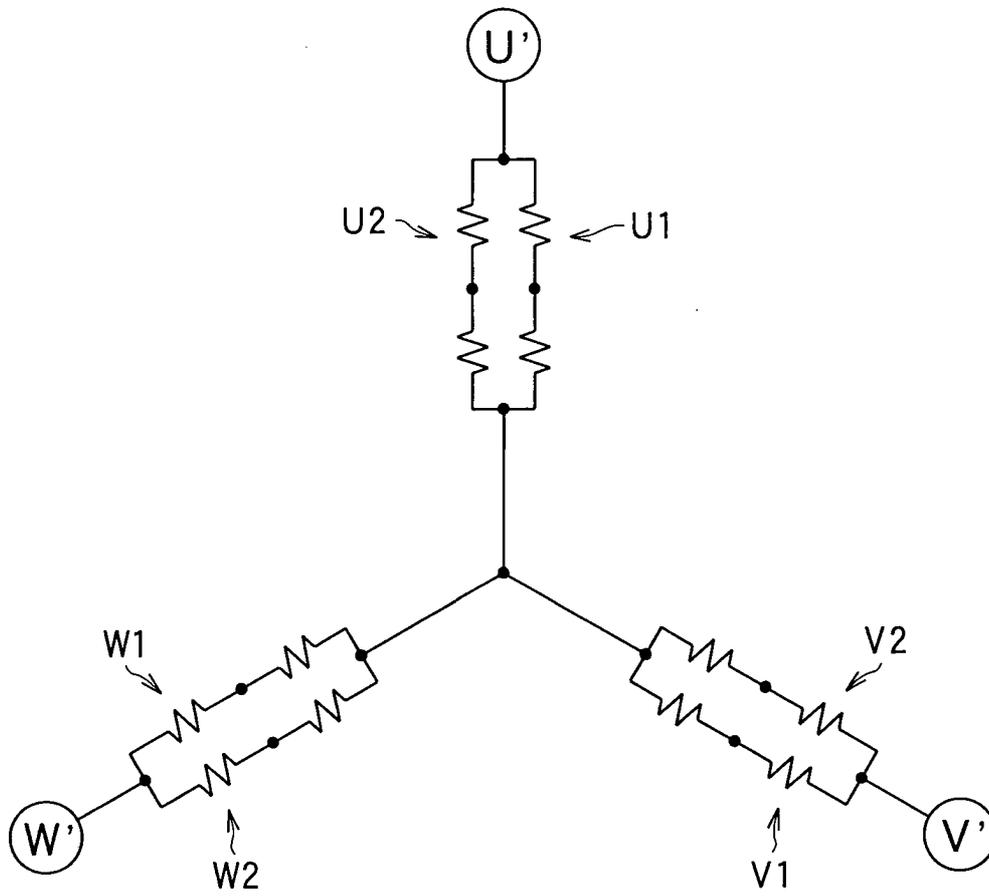


FIG. 9

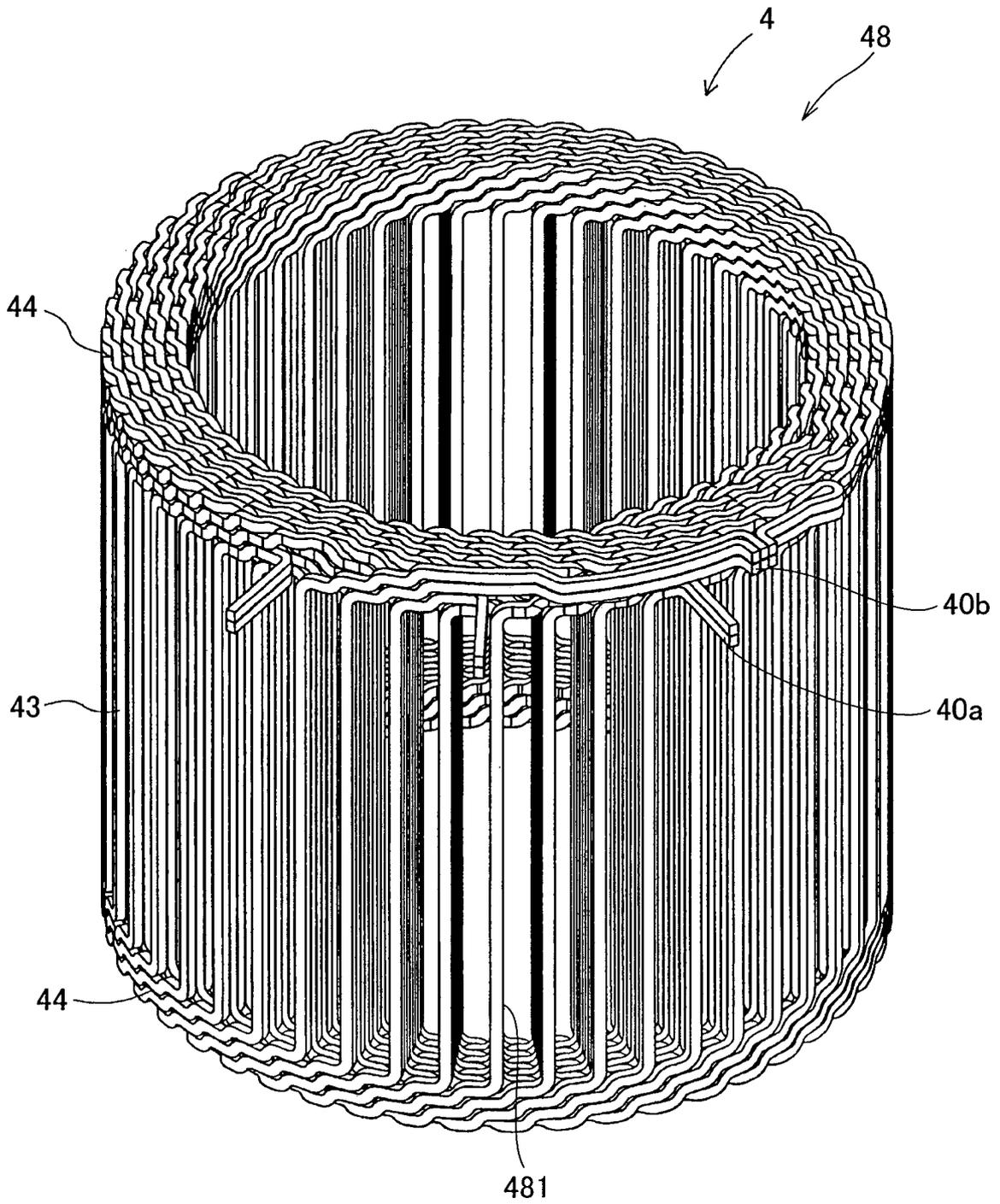


FIG. 10

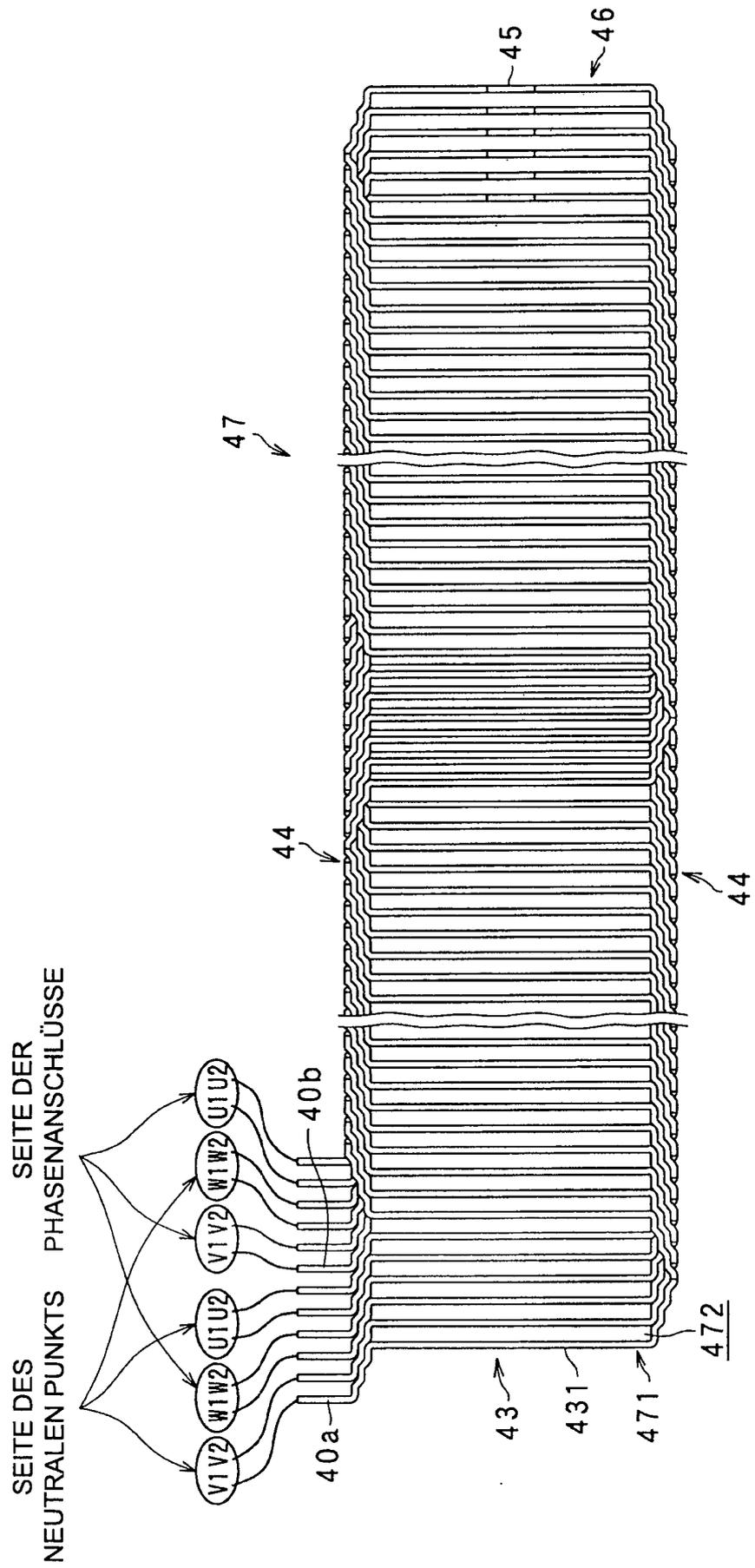


FIG. 11

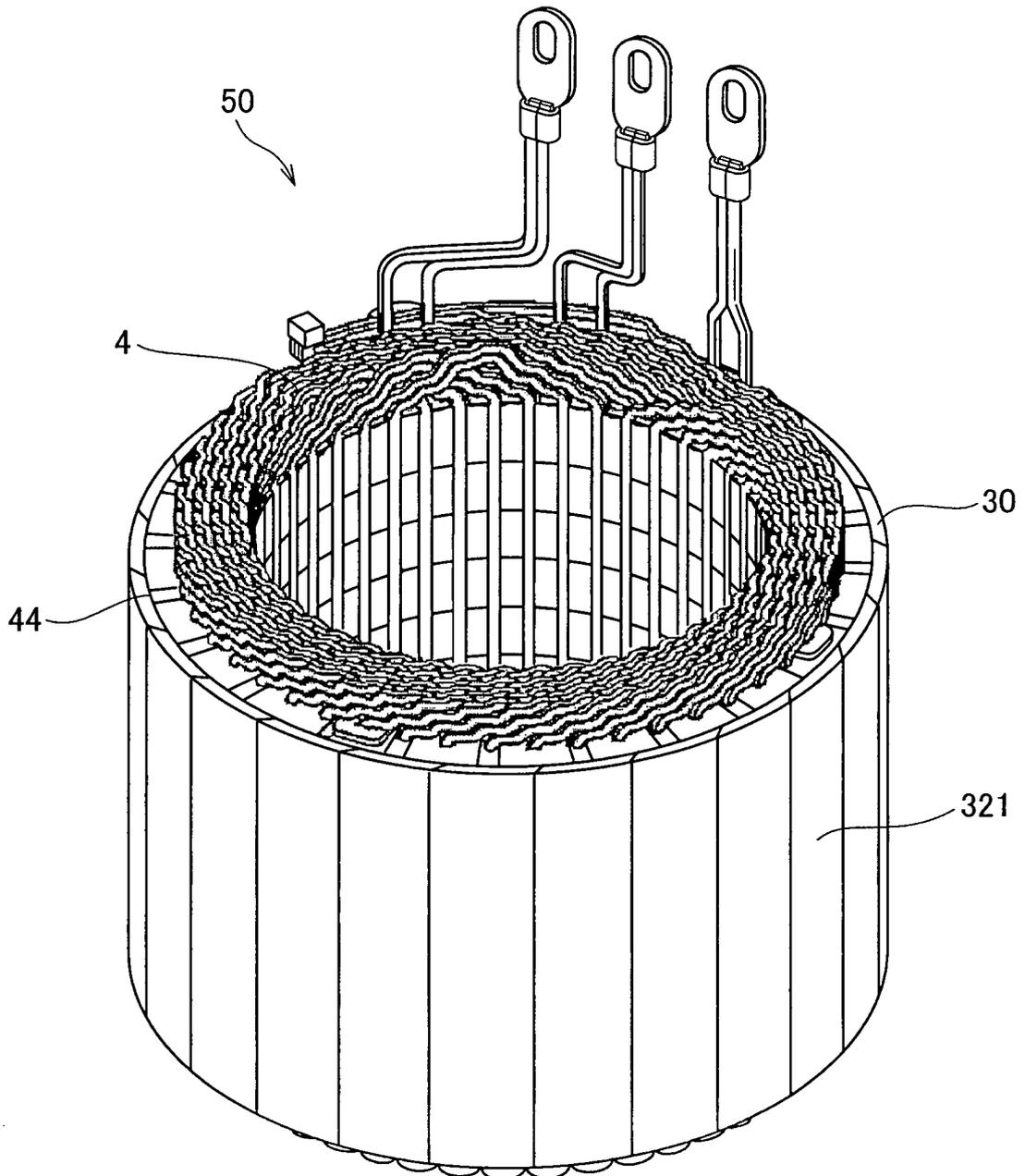


FIG. 12

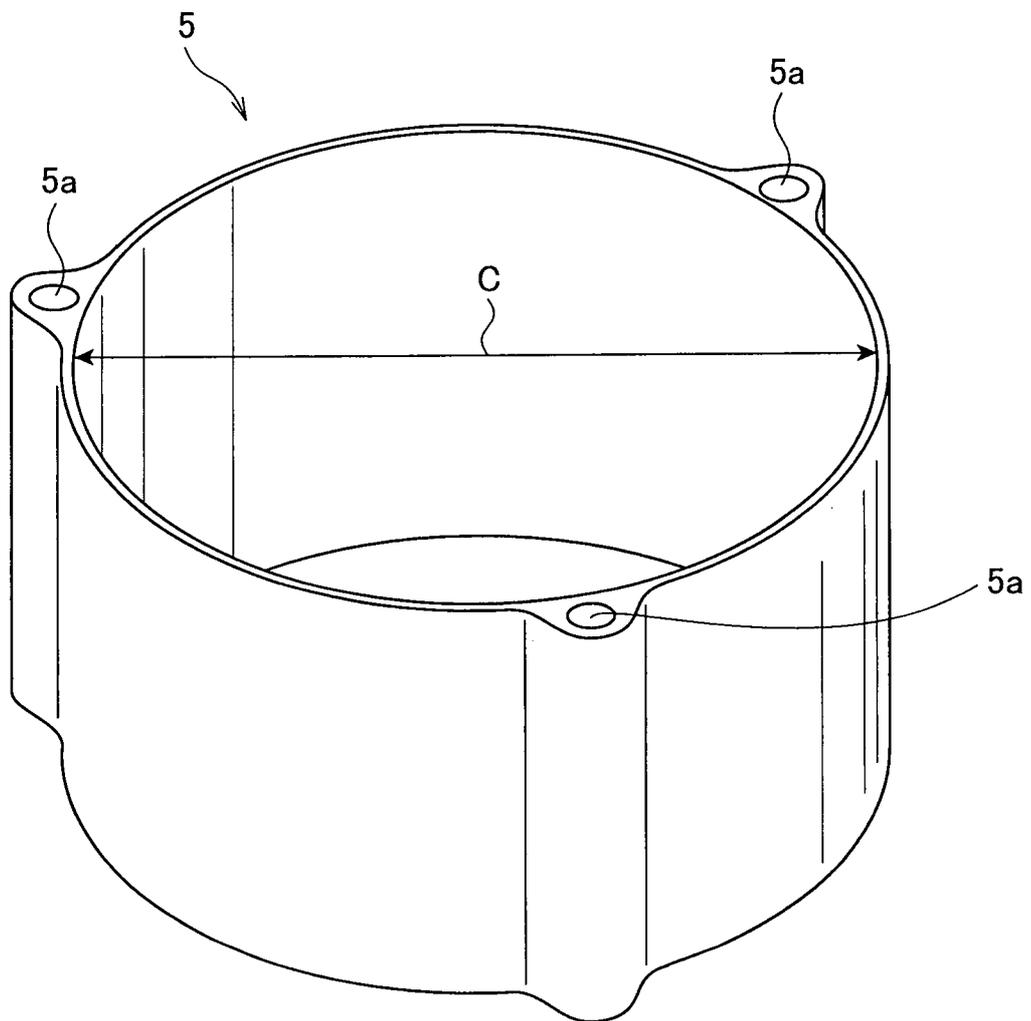


FIG. 13

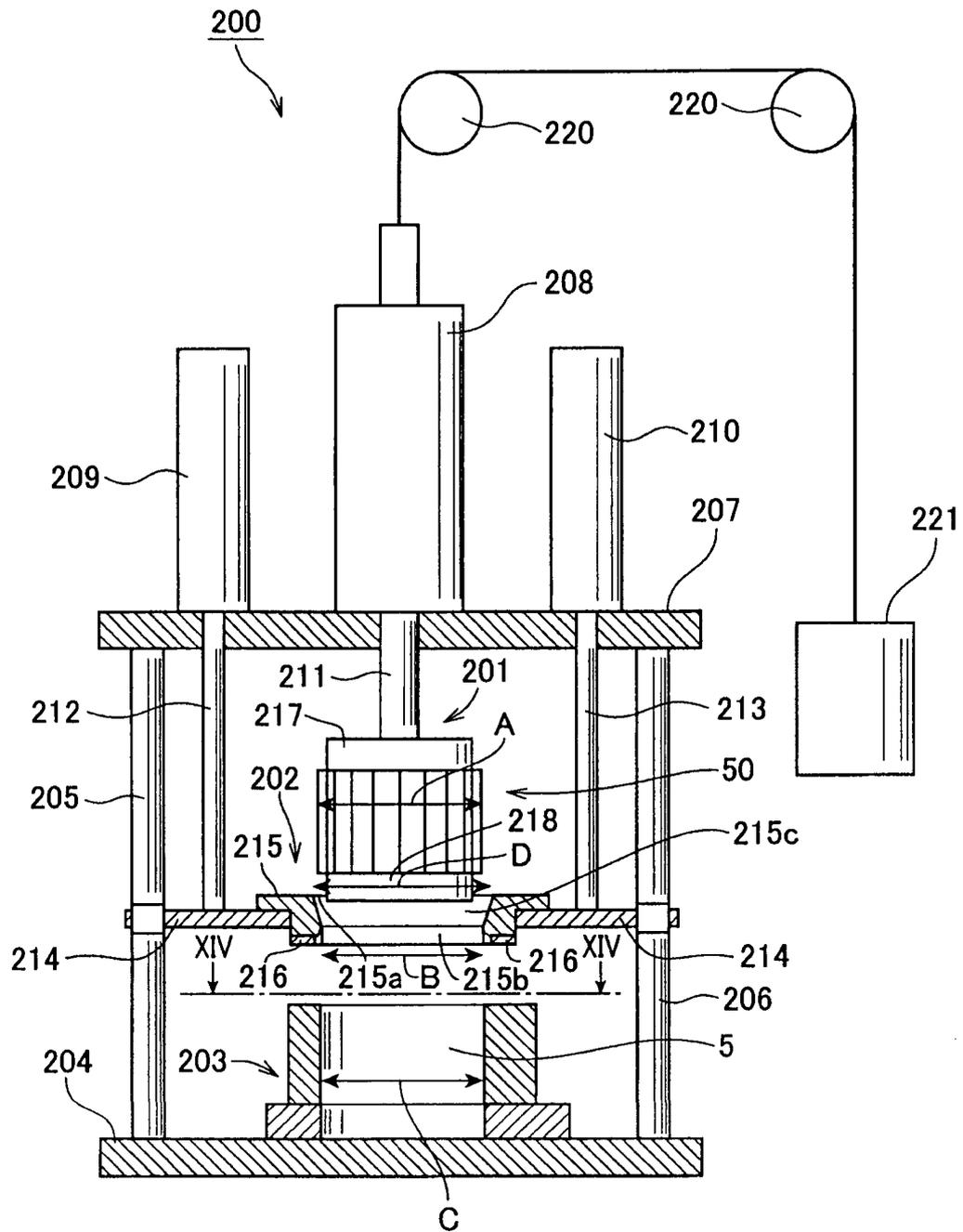


FIG. 14

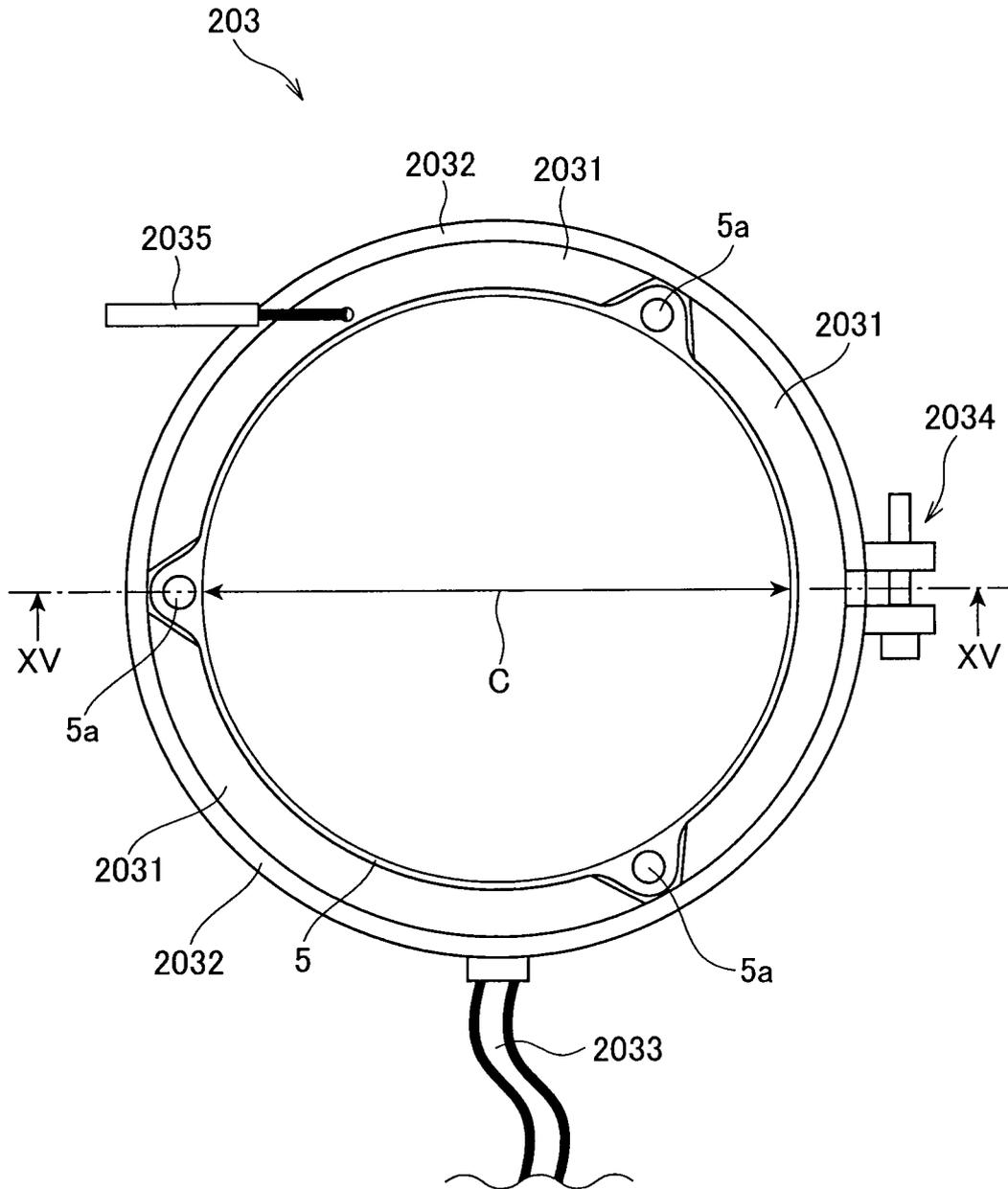


FIG. 15

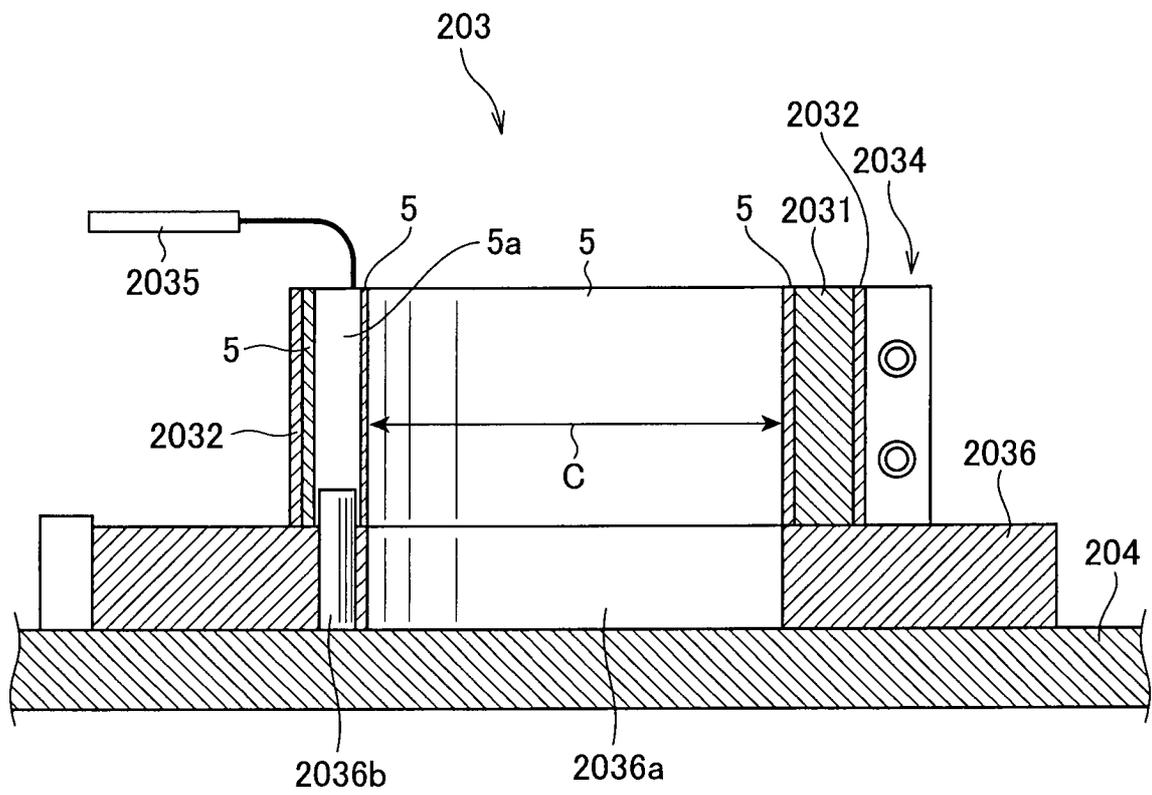


FIG. 16

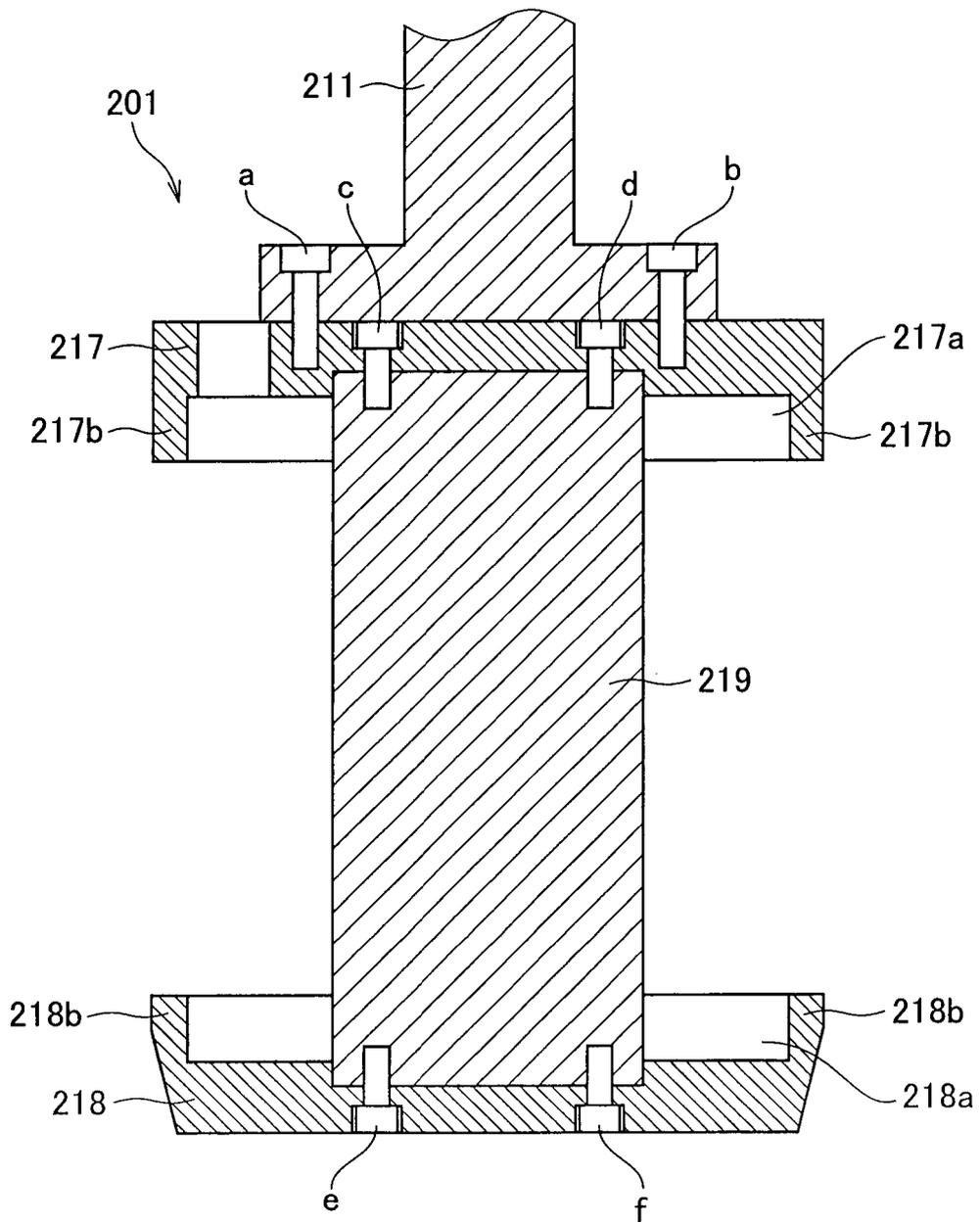


FIG. 17

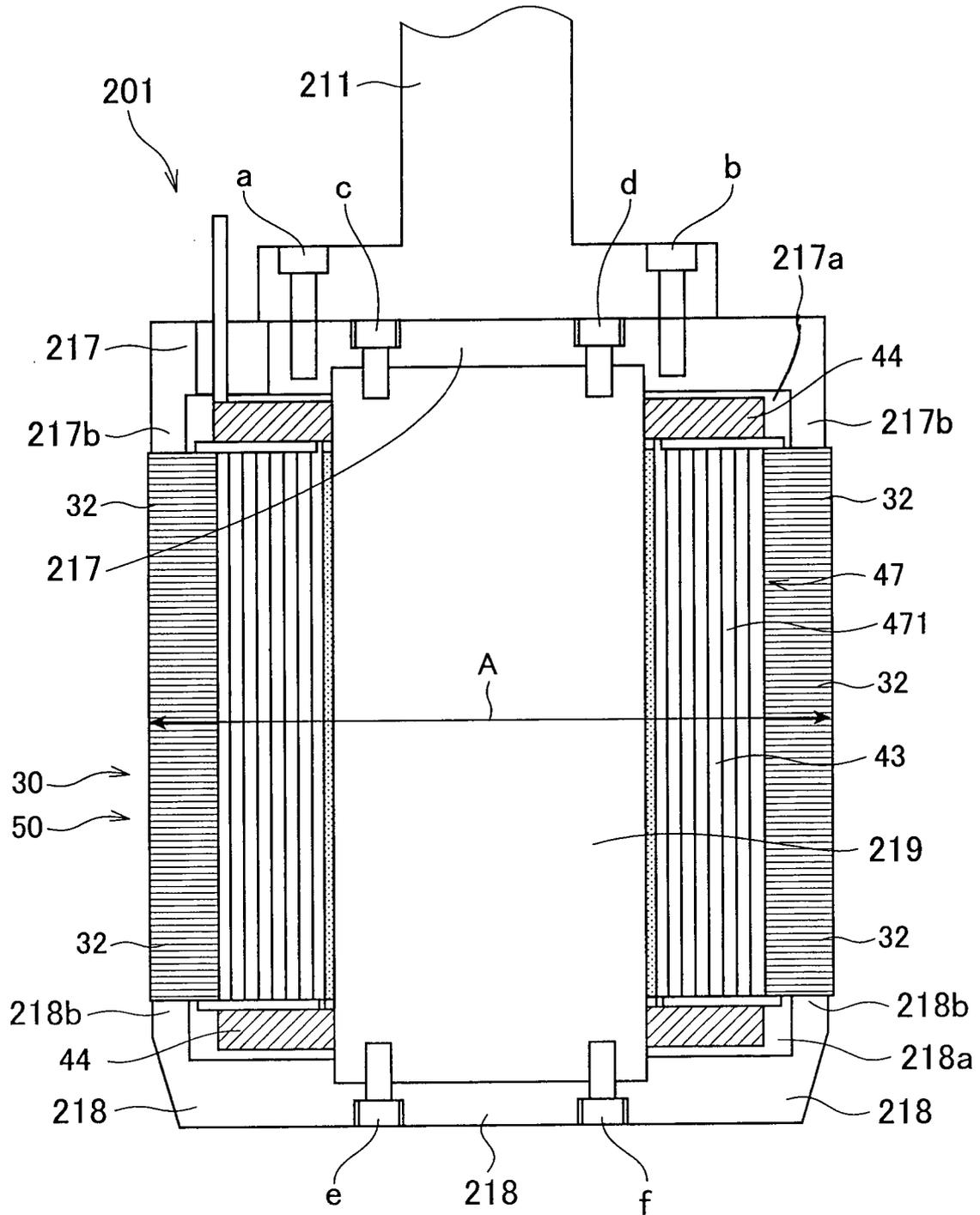


FIG.18

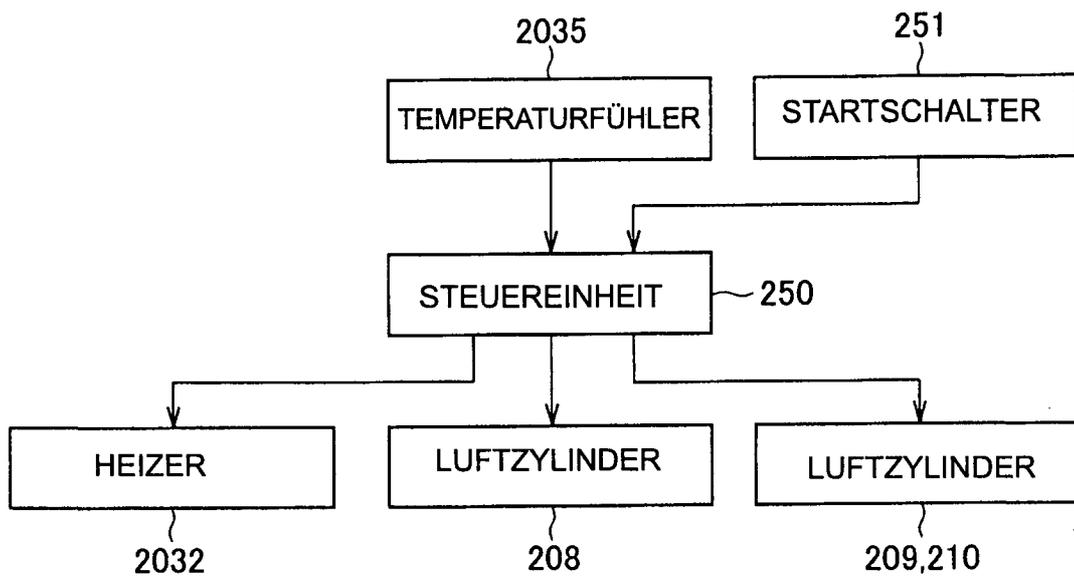


FIG.19

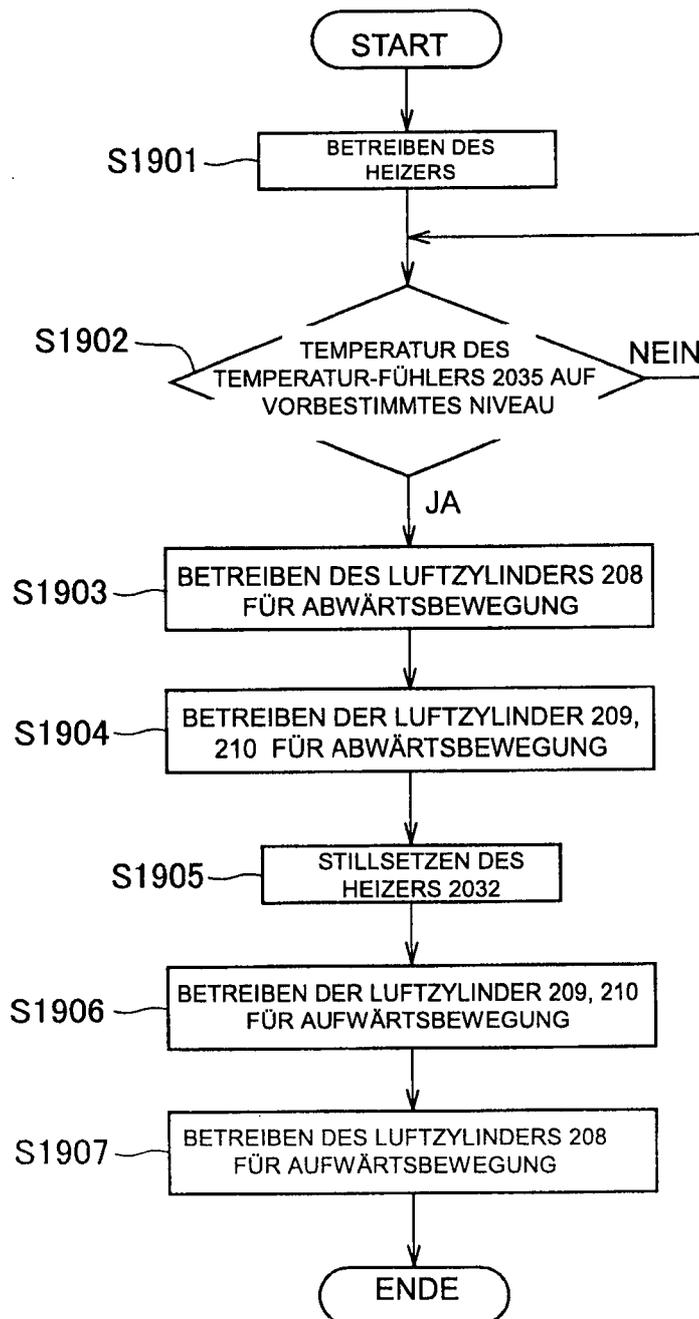


FIG.20

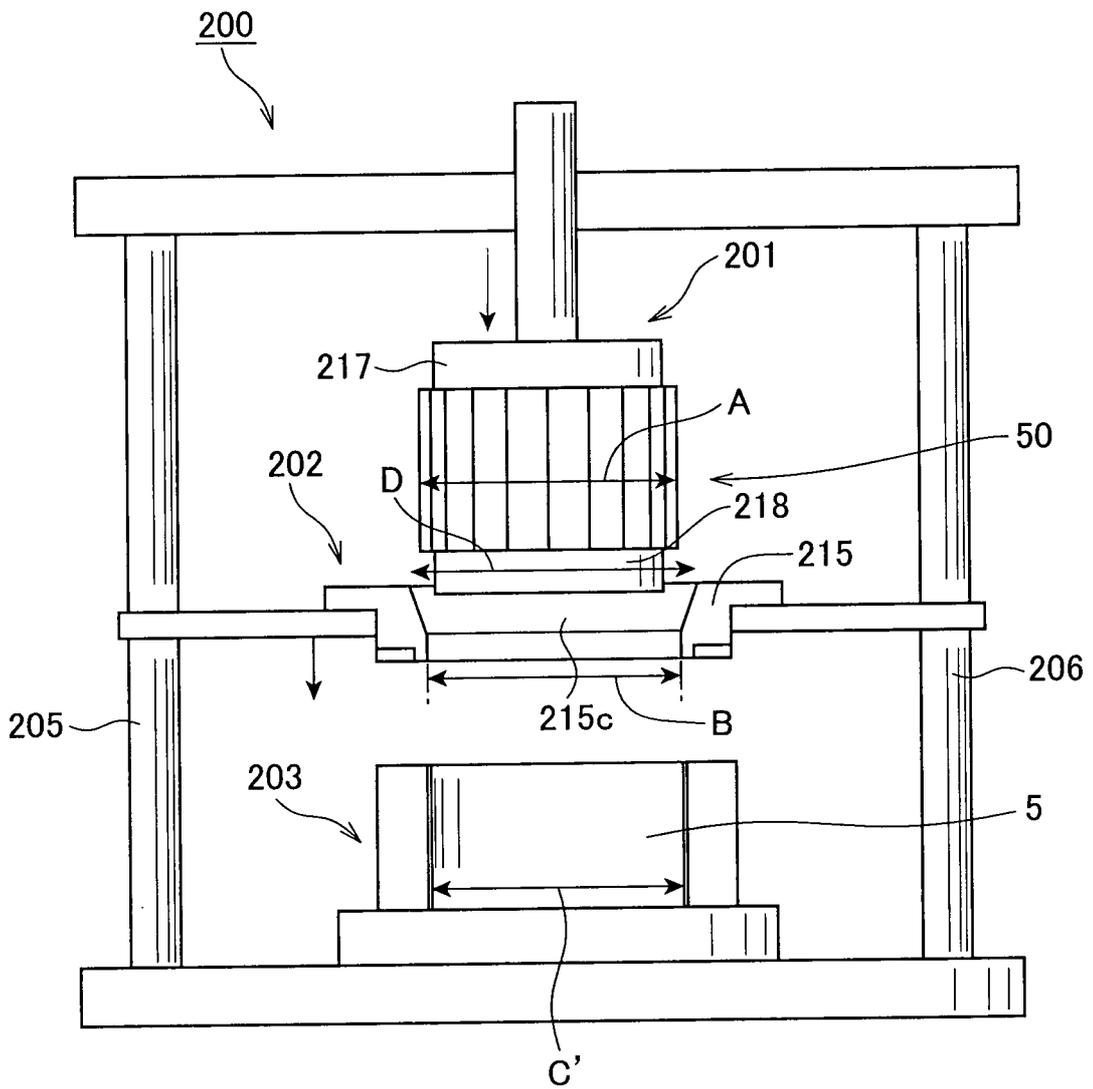


FIG. 21

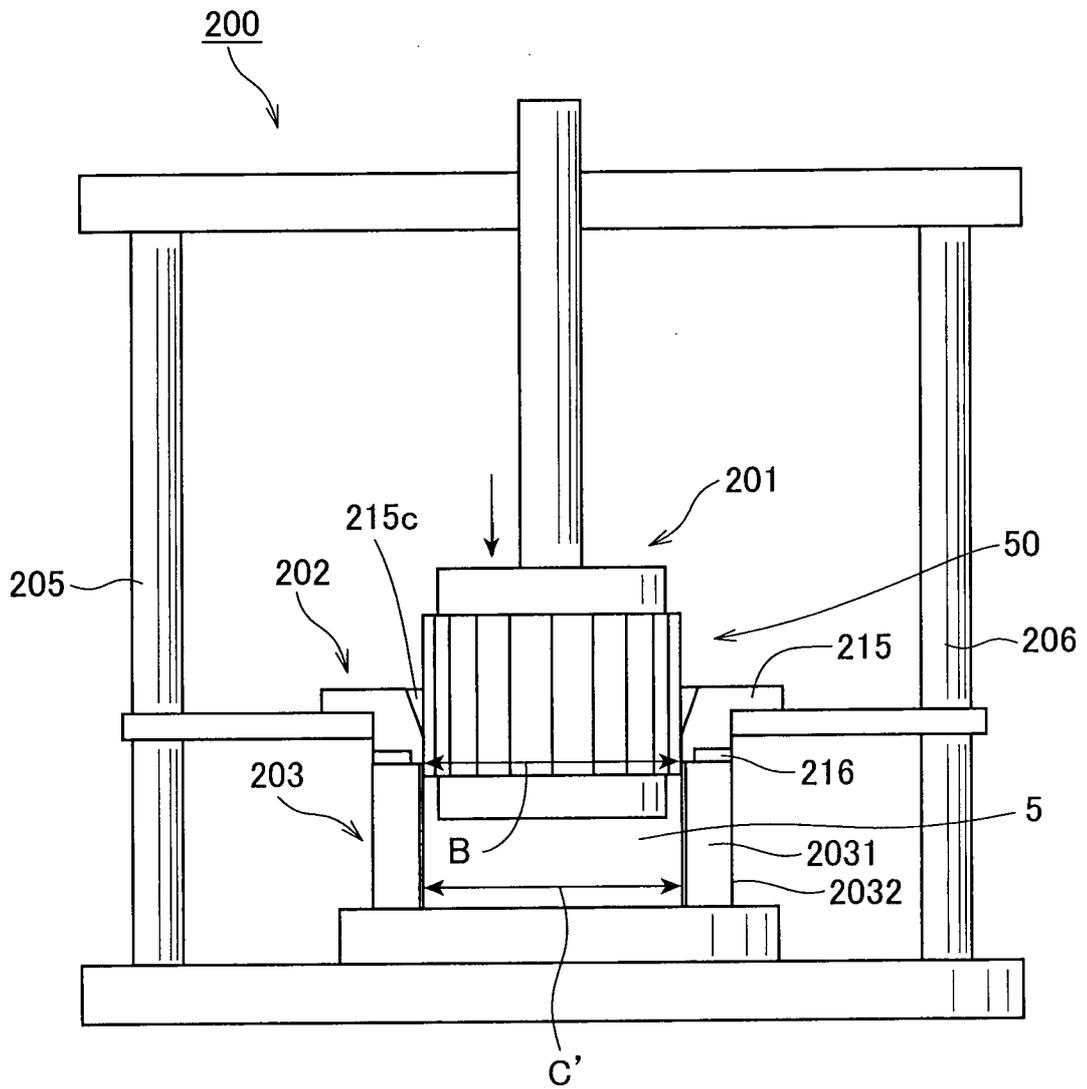


FIG.22

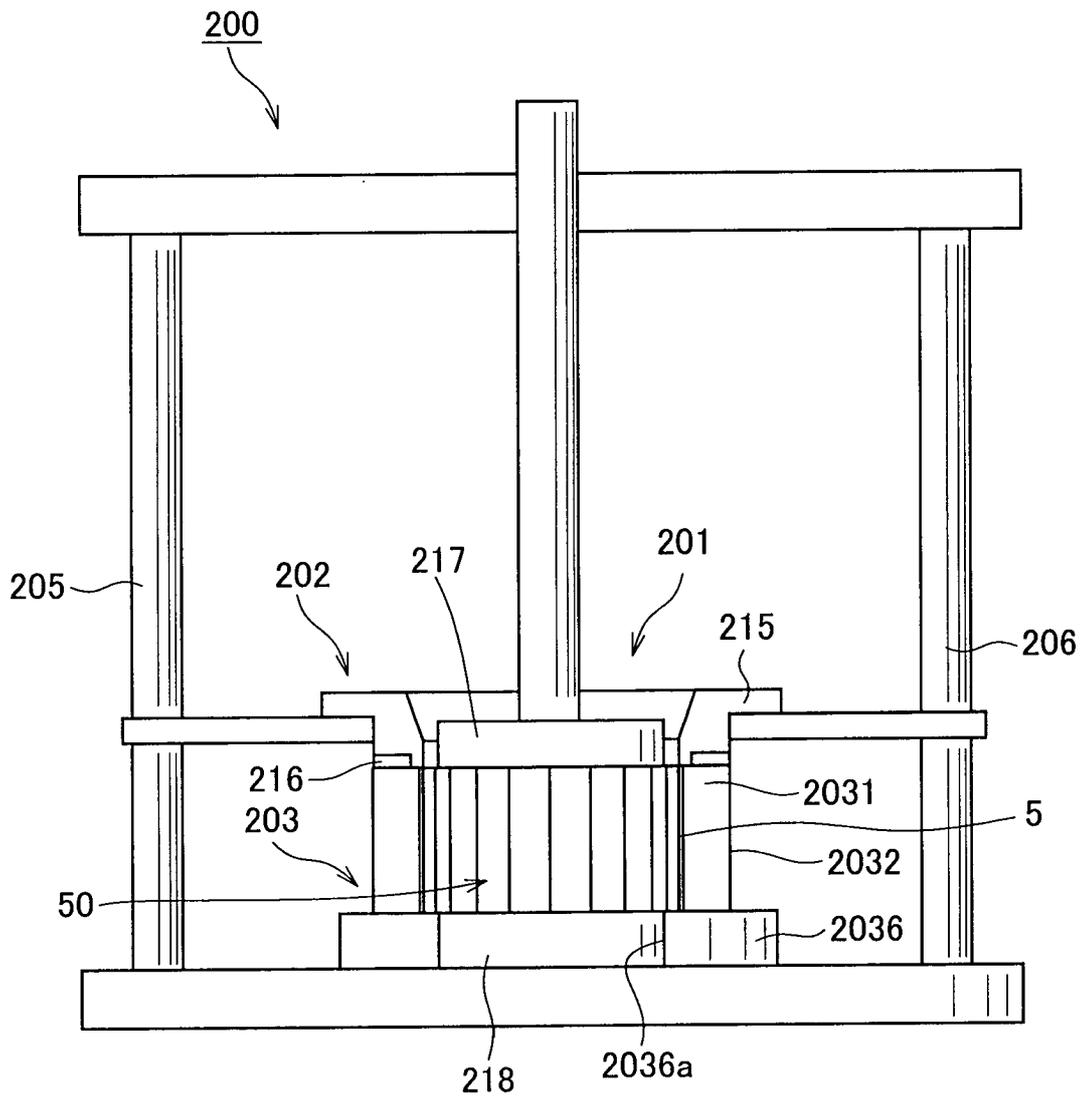


FIG.23

