

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
10. Oktober 2013 (10.10.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/149688 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/076737
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
21. Dezember 2012 (21.12.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2012 007 232.5 7. April 2012 (07.04.2012) DE
- (72) **Erfinder; und**
- (71) **Anmelder :** WELLER, Traugott [DE/DE]; Elsterstraße 6, 08209 Auerbach (DE). WELLER, Susanne [DE/DE]; Elsterstraße 6, 08209 Auerbach (DE).
- (74) **Anwalt:** PRINZ & PARTNER; Rundfunkplatz 2, 80335 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

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

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING ROTATING ELECTRICAL MACHINES

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON ROTIERENDEN ELEKTRISCHEN MASCHINEN

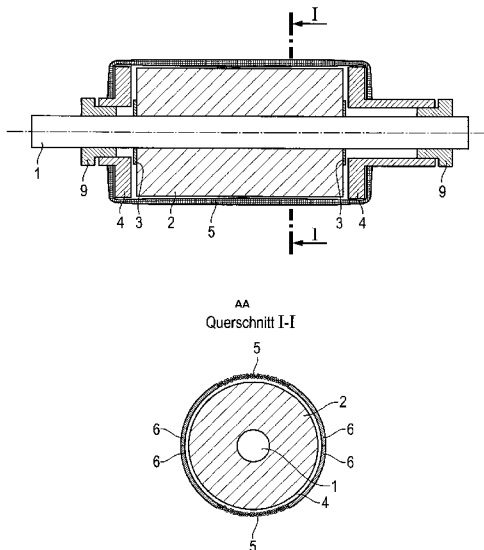


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing rotating electrical machines, with a motor coil for motors or generators that is produced in a self-supporting manner, wherein the coil already surrounds the inner part during production, i.e. is pre-mounted, and said inner part is also used during coil production as an aid for shaping the coil, wherein in a first step, the motor coil (5) is gradually wound over the magnetic inner part (2) between two end faces (4, 4') completely surrounding said inner part (2), and in a second step, the motor coil (5) is shaped by pressing the coil wires by moving the shaft (1) with the surface of the inner part (2) against the inner side of the motor coil (5), particularly rolling it eccentrically over said inner side and pressing the coil against an abutment (7), and in a third step the pressed motor coil (5) is baked by application of heat. The invention also relates to a rotating electrical machine.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung rotierender elektrischer Maschinen mit einer freitragend hergestellten Motorspule für Motoren oder Generatoren, wobei die Spule das Innenteil bereits bei der Herstellung umschließt, also vormontiert wird und dieses auch bei der Spulenerstellung als Hilfsmittel zur Spulenerzeugung benutzt wird, wobei in einem ersten Schritt die Motorspule (5) schrittweise zwischen zwei Endflächen (4; 4') über das magnetische Innenteil (2) gewickelt wird, wobei diese das Innenteil (2) vollständig umgibt, in einem zweiten Schritt die Formgebung der Motorspule (5) durch Verpressen der Wickeldrähte dadurch erfolgt, dass die Welle (1) mit der

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

AA Cross-section I-I

WO 2013/149688 A2

Oberfläche des Innenteils (2) gegen die Innenseite der Motorspule (5) bewegt wird, insbesondere exzentrisch auf dieser abrollt und diese gegen ein Widerlager (7) presst, und in einem dritten Schritt die verpresste Motorspule (5) durch Wärmebeaufschlagung verbacken wird. Die Erfindung betrifft auch eine rotierende elektrische Maschine.

Verfahren zur Herstellung von rotierenden elektrischen Maschinen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer rotierenden
5 elektrischen Maschine mit einer eisenlosen Wicklung in Form von Motoren oder
Generatoren, die Luftspalte aufweisen, in denen die Wicklung verläuft.

Derartige Motoren werden auch als Luftspulenmotoren bezeichnet und
weisen einen hohen Wirkungsgrad auf.

Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Bauweisen bekannt, zum
10 einen Motoren mit glockenförmigen Spulen und zum anderen Motoren, bei denen
die Ankerspule den Rotor vollständig umgibt. Innerhalb der Ankerspulen ist auf
einer Welle ein freidrehbarer Permanentmagnet vorgesehen, wobei Ankerspule
und Permanentmagnet gleichachsig gelagert sind.

Aus dem DE 20 2006 007 619 U1 ist eine Glockenankerspule bestehend aus
15 einer aus einem Wickeldraht gewickelten hohlzylindrischen Spulenwicklung
bekannt, in deren Spulenöffnung einendig eine Spulenträgerplatte eingesetzt ist.
Die Glockenankerspule bildet den aktiven Teil des Rotors und ist als
selbsttragende zylindrische Spule mit einer Schrägwicklung ausgebildet.

Zum Wickeln der Glockenankerspulen sind verschiedene Verfahren bekannt.

20 Ein Verfahren sieht das Wickeln der Wicklung auf einer Hülse oder einem
Dorn vor. Das Wickeln erfolgt nacheinander in verschiedenen Schichten, wobei
nach jeder Schicht ein Fixieren des Drahtes durch Erwärmen (Zwischenbacken)
erfolgt. Daran schließt sich das Wickeln der nächsten Schicht an, bis die Spule
fertig gestellt ist. Die abschließende Formgebung erfolgt durch das so genannte
25 Fertigbacken. Ein weiteres Verfahren besteht darin, dass die gesamte Wicklung
auf eine Hülse oder einen Dorn gewickelt wird, an dessen Umfang der beiden
Enden verteilte feine Stifte vorgesehen sind, die die Wicklung während des
Wickelvorganges fixieren. Es erfolgt ein kontinuierliches Wickeln ohne

Zwischenbacken. Anschließend erfolgt das Entfernen der Stifte, das Abziehen der Spule und als Fertigbacken der Spule. Als Wickeldraht wird ein so genannter Backlackdraht verwendet. Vorzugsweise erfolgt die Wicklung als Schrägwicklung, die einfach zu realisieren ist und eine gute selbsttragende Eigenschaft hat.

- 5 Aus der DE 28 21 740 B2 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Glockenspule bekannt, bei dem diese nach dem Wickeln verdichtet wird. Hierfür wird ein Spreizdorn oder ein Druckkissen verwendet, das in radialer Richtung nach außen auf die Wicklung wirkt und diese gegen eine Außenform drückt.

Nachteile dieser Wicklungen sind einerseits der relativ große unwirksame
10 Leiteranteil innerhalb jeder Spule und andererseits der schräge Leiterverlauf zur Bewegungsrichtung.

Ein weiterer Nachteil liegt darin, dass der wirksame Leiter nur durch axiale
Verlängerung der Maschine erhöht werden kann. Dies findet schnell seine
technischen Grenzen, sodass aufgrund der hohen Fliehkräfte ein
15 Zusammenhang mit der einseitigen Lagerung der Wicklung nur relativ kurze
Glockenanker verwendet werden können.

Aus der DE 101 37201 A1 ist eine Luftspaltwicklung in Glockenform innerhalb
einer elektrischen Maschine bekannt. Bei der Wicklungsart handelt es sich um
eine Luftspaltwicklung mit mindestens teilweise schrägen oder bogenförmig zur
20 Bewegungsrichtung verlaufenden Leitern. Die konstruktive Form besteht darin,
dass die Leiter innerhalb einer rotierenden Maschine im Schnitt quer zur
Bewegungsrichtung gezielt gebogen oder gefaltet sind, wobei die Wicklung sich
der Achse oder Welle, in Achsrichtung, mindestens einseitig annähert. Die
günstigen geometrischen Effekte entstehen durch die konstruktive Form der
25 Biegung oder Faltung mit Achsannäherung der Wicklung und durch gezielte
Verzerrung des herkömmlichen Wickelkanals innerhalb der gebogenen oder
gefalteten Form der Wicklung.

Weiterhin bekannt ist aus der GB 95 46 23 A ein Gleichstromkleinmotor, bei
dem das magnetische Erregerfeld durch einen innerhalb des Ankers
30 angeordneten Dauermagneten, der frei drehbar und gleichachsig mit diesem
gelagert ist, erzeugt wird. Der Motor kann beispielsweise aus einem
Wicklungsträger aus einem rohrförmigen Mantel mit zwei stirnseitigen Scheiben

oder zwei beabstandete Stützscheiben, zwischen den die Wicklung selbst freitragend angeordnet ist, bestehen. Auf dem Wicklungsträger ist die Wicklung angebracht. Innerhalb derselben ist der Kernmagnet mittels Lager auf der Rotorwelle drehbar gelagert. Nachteilig ist hier bei der freitragenden Ausführung der Wicklung der relativ große Luftspalt, um ein Schleifen der Wicklung am Kernmagnet oder am Gehäusemantel zu verhindern.

Aus der DE 694 07 908 T2 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Wicklung für einen Elektromotor bekannt, bei dem ein Wickeldraht auf einem Trägerdorn oder alternativ auf dem späteren Läufer gewickelt und unmittelbar nach dem Wickeln fixiert wird. Die Wicklung kann in radialer Richtung nach außen verpresst werden, um die Packungsdichte zu erhöhen. Das Verpressen kann in der Magnet-Rückschlusshülse des Motors erfolgen oder vor dem Einsetzen in die Magnet-Rückschlusshülse in einer separaten Vorrichtung.

Ausgehend vom Stand der Technik besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren zur Herstellung rotierender elektrischer Maschinen mit einer freitragenden Wicklung für Motoren oder Generatoren anzugeben. Diese Wicklung kann sowohl als Rotor für einen eisenlosen Luftspulenanker als auch als Stator an einem Eisenpaket fixiert zur Erzeugung eines elektrischen Drehfelds wirken und soll ebenfalls fertigungstechnisch einfach herstellbar sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst mit einem Verfahren zur Herstellung einer freitragenden Motorspule für Motoren oder Generatoren gemäß dem Anspruch 1 sowie einer elektrischen Maschine gemäß dem Anspruch 8. Allgemein ausgedrückt wird eine Motorspule um das zylindrische Innenteil so gewickelt, dass sie dieses vollständig umgibt. Das zylindrische Innenteil wird verwendet, um die Motorspule von der Innenseite aus zu verdichten, so dass nach dem Wickeln der das Innenteil umschließenden Motorspule ein präziser Luftspalt zur freien Rotationsbewegung dieser Spule oder des beschriebenen Innenteils erhalten wird. Dies kann insbesondere mit den folgenden Schritte geschehen: Zunächst werden die einzelnen Segmente der Spule zwischen zwei Endplatten über das auf einer Welle angeordnete Innenteil gewickelt, wobei dieses nach Abschluss des Wickelns endgültig von der fertigen Motorspule umgeben ist. Dann erfolgt ein Schritt der Formgebung der Motorspule durch serielles Verpressen der Wickeldrähte mit dem exzentrischen Abrollen des

Innenteils auf der Innenseite der Spule gegen ein von außen angebrachtes rundes Widerlager, welches entweder aus Rohrsegmenten oder als ganzer Zylinder die Außenseite der Spule durch die eingebrachte Gegenkraft formt. Schließlich wird die Motorspule durch Wärmeeinbringung in die Spule verbacken,
5 so dass sie als freitragende Motorspule ihre Form behält.

Alternativ dazu kann der Formgebungsschritt mit dem Schritt zur Wicklung der Motorspule zusammengefasst werden. Dann ergibt sich das folgende Verfahren: Wickeln der Ankerwicklung schrittweise zwischen zwei Endplatten über das auf einer Welle angeordnete Innenteil, wobei dieses von der
10 Motorwicklung vollständig umgeben ist, und Verpressen der Wickeldrähte durch die Oberfläche des Innenteils gegen ein Widerlager, wobei die Oberfläche des Innenteils exzentrisch auf der Innenseite der Motorspule abrollt und diese gegen ein Widerlager während des Wickelvorganges preßt. Anschließendes Verbacken der Motorspule durch Wärmebeaufschlagung.

15 Weiterhin besteht alternativ die Möglichkeit, alle Arbeitsschritte zu einem Schritt zusammenzufassen, wobei während des Wickelvorganges gleichzeitig ein Verpressen und ein Verbacken der Windungen stattfindet.

Ebenfalls kann die exzentrische Abrollbewegung zum Verpressen der
20 Wicklung auch umgekehrt vom Widerlager auf ein axial feststehendes Innenteil eingebracht werden.

Zur Verbesserung des Ergebnisses der Formgebung der Motorspule kann das Widerlager mit einer mechanischen Vibration angeregt werden. Damit wird die Massenträgheit zum Verpressen genutzt und die zugeführte notwendige Andruckkraft über die Welle verringert.

25 Die Motorspule wird vorzugsweise aus einem Backlackdraht gewickelt, wodurch eine mechanische Fixierung während oder nach dem Wickelvorgang möglich wird. Weiterhin wird vorgeschlagen, den Wickeldraht in der letzten Stufe der Drahtzuführung viereckig anzurollen, also während des Wickelns der letzten
30 Wickeldraht stabiler in der Wickellage, und der Wirkungsgrad der Maschine wird aufgrund der höheren Kupferfüllung wesentlich verbessert.

Das Innenteil auf der Welle kann sowohl Permanentmagnete als auch eine Kurzschluss- oder Erregerwicklung tragen, wobei das Innenteil die Form eines Zylinders mit glatter Mantelfläche besitzt, um die Isolation des Wickeldrahtes bei der Formgebung nicht zu beschädigen.

5 Die Motorspule kann wahlweise als Stator (mechanisch mit dem äußeren magnetischen Teil verbunden) oder als Rotor (über Schleifringe bzw. Kommutator elektrisch angeschlossen) wirken. Die Polpaarzahl der Motorspule und die Phasen zur Ansteuerung der Maschine sind frei wählbar. Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen darin, daß die Fertigung der Motorspule
10 direkt auf dem auf der Welle angeordneten Innenteil mit Wandscheiben, der gleichzeitig den Wickelkörper bildet, erfolgt. Durch die gerade Drahtführung im senkrechten Teil der Wicklung sowie dem einfachen Verlauf im Wendeteil kann eine einfache und schnelle Wickeltechnik eingesetzt werden. Zwischenpositionen mit Umlenkführungen sind nicht notwendig.

15 Die Motorspule wird mit den einzelnen Wicklungen in einer festen Abfolge, aber geschlossen hergestellt. Das einzelne Formen, Verpressen und Zusammensetzen von Spulensegmenten entfällt.

Da das als Wickelkörper dienende Innenteil von allen Seiten zugänglich ist, werden einfache, rahmenähnliche Wicklungsformen möglich, die gegenüber dem
20 Glockenanker einen wesentlich besseren Gesamtwirkungsgrad der Maschinen ergeben.

Durch den Formgebungsvorgang werden Fertigungstoleranzen egalisiert und so der benötigte Luftspalt minimiert. Dadurch erhöht sich die erzielbare Leistungsdichte.

25 Eine erfindungsgemäße rotierende elektrische Maschine, die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt sein kann, ist dadurch gekennzeichnet, dass sie ein magnetisches Innenteil und eine aus mindestens einer Wicklung bestehende Motorspule aufweist, die sich entlang der zylindrischen Außenfläche des Innenteils, über eine der Stirnseiten des
30 Innenteils, zurück über die Außenfläche des Innenteils und über die andere Stirnseite des Innenteils erstreckt, wobei zwischen der Innenseite der Motorspule und der Außenfläche des Innenteils ein Luftspalt vorhanden ist und wobei die

Wicklung mindestens in dem an die Innenseite angrenzenden Abschnitt mechanisch verdichtet ist. Der mechanisch verdichtete Bereich zeichnet sich dadurch aus, dass dort der pro betrachtete Flächeneinheit vorhandene Querschnitt des Materials der Motorspule, insbesondere Kupferleiter, höher ist
5 als in den nicht verdichteten Bereichen auf der radial außenliegenden Seite der Motorspule.

Vorzugsweise sind die an der Innenseite der Motorspule liegenden Drahtabschnitte auf der zur Mittelachse des Innenteils weisenden Seite abgeflacht. Die Abflachung ergibt sich aus der Walzwirkung des Innenteils, mit
10 der der Luftspule zwischen der Motorspule und dem Innenteil erzeugt wird.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass sich die Wicklung im Bereich der Außenfläche des Innenteils parallel zur Mittelachse des Innenteils erstreckt. Dies führt zu einem hohen Wirkungsgrad der elektrischen Maschine, da sich ein großer Anteil der Länge der Leiter, aus denen die Motorspule besteht, sich
15 senkrecht zur Bewegungsrichtung durch das Zentrum des Magnetfeldes erstreckt. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber beispielsweise einer Glockenspule, bei der sich die Leiter der Motorspule überwiegend schräg über das Magnetfeld erstreckt.

Anhand eines Ausführungsbeispiels soll die Erfindung näher beschrieben
20 werden. Es zeigen:

Figur 1 in einem schematischen Längs- und Querschnitt ein Innenteil der elektrischen Maschine mit der dieses umschließenden Motorspule,

Figur 2 in einem schematischen Längs- und Querschnitt den Formgebungsvorgang,

25 Figur 3 in einem schematischen Längs- und Querschnitt die fertige elektrische Maschine ,

Figur 4 in einer schematischen perspektivischen Ansicht ein Innenteil der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine,

Figur 5 in einer schematischen perspektivischen Ansicht das Innenteil von
30 Figur 4 in einem ersten Zwischenzustand bei der Herstellung der Motorspule,

Figur 6 in einer schematischen perspektivischen Ansicht das Innenteil von Figur 4 in einem zweiten Zwischenzustand bei der Herstellung der Motorspule,.

Figur 7 in einer schematischen perspektivischen Ansicht das Innenteil mit der dieses umschließenden Motorspule.

- 5 Die Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine mit einer eisenlosen freitragenden Ankerwicklung wird im Ausführungsbeispiel anhand des dreistufigen Verfahrens beschrieben.

Die Figur 1 zeigt eine Prinzipdarstellung einer Motor- oder Ankerwicklung 5 nach Abschluss des Wickelvorganges. Vor dem Wickeln des Ankers 5 wird auf
10 eine Welle 1 mit einem Innenteil 2, das beispielsweise aus einem zylinderförmigen Permanentmagneten besteht, beidseitig je eine Distanzscheibe 3 und eine Endplatte 4 aufgeschoben. Anschließend werden die Endplatten 4 mittels einer Buchse 9 auf der Welle 1 zentriert. Die so vorbereitete Baueinheit wird in eine Wickeleinrichtung eingesetzt und mehrere Platzhalter 6 für den
15 Wickelvorgang eingesetzt. Die Wicklung des Ankers erfolgt im ersten Herstellungsschritt dann schrittweise zwischen den Endplatten 4 über das Innenteil 2 und umschließt dieses zuletzt vollständig. Als Wickeldraht kommt ein so genannter Backlackdraht zum Einsatz, der für die Herstellung der letzten Stufe der Wicklung mittels einer Einrichtung quadratisch eingerollt wird. Dies
20 gewährleistet, dass die letzten Wicklungen der entsprechenden Spule, also die außen liegenden Wicklungen, enger beieinanderliegen, da die einzelnen Drähte bei quadratischem Querschnitt (im Idealfall) spaltfrei aneinander anliegen können und nicht, wie bei einem runden Drahtquerschnitt, zwischen den einzelnen Drähten ein Freiraum verbleibt.

- 25 Grundsätzlich ist auch denkbar, den für die Motorspule verwendeten Draht während des gesamten Wickelns mit einem quadratischen Querschnitt zu verwenden.

Durch das freie Wickeln über die Lager der Motorspule ergibt sich in der Mitte
zwangsweise eine Aufdickung, die keinen Luftspalt erlaubt und die notwendige
30 Freiheit des Rotors blockiert. Dieser Mangel wird mit dem folgenden Formatieren der Spule behoben.

Nach dem Wickelvorgang werden die Buchsen 9, die die Endplatten 4 zentrisch zur Welle 1 halten, entfernt und ein Widerlager 7 aufgeschoben (Figur 2). Die Baueinheit wird in eine Vorrichtung eingelegt, und die Welle 1 mit dem Innenteil 2 wird in eine exzentrische Bewegung versetzt. Dadurch rollt das
5 Innenteil 2 exzentrisch auf der Innenseite der Ankerwicklung 5 ab und verdichtet die Wicklung gleichmäßig gegen das Widerlager 7 und bringt die Ankerwicklung 5 in Form (zweiter Herstellungsschritt). In Figur 2 ist die Ankerwicklung in einem Zustand gezeigt, in welchem die Wicklungen durch die walzende Wirkung des Innenteils 2 bereits so weit verdichtet sind, dass ein Freiraum zwischen der
10 Außenfläche des Innenteils 2 und der Innenfläche der Ankerwicklung 5 gebildet ist. Dieser Freiraum ist in den Schnitten von Figur 2 jeweils unterhalb des Innenteils 2 gut zu sehen.

Vor und während dem Walzen/Verdichten wird die Ankerwicklung 5 mit Wärme beaufschlagt.

15 Nach dem Formgebungsvorgang wird das Widerlager 7 entfernt und die verpresste Ankerwicklung 5 mit Wärme beaufschlagt, wodurch die einzelnen Drähte der Wicklung untereinander verbacken werden (dritter Herstellungsschritt). Die Wärmebeaufschlagung der Ankerwicklung 5 kann dadurch erfolgen, dass ein geeignet starker Strom durch die Ankerwicklung
20 geleitet wird. Grundsätzlich ist allerdings auch möglich, die notwendige Energie in anderer Weise von außen zuzuführen, beispielsweise durch Strahlung oder Heißluft.

Anschließend werden Lager 8 in die Endplatten 4 eingesetzt und fixieren die Ankerwicklung 5 in Bezug zur Welle 1 (Figur 3). Dadurch ergibt sich ein
25 minimierter Luftspalt zwischen der zylindrischen Oberfläche des Innenteils 2 und der Innenseite der Ankerwicklung 5. Anschließend wird die Ankerwicklung 5 in üblicher Weise mit den elektrischen Anschlüssen versehen und mit der Welle 1 und dem Innenteil 2 in das Gehäuse 10 eingesetzt, wobei eine der Endplatten 4 der Ankerwicklung mittels eines Lagers 8 im Gehäuse 10 drehbar gelagert wird,
30 so dass die mechanische Leistung des Ankers nach außen übertragen werden kann.

Wenn die Ankerwicklung 5 feststehend angeordnet ist und die mechanische Leistung von der Welle 1 abgegriffen wird, ist das Lager 8, bezogen auf Figur 3,

auf der linken Seite des Gehäuses 10 angeordnet, um die Welle 1 im Gehäuse 10 zu lagern.

Anhand der Figuren 4 bis 7 werden nachfolgend einige Details der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine und des Verfahrens zu ihrer
5 Herstellung in einer 4-poligen Brushless-Innenpolausführung erläutert.

In Figur 4 ist das zylindrische Innenteil 2 gezeigt, welches einen magnetisch leitenden Kern 20, mehrere Magnete 22 und in Umfangsrichtung zwischen den Magneten 22 angeordnete Füllelemente 24 aufweist. Mit dem magnetisch leitenden Kern 20 ist die aus den Figuren 1 bis 3 bekannte Welle 1 drehfest
10 verbunden. Wesentliches Merkmal des Innenteils 2 ist, dass es eine zylindrische, im Wesentlichen glatte Umfangsfläche aufweist.

In Figur 5 ist ein erster Zwischenzustand beim Wickeln der Motorspule 5 gezeigt. Es sind die Endplatten 4 zu erkennen, die auf beiden Seiten auf die Welle 1 aufgeschoben sind, bis sie sich in geringem Abstand zu den beiden
15 Stirnseiten des Innenteils 2 befinden. Um die konzentrische Ausrichtung der Endplatten 4 relativ zum Innenteil 2 zu gewährleisten, können die aus Figur 1 bekannten Buchsen 9 verwendet werden, die in Figur 5 nicht gezeigt sind. Da eine Zentrierung nicht zwingend notwendig ist, ist es auch denkbar, die Motorspulen 5 zu wickeln, ohne dass die Buchsen 9 verwendet werden. Es ist zu
20 erkennen, dass der Durchmesser der Endplatten 4 geringfügig größer ist als der Durchmesser des Innenteils 2.

In Figur 5 sind mehrere Wickelhilfen 30 zu sehen, die als Vorsprünge an den Endplatten 4 ausgeführt sind. In der gezeigten Ausführungsform sind die Wickelhilfen einstückig mit den Endplatten ausgeführt und erstrecken sich
25 parallel zur Welle 1 vom Innenteil 2 weg. Sie dienen dazu, die Wicklung in der gewünschten Weise über die Stirnseiten der Endplatten 4 zu führen. Am Außenumfang der Endplatten 4 können durch Bohrungen und Stifte auch verschiedene Platzhalter 32 fixiert werden, die gewährleisten, dass die Wicklungen sich präzise in einem für sie vorgesehenen Segment erstrecken. In
30 Figur 5 ist eine Wicklung 34 gezeigt, die zwischen zwei benachbarten Platzhaltern 32 ausgeführt ist und in ihrem sich entlang der Außenumfangsfläche des Innenteils 2 erstreckenden Abschnitt parallel zur Mittelachse des Innenteils erstreckt. Jede Wicklung weist somit einen „Hinabschnitt“ auf, der sich entlang

der Außenfläche des Innenteils erstreckt, einen ersten umgelenkten Abschnitt, der über die Stirnseite einer der Endplatten 4 innerhalb der Wickelhilfen 30 verläuft, einen „Rückabschnitt“, der ebenfalls entlang der Außenfläche des Innenteils 2 verläuft, und einen zweiten umgelenkten Abschnitt, der über die
5 Stirnseite der anderen Endplatte verläuft. Jede Wicklung 34 verläuft also über sämtliche Außenflächen (zylindrische Umfangsfläche und zwei Stirnseiten) des Innenteils.

In Figur 6 ist das Innenteil mit drei fertiggestellten Wicklungen 34 zu sehen, den sogenannten Innenwicklungen. Es handelt sich hier um die Wicklungen,
10 deren umgelenkte Abschnitte unmittelbar auf den Stirnseiten der Endplatten 4, innerhalb der Wickelhilfen 30, aufliegen und keine anderen Wicklungen kreuzen.

Nachdem die Innenwicklungen fertiggestellt sind, werden zwei weitere Endplatten 4A aufgesetzt, die wiederum mit Wickelhilfen 31 in der Form von einstückig angebrachten Vorsprüngen versehen sind.

In Figur 7 ist das Innenteil mit den fertiggestellten Wicklungen gezeigt. Gegenüber dem in Figur 6 gezeigten Zustand sind auch die äußeren Teilwicklungen fertiggestellt, sodass insgesamt sechs unmittelbar aneinander angrenzende Wicklungen gebildet sind. Die einzelnen Anschlüsse der
15 Wicklungen sind hier der besseren Übersichtlichkeit halber nicht gezeigt. Vom Innenteil ist nur noch die Welle 1 zu sehen, da die Wicklungen das Innenteil
20 vollständig umschließen.

In dem in Figur 7 gezeigten Zustand erstrecken sich die inneren Lagen der einzelnen Wicklungen nicht in einem konstanten Abstand von der Mittelachse des Innenteils 2, sondern verlaufen leicht bogenförmig. Im Bereich der
25 Endplatten 4 entspricht ihr Abstand von der Mittelachse dem Radius, der durch die Abmessungen der Endplatten 4 vorgegeben ist. In der Mitte zwischen den Endplatten (und auch in einem nicht präzise definierten Bereich beiderseits der Mitte) liegen die einzelnen Drähte jedoch auf der zylindrischen Außenfläche des Innenteils 2 auf. Daher ist es unmittelbar nach dem Wickeln der Wicklungen
30 kaum möglich, das Innenteil 2 innerhalb der Wicklungen zu drehen. Der für die Freigängigkeit des Innenteils 2 nötige Luftspalt zwischen der Außenfläche des Innenteils 2 und den Wicklungen wird erst dadurch erzeugt, dass die Wicklungen in radialer Richtung nach außen komprimiert werden. Hierfür wird das Innenteil 2

als Werkzeug benutzt, welches eine Kraft in radialer Richtung nach außen auf die Wicklungen ausübt, die sich ihrerseits auf der Innenfläche des Widerlagers 7 (siehe Figur 2) abstützen. Die in radialer Richtung nach außen wirkende Kraft kann dadurch aufgebracht werden, dass das Innenteil 2 auf der Innenseite der 5 die Motorspule 5 bildenden Wicklungen abrollt. Alternativ ist auch denkbar, dass das Innenteil 2 eine oszillierende Bewegung innerhalb der Wicklungen ausführt und die Richtung dieser oszillierenden Bewegung geändert wird, sodass nacheinander alle innenliegenden Umfangsabschnitte der Wicklungen verdichtet werden. Im Endzustand sind dann die inneren Lagen der einzelnen Wicklungen 10 wieder so weit nach außen zurückgedrängt, dass der Innendurchmesser innerhalb der Wicklungen etwa dem Außendurchmesser der Endplatten 4 entspricht. Auf diese Weise ist ein im Wesentlichen konstanter Luftspalt zwischen der Motorspule 5 und dem Innenteil 2 gewährleistet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung rotierender elektrischer Maschinen mit einer freitragend hergestellten Motorspule für Motoren oder Generatoren, wobei die Spule das Innenteil bereits bei der Herstellung umschließt, also vormontiert wird
5 und dieses auch bei der Spulenherstellung als Hilfsmittel zur Spulenformgebung benutzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass
- in einem ersten Schritt die Motorspule (5) schrittweise zwischen zwei Endflächen (4; 4') über das magnetische Innenteil (2) gewickelt wird, wobei diese das Innenteil (2) vollständig umgibt,
 - 10 - in einem zweiten Schritt die Formgebung der Motorspule (5) durch Verpressen der Wickeldrähte dadurch erfolgt, dass die Welle (1) mit der Oberfläche des Innenteils (2) gegen die Innenseite der Motorspule (5) bewegt wird, insbesondere exzentrisch auf dieser abrollt und diese gegen ein Widerlager (7) presst, und
 - 15 - in einem dritten Schritt die verpresste Motorspule (5) durch Wärmebeaufschlagung verbacken wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrensschritte 1 und 2 zu einem einzigen Verfahrensschritt zusammengefasst werden, wobei die Formgebung der Motorspule (5) während
20 des Wickelvorganges durch exzentrisches Abrollen der Oberfläche des Innenteils (2) auf der Innenseite der Motorspule (5) gegen ein Widerlager (7), und in einem nachfolgenden Schritt ein Verbacken der verpressten Ankerspule (5) durch Wärmebeaufschlagung erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
25 Verfahrensschritte 1, 2 und 3 zu einem Verfahrensschritt zusammengefasst werden, wobei die Formgebung und das Verbacken der Motorspule (5) während des Wickelvorganges durch exzentrisches Abrollen der Oberfläche des Innenteils (2) auf der Innenseite der Ankerwicklung (5) gegen ein Widerlager (7), und ein schichtweises Verbacken der verpressten Wicklungen der Ankerwicklung (5)
30 durch Wärmebeaufschlagung erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Widerlager (7) oder das Innenteil (2) während des Formgebungsvorganges mit einer mechanischen Vibration angeregt wird.

5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorspule (5) aus einem Backlackdraht gewickelt wird und dieser während des Wickelns der letzten Windungen der Motorspule (5) viereckig angerollt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Endflächen Teil von Endplatten sind, die an dem
10 Innenteil angeordnet sind.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Außendurchmesser der Endplatte geringfügig größer ist als der Außendurchmesser des Innenteils, insbesondere um das doppelte des Luftspalts zwischen Motorspule und Innenteil.

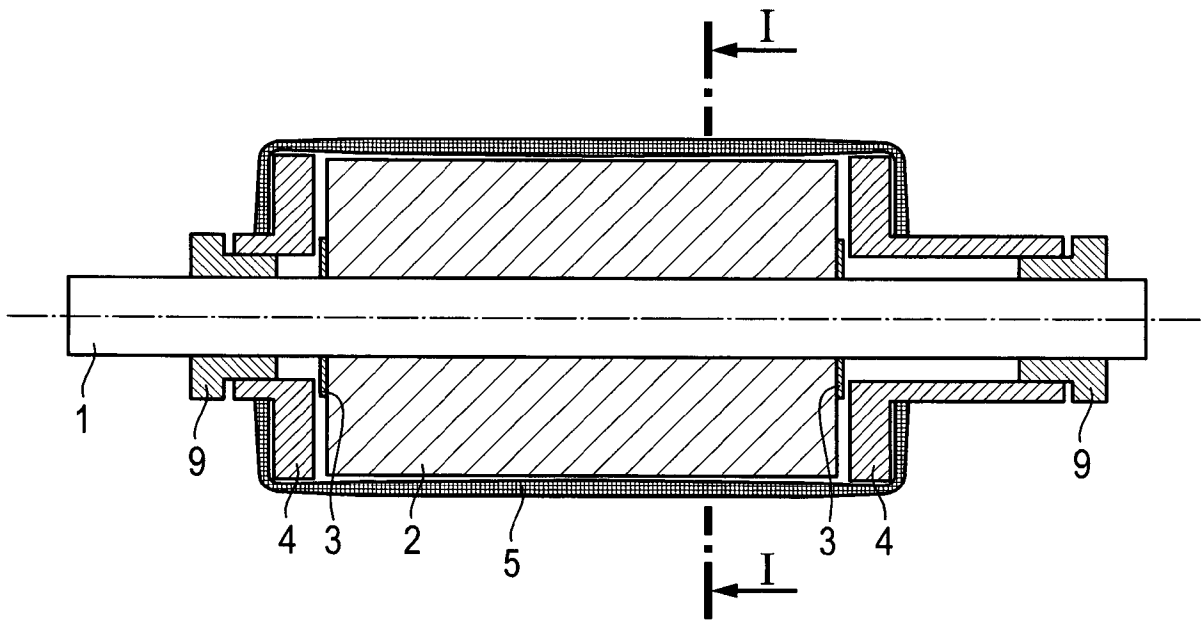
15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Innenteil drehfest mit einer Welle verbunden ist.

9. Rotierende elektrische Maschine, insbesondere hergestellt mit einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein magnetisches Innenteil und eine aus mindestens einer Wicklung
20 bestehende Motorspule aufweist, die sich entlang der zylindrischen Außenfläche des Innenteils, über eine der Stirnseiten des Innenteils, zurück über die Außenfläche des Innenteils und über die andere Stirnseite des Innenteils erstreckt, wobei zwischen der Innenseite der Motorspule und der Außenfläche des Innenteils ein Luftspalt vorhanden ist und wobei die Wicklung mindestens in
25 den an die Innenseite angrenzenden Abschnitt mechanisch verdichtet ist.

10. Maschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die an der Innenseite der Motorspule liegenden Drahtabschnitte auf der zur Mittelachse des Innenteils weisenden Seite abgeflacht sind.

11. Maschine nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,
30 dass sich die Wicklung im Bereich der Außenfläche des Innenteils parallel zur Mittelachse des Innenteils erstreckt.

12. Baugruppe mit einem zylindrischen Innenteil, das mit mindestens einem Magneten versehen ist, und einer Motorspule, die aus mehreren Wicklungen gebildet ist, die sich über an den Stirnseiten des Innenteils angeordnete Endplatten entlang der zylindrischen Umfangsfläche des Innenteils und über die
- 5 Stirnseiten des Endplatten erstrecken, so dass das Innenteil allseitig von der Motorspule umschlossen ist, wobei die innenliegenden Wicklungen der Motorspule an der Umfangsfläche des Innenteils aufliegen.



Querschnitt I-I

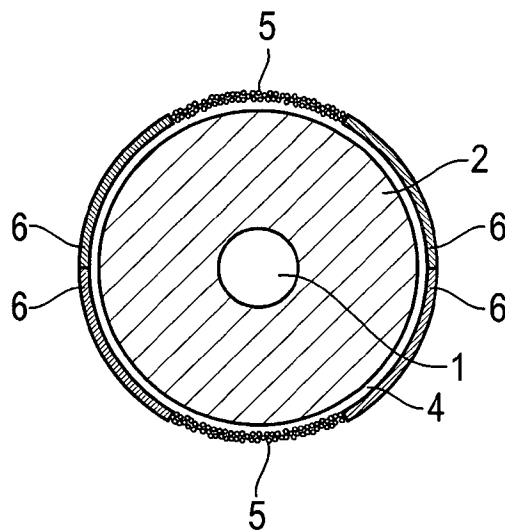
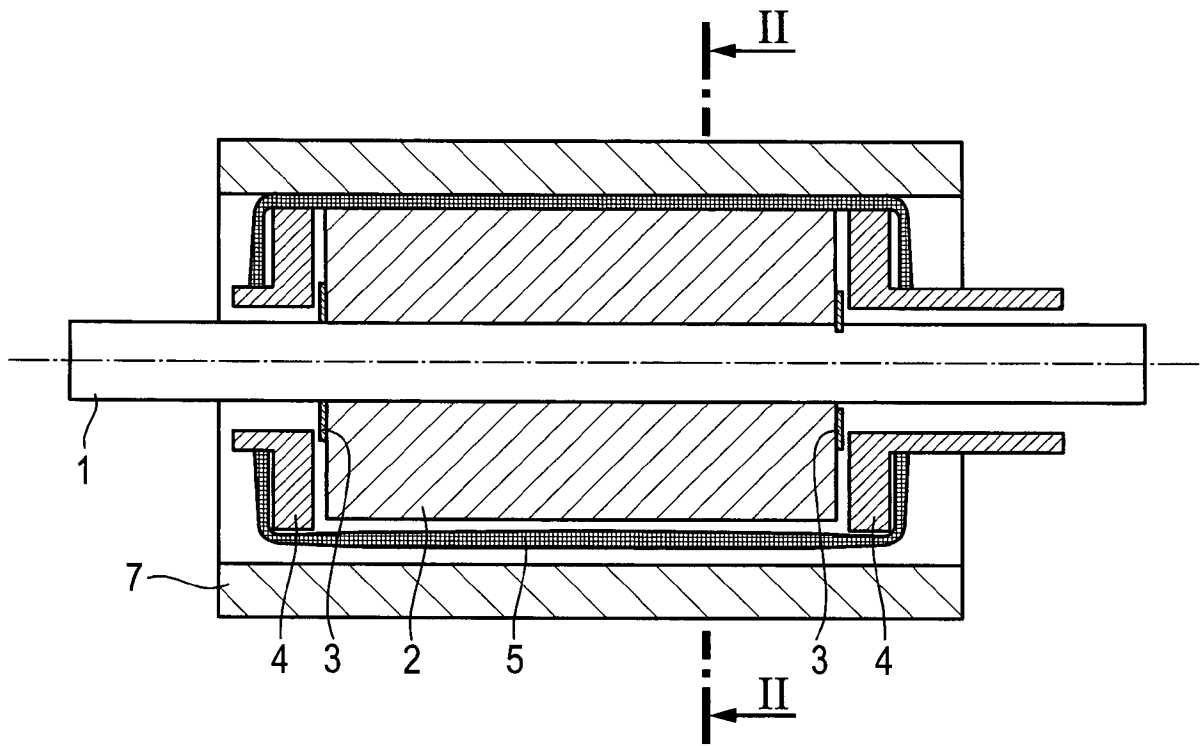


Fig. 1



Querschnitt II-II

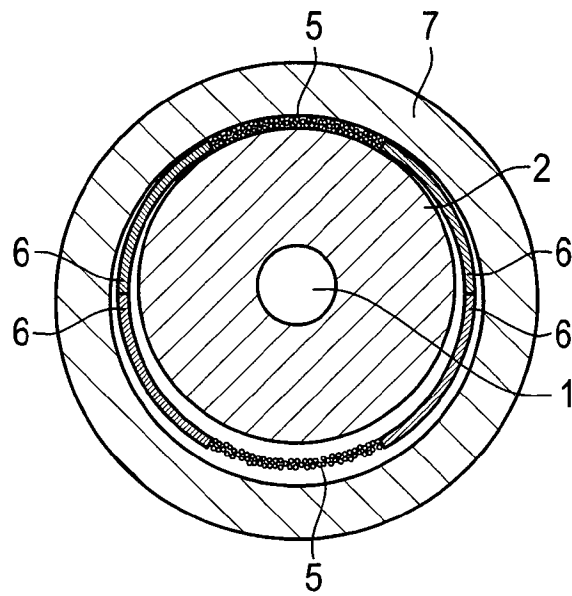


Fig. 2

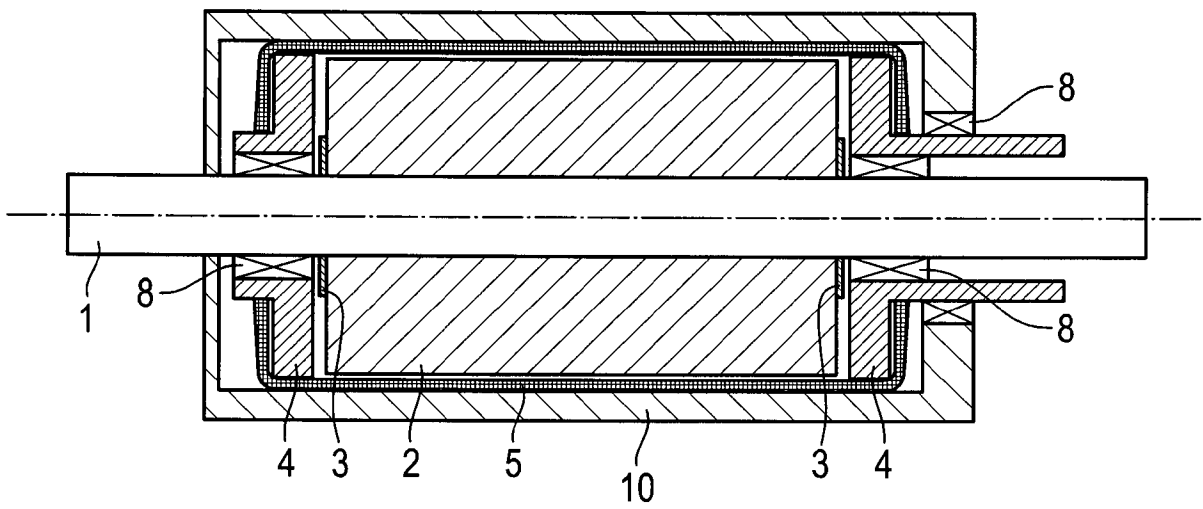


Fig. 3

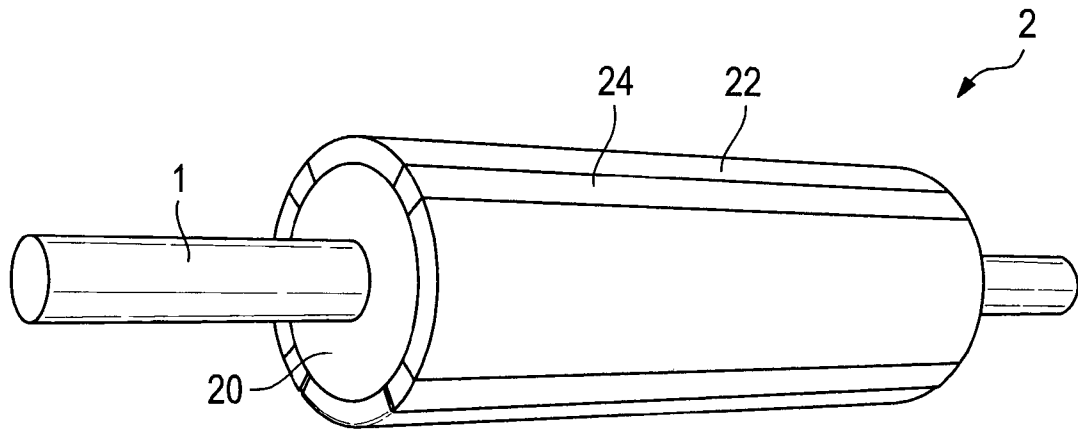


Fig. 4

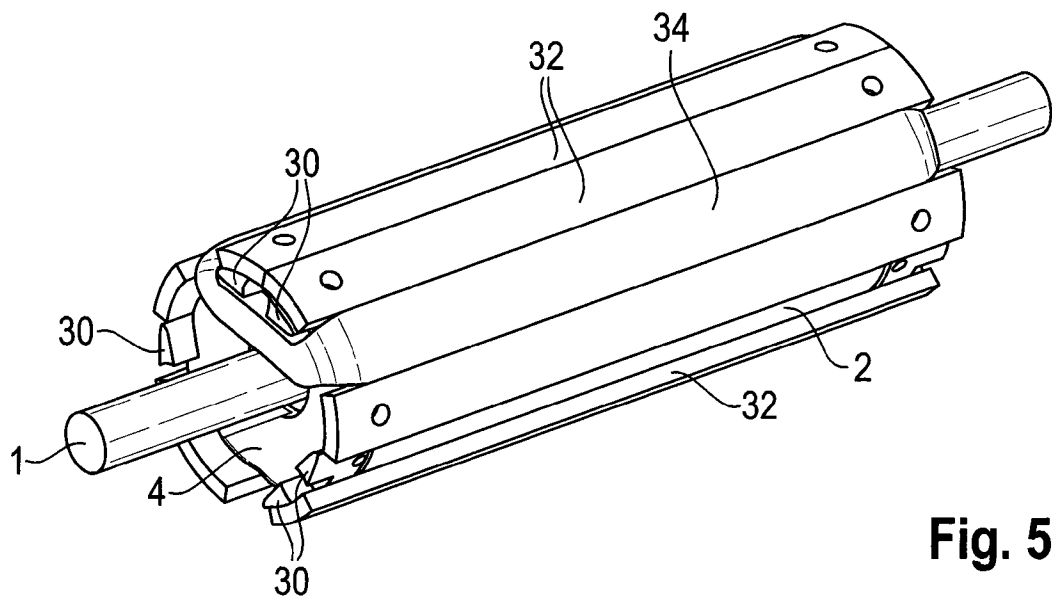


Fig. 5

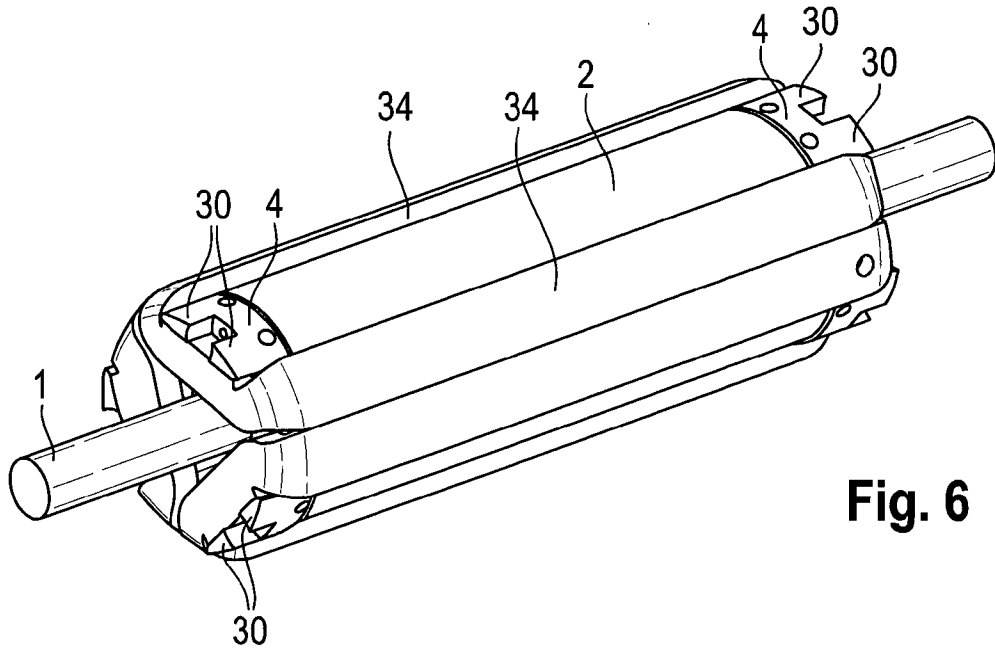


Fig. 6

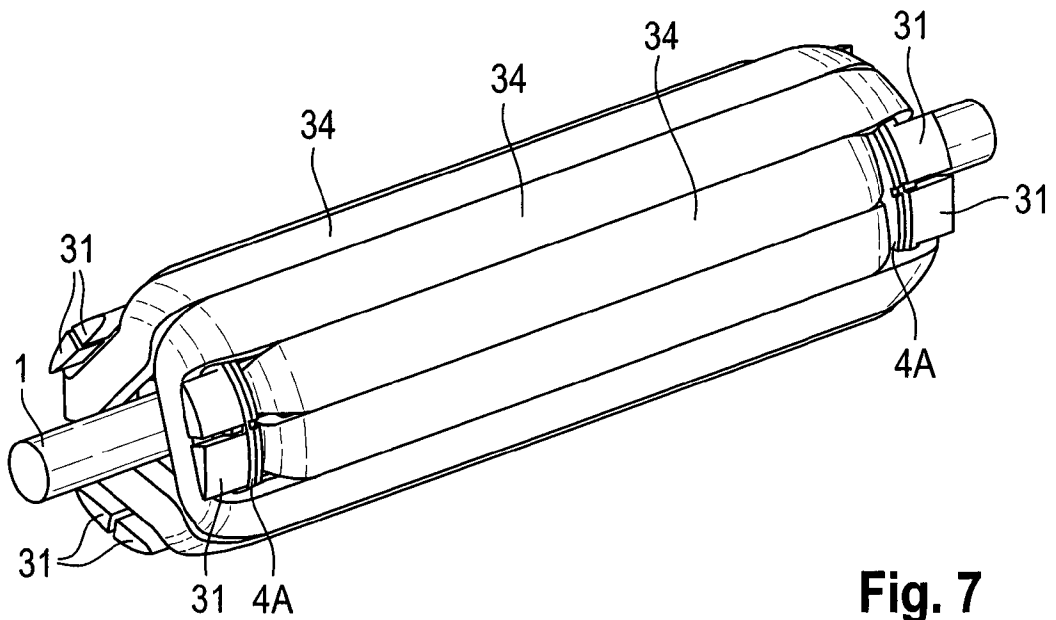


Fig. 7