



(10) **DE 10 2010 055 823 B4** 2015.12.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 055 823.0**
(22) Anmeldetag: **23.12.2010**
(43) Offenlegungstag: **28.06.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.12.2015**

(51) Int Cl.: **H02K 15/14 (2006.01)**
H02K 15/00 (2006.01)
H02K 5/128 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(62) Teilung in:
10 2010 064 579.6

(73) Patentinhaber:
AVL Trimerics GmbH, 70567 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:
Hannke Bittner & Partner, 93049 Regensburg, DE

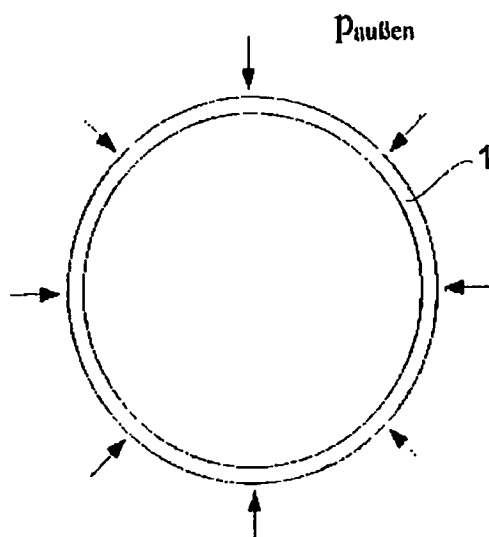
(72) Erfinder:
**Krompaß, Martin, 94036 Passau, DE; Liebl,
Herbert, 93053 Regensburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Maschine und Maschine mit Faserspaltrohr**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Maschine mit einem zylinderförmigen Stator, welcher eine zentrische und sich entlang der Maschinenachse erstreckende Statorbohrung sowie wenigstens eine Wicklung (11), welche eine Vielzahl um eine Maschinenachse (M) verteilte und jeweils in sich parallel entlang der Maschinenachse (M) erstreckende Nuten (3) eines zylinderförmigen Blechpaketes (2) des Stators aufgenommene Wicklungsabschnitte oder Leiter aufweist, umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass ein faserverstärktes, im Wesentlichen zylinderförmiges und zumindest abschnittsweise dünnwandiges Spaltrohr (1) im Wesentlichen zentrisch zu der Maschinenachse (M) in die Statorbohrung des Stators mittels einer Übermaßpassung eingepresst wird, um den Stator gegenüber einem innerhalb der Statorbohrung liegenden Rotorelement (5) fluiddicht abzudichten, derart, dass ein Übergang des Kühlmediums von dem Stator zu dem Rotor vermieden wird, wobei das Blechpaket (2) und/oder die Wicklung (11) mittels eines flüssigen Kühlmittels, welches im Wesentlichen durch die Nuten (3) des Blechpaketes (2) und/oder durch separat angeordnete Kühlkanäle des Blechpaketes (2) geleitet wird, gekühlt werden/wird, und das Kühlmittel zumindest abschnittsweise einen radial nach innen wirkenden Umfangsdruck auf das Spaltrohr (1) ausübt, welcher im Wesentlichen geringer ist als eine durch die Übermaßpassung verursachte zumindest abschnittsweise radial nach außen wirkende und durch die Druckspannung des Spaltrohres verursachte Druckkraft, und wobei vor dem Einpressen des Spaltrohres (1) jeweils an Stirnseiten des zylinderförmigen Stators eine sich im Wesentlichen parallel zu den Stirnseiten erstreckende und im Wesentlichen zentrisch mit der Maschinenachse (M) gelagerte ringförmige Endscheibe (4) mit dem Blechpaket verbunden wird, wel-

che gleichmäßig um die Maschinenachse (M) verteilte und sich von der Maschinenachse (M) radial nach außen erstreckende Aussparungen aufweist, durch welche die Wicklung ebenso geführt wird, wie durch die Nuten (3) des Blechpaketes (2) und an welcher Endscheibe (4) jeweils ein zentrisch zu der Maschinenachse (M) ausgerichtetes Rohrelement (5) zur Wickelkopfabschottung angeordnet wird.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	23 42 050	A1
DE	10 2004 013 721	A1
US	2 721 280	A
US	2 698 911	A
US	3 727 085	A
US	2 961 716	A
US	3 629 627	A
EP	0 111 764	A1
EP	1 271 747	A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Maschine mit einem zylinderförmigen Stator gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie auf eine elektrische Maschine mit einem zylinderförmigen Stator gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 7.

[0002] Elektrische Maschinen, welche beispielsweise als elektrische Motoren, um elektrische Energie in mechanische Energie zu wandeln, oder als elektrische Generatoren, um mechanische Energie in elektrische Energie zu wandeln, betrieben werden können, sind aus dem allgemein bekannten Stand der Technik bekannt.

[0003] Beispielsweise sind solche elektrischen Maschinen aus den Druckschriften US 2 721 280 A, US 3 629 627 A und DE 10 2004 013 721 A bekannt.

[0004] Diese elektrischen Maschinen, welche zudem in Synchron- oder Asynchronmaschinen bzw. in Gleichstrom-, Wechselstrom- oder Drehstrommaschinen unterschieden werden können, weisen vorzugsweise einen Stator bzw. ein Statorelement und einen Rotor bzw. ein Rotorelement auf.

[0005] Der Stator ist das feststehende, unbewegliche Teil der elektrischen Maschine und bei einigen Maschinen auch gleich das Gehäuse der elektrischen Maschine. Der Stator, welcher aus einer Vielzahl von Eisenblechen konstruiert ist, welche den Kern der Induktionsspulen bilden, kann entweder den Rotor vorzugsweise vollständig umgeben oder bevorzugt vollständig von dem Rotor umgeben werden.

[0006] Der Rotor ist dagegen das rotierende Teil der Maschine, welcher alternativ auch als Läufer bezeichnet wird. Es ist auch möglich, dass der Stator beispielsweise bei einem Gleichstrommotor aus einem Dauermagnet mit Polschuhen und bei einem Wechselstrommotor aus einem Elektromagneten besteht. Wird dann elektrische Energie durch diesen Elektromagneten geleitet, entsteht ein Magnetfeld im Stator.

[0007] Im Fall des Gleichstrommotors besteht der Rotor aus einer Spule mit Eisenkern und ist drehbar im Magnetfeld zwischen den Polschuhen des Stators gelagert.

[0008] Der Luftspalt einer elektrischen Maschine stellt einen magnetischen Widerstand dar. Dieser Widerstand ist umso höher, je größer der Luftspalt ist. Daher sollte dieser Luftspalt so klein wie möglich gehalten werden, um die Maschine nicht mehr als notwendig zu verschlechtern. Bei flüssigkeitsgekühlten elektrischen Maschinen wird zumeist noch ein Spaltröhre in diesen Luftspalt eingebracht, um eine Abdich-

tung zu erreichen. Ein Spaltröhre vergrößert jedoch den Luftspalt der Maschine. Um folglich die magnetischen Eigenschaften der Maschine so gering wie möglich negativ zu beeinflussen, ist es erforderlich die Wandstärke dieses Spaltröhres so gering wie möglich zu auszubilden.

[0009] Beispielsweise werden derartige Spaltröhre vorzugsweise bei sogenannten Spaltröhrepumpen, d. h. Pumpenantrieben eingesetzt, welche zur Förderung von Flüssigkeiten dienen und bei denen dementsprechend der mit dem Fördermittel gefüllte Raum nach außen hin hermetisch abgedichtet sein muss.

[0010] Diese Abdichtung wird mittels des Spaltröhres erreicht, welches zwischen dem Rotor, welcher beispielsweise mit dem Fördermittel umspült wird und dem Stator angeordnet ist, um ein Eindringen der Flüssigkeit in den Stator, welcher beispielsweise ein Blechpaket mit einer entsprechenden Wicklung aufweist, zu verhindern.

[0011] Durch das den Rotor umfließende und unter Druck stehende Fördermittel wird das Spaltröhre mit einer radial nach außen gerichteten Druckkraft, d. h. einem Innendruck beaufschlagt, wodurch das Spaltröhre an den Stator gepresst wird und infolgedessen durch das Blechpaket des Stators gestützt wird. Demzufolge wird durch die gleichmäßig verteilte Innendruckbelastung und die durch den Stator ermöglichte umfängliche Stützfunktion als Gegendruck eine Deformierung des vorzugsweise sehr dünnwandigen Spaltröhres vermieden.

[0012] Demnach wäre eine Nutzung dieses Spaltröhres beispielsweise im Fall eines flüssigkeitsgekühlten Elektromotors nicht denkbar, wenn hierbei die Flüssigkeit nicht entlang des Rotors, sondern durch den Stator und im Speziellen durch die Hohlräume der Nuten geleitet wird, um die Wicklung des Stators zu kühlen. In diesem Fall würde das Spaltröhre mit einem in radialer Richtung nach innen wirkenden Außendruck beaufschlagt werden, dem das Spaltröhre selbst kaum einen Gegendruck entgegenbringen kann. Auch befindet sich auf der Innenseite des Spaltröhres kein das Spaltröhre stützendes Element, welches den Gegendruck zu dem durch das Kühlmedium erzeugten Außendruck aufbringen könnte. D. h., dass das Spaltröhre folglich eine deutlich niedrigere Außendruckbeständigkeit als eine Innendruckbeständigkeit, wie beispielsweise im Fall der Pumpe, aufweist. Das Spaltröhre würde sich demzufolge deformieren bzw. einbeulen und zumindest abschnittsweise den Rotor berühren. Durch diese Instabilität des dünnwandigen Spaltröhres würde der Rotor bei jeder Rotation an dem Spaltröhre entlang schleifen, wodurch der Rotor, das Spaltröhre und letztlich die gesamte elektrische Maschine beschädigt werden würden.

[0013] Demnach ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Maschine sowie eine elektrische Maschine mit einem Stator sowie einem Spaltrohr zur Verfügung zu stellen, welche den kritischen radial nach innen auf das Spaltrohr gerichteten Außendruck ausgleicht, um eine Deformierung eines Spaltrohres in einer flüssigkeitsgekühlten elektrischen Maschine zu vermeiden, ohne die Wandstärke des Spaltrohres zumindest im Bereich des Blechpaketes zu erhöhen.

[0014] Diese Aufgabe löst die vorliegende Erfindung mittels eines Verfahrens zum Herstellen einer elektrischen Maschine mit einem zylinderförmigen Stator gemäß dem Anspruch 1 und mittels einer elektrischen Maschine mit einem zylinderförmigen Stator gemäß dem Anspruch 7.

[0015] Demnach wird ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Maschine mit einem zylinderförmigen Stator, welcher eine zentrische und sich entlang der Maschinenachse erstreckende Statorbohrung sowie wenigstens eine Wicklung, welche eine Vielzahl um eine Maschinenachse verteilte und jeweils in sich parallel entlang der Maschinenachse erstreckende Nuten eines zylinderförmigen Blechpaketes des Stators aufgenommene Wicklungsabschnitte oder Leiter aufweist, umfasst, beansprucht.

[0016] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein faserverstärktes, im Wesentlichen zylinderförmiges und zumindest abschnittsweise dünnwandiges Spaltrohr im Wesentlichen zentrisch zu der Maschinenachse in die Statorbohrung des Stators mittels einer Übermaßpassung eingepresst, um den Stator gegenüber einem innerhalb der Statorbohrung liegenden Rotorelement fluiddicht abzudichten.

[0017] Demnach weist der Stator ein Blechpaket mit einer entsprechend in den Nuten des Blechpaketes angeordneten Wicklung auf, wobei sich die Wickelköpfe der Wicklung aus dem Blechpaket erstrecken. Der im Wesentlichen zylinderförmige Stator umgibt weiterhin vorzugsweise den ebenfalls zylinderförmigen Rotor vorzugsweise vollständig, wobei zwischen Stator und Rotor ein Maschinenspalt bzw. ein Luftspalt gebildet wird.

[0018] Die elektrische Maschine kann beispielsweise als elektrischer Motor oder als elektrischer Generator betrieben werden, wobei der elektrische Motor beispielsweise als ein Wechselstrommotor oder als Gleichstrom- oder (Dreiphasen-)Drehstrommotor ausgebildet sein kann.

[0019] Des Weiteren wird ein faserverstärktes Spaltrohr, welches vorzugsweise aus faserverstärkten Kunststoffen hergestellt wird, derart in den Maschinenspalt zwischen dem Stator und dem Rotor eingebracht, dass das Spaltrohr aufgrund einer Übermaß-

passung, d. h. einer Presspassung, zu dem Blechpaket des Stators in die Statorbohrung hineingepresst wird, so dass das Spaltrohr und der Stator bzw. die Statorbohrung zentrisch zueinander ausgerichtet sind.

[0020] Demnach ist die Maschinenachse, welche sich durch die Statorbohrung des Stators erstreckt, gleichzeitig die Drehachse, um welche sich der vorzugsweise zylindrische Rotor, der sich ebenfalls entlang der Maschinenachse erstreckt, dreht.

[0021] Infolgedessen ist die Maschinenachse vorzugsweise die zentrische Mittellinie des Rotors, des Stators sowie des Spaltrohres. Das Spaltrohr weist eine zumindest abschnittsweise dünne Wandung auf, um die magnetischen Eigenschaften der elektrischen Maschine so gering wie möglich negativ zu beeinflussen.

[0022] Mittels dieses Spaltrohres bzw. auch Faser-spaltrohres genannt, wird eine fluiddichte Abdichtung zwischen dem sich drehenden und vorzugsweise trocken zu haltenden Rotor und dem Stator, welcher beispielsweise mittels eines vorzugsweise flüssigen Kühlmediums gekühlt wird, erzeugt. Demnach wird erfindungsgemäß ein Übergang des Kühlmediums von dem Stator zu dem Rotor vermieden.

[0023] Weiter erfindungsgemäß wird folglich das Blechpaket und/oder die Wicklung mittels eines flüssigen Kühlmittels, welches im Wesentlichen durch die Nuten des Blechpaketes und/oder durch separat angeordnete Kühlkanäle des Blechpaketes geleitet wird, gekühlt.

[0024] Die separat angeordneten Kühlkanäle des Blechpaketes sind zudem vorzugsweise zur Leitung bzw. zur Führung bzw. zum Transport von Kühlmittelflüssigkeit bzw. einem Kühlmedium in das Blechpaket eingebracht.

[0025] Das Kühlmittel, welches z. B. durch die Wicklungen des Blechpaketes fließt, übt dabei erfindungsgemäß zumindest abschnittsweise einen radial nach innen wirkenden Umfangsdruck bzw. Außendruck auf das Spaltrohr aus, welcher im Wesentlichen geringer ist als eine durch die Übermaßpassung verursachte zumindest abschnittsweise radial nach außen wirkende und durch die Druckspannung des Spaltrohres verursachte Druckkraft.

[0026] D. h., dass eine Deformierung bzw. ein Beulen des dünnwandigen Spaltrohres aufgrund des durch die Kühlflüssigkeit entstehenden Außendrucks dadurch vermieden werden kann, dass das Spaltrohr unter Druck in die Statorbohrung des Stators hineingepresst wird.

[0027] Mit diesem Pressverband von Spaltrohr und Stator wird das Spaltrohr folglich vor Beschädigungen und Deformationen zumindest solange geschützt, wie der durch das Kühlmittel auf das Spaltrohr wirkende Außendruck kleiner bzw. geringer ist, als die radiale Druckkraft, welche vorzugsweise durch die durch den Pressverband hervorgerufene Druckspannung erzeugt wird.

[0028] Das Spaltrohr und der Stator weisen üblicherweise sehr unterschiedliche Steifigkeiten auf, wobei das Spaltrohr zumeist relativ gering durch den Außendruck, verursacht durch das Kühlmittel, beansprucht wird und folglich vorzugsweise stetig sich in Kontakt mit dem Stator bzw. der Statorbohrung bzw. dem Blechpaket des Stators befindet. Solange dieser beschriebene Kontakt besteht, kann das Spaltrohr auch mit einem erhöhten Flüssigkeitsdruck beaufschlagt werden, ohne sich zu deformieren bzw. zu beulen.

[0029] Die minimal mögliche Wandstärke des Spaltrohres ergibt sich hierbei zum einen aus der Forderung nach der Dichtigkeit gegen das Kühlmittel und zum anderen aus der Montierbarkeit des Spaltrohres in die Statorbohrung, um eine ausreichende bzw. notwendige Vorspannung des Spaltrohres zu erreichen.

[0030] Die Druckbeständigkeit des Spaltrohres gegen den von dem Kühlmittel verursachten Außendruck kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform dadurch erreicht werden, indem zumindest abschnittsweise eine äußere Oberfläche des Spaltrohres und/oder eine Innenwand des Stators mit einem im Wesentlichen pastösen Klebstoff behandelt wird, bevor das Spaltrohr im Wesentlichen zentrisch zu der Maschinenachse in die Statorbohrung des Stators eingepresst wird.

[0031] Dadurch wird das Spaltrohr nicht nur in die Statorbohrung eingepresst, sondern auch mit dem Stator bzw. mit dem Blechpaket verklebt. Die Nuten des Stators, in welchen die Wicklung und vorzugsweise die Kupferwicklung angeordnet ist, wird dabei nicht komplett verschlossen. Lediglich ein kleiner Teil des Klebstoffes, welcher durch das Einpressen des Spaltrohres in die Statorbohrung verdrängt wird, wird in die Nuten hineingeschoben.

[0032] Eine derartige zusätzliche kraftschlüssige Verbindung kann beispielsweise auch von Nutzen sein, wenn die radiale erforderliche Vorspannung des Spaltrohres zur Kompensation des Außendruckes allein nicht mehr ausreicht, weil beispielsweise die Grenze der zulässigen Spannung im Spaltrohr überschritten wird. Dies tritt beispielsweise vor allem bei elektrischen Maschinen ab einem definierten Durchmesser, d. h. folglich bei größer dimensionierten elektrischen Maschinen, wie z. B. einem Turbogenerator auf, bei denen das Spaltrohr folglich auch eine dicke-

re Wandung aufweist, als bei den oben beschriebenen kleiner dimensionierten elektrischen Maschinen, wie beispielsweise einem elektrischen Antriebsmotor eines Pkws, da sich der Luftspalt bzw. der Maschinenspalt zwischen dem Rotor und dem Stator auch bei größer dimensionierten elektrischen Maschinen nicht vergrößern soll.

[0033] Infolgedessen weist das dickwandige Spaltrohr eine festere und folglich schlechter einpressbare Wandung auf, so dass das dickwandige Spaltrohr keine entsprechende Übermaßpassung mit der Statorbohrung mehr aufweisen kann, bei welcher eine ausreichende Vorspannung zwischen Spaltrohr und Stator ermöglicht wird.

[0034] Das Spaltrohr wird folglich in die Statorbohrung beispielsweise lediglich als nicht erfindungsgemäße Übergangspassung ausgebildet, eingepresst. Infolgedessen kann eine zusätzliche Verklebung dieses Spaltrohres mit dem Blechpaket zu der erforderlichen Steifigkeit des Spaltrohres führen, um ein Beulen des Spaltrohres aufgrund durch Kühlmittel entstehender Druckkräfte zu vermeiden.

[0035] Eine weitere Möglichkeit, um eine zusätzliche kraftschlüssige Verbindung, beispielsweise aufgrund der oben genannten Faktoren, zwischen dem Spaltrohr und dem Stator herzustellen, ist der Verguss des Spaltrohres, welcher zusätzlich zum Einpressen und/oder Einkleben des Spaltrohres durchgeführt werden kann.

[0036] Vor dem Einpressen des Spaltrohres nicht erfindungsgemäß jeweils an den Stirnseiten des zylinderförmigen Stators eine sich im Wesentlichen parallel zu den Stirnseiten erstreckende und im Wesentlichen zentrisch mit der Maschinenachse gelagerte ringförmige Endscheibe mit dem Blechpaket verbunden, welche gleichmäßig um die Maschinenachse verteilte und sich von der Maschinenachse radial nach außen erstreckende Aussparungen aufweist, durch welche die Wicklung ebenso geführt wird, wie durch die Nuten des Blechpaketes und an welcher Endscheibe jeweils ein zentrisch zu der Maschinenachse ausgerichtetes Rohrelement zur Wickelkopfabschottung angeordnet wird.

[0037] Das Rohrelement, welches auch als Wickelkopfabschottung bezeichnet werden kann, wird dabei in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform im Wesentlichen biegesteif in Richtung der Maschinenachse und/oder im Wesentlichen unbeweglich entlang der Maschinenachse und/oder verdrehsteif um die Maschinenachse im Bereich einer zentrischen Bohrung der Endscheibe angeordnet.

[0038] Demnach sind die Endscheiben vorzugsweise ringförmige Elemente, welche eine zentrische Bohrung aufweisen, deren Durchmesser im Wesent-

lichen dem Durchmesser der Statorbohrung entspricht.

[0039] Vorzugsweise weist die zentrische Bohrung der Endscheibe jedoch einen größeren Durchmesser, als den Statorbohrungsdurchmesser auf.

[0040] Des Weiteren ist der Außendurchmesser der Endscheiben im Wesentlichen gleich groß bezüglich dem Außendurchmesser des Stators bzw. des Blechpaketes des Stators, so dass die Endscheiben an die Stirnseiten des Stators bzw. dem Blechpaketes des Stators angeordnet werden können, ohne eine Erhebung oder Vertiefung zum Außendurchmesser des Stators zu bilden.

[0041] Die Aussparungen der Endscheiben, welche sich dementsprechend von der zentrischen Bohrung der Endscheibe radial nach außen erstrecken, weisen im Wesentlichen die gleiche Form auf, wie die in einem orthogonal zu Maschinenachse verlaufenden Querschnitt betrachteten Nuten des Blechpaketes. Infolgedessen bilden die Aussparungen beim Anordnen der Endscheiben an die Stirnseiten des Blechpaketes eine sich entlang der Maschinenachse erstreckende Verlängerung der Nuten.

[0042] Demnach werden vorzugsweise zuerst die Endscheiben an die Stirnseiten des Blechpaketes beispielsweise mittels einer Schweißverbindung angeordnet, bevor die Wicklung in die Nuten und folglich auch in die Aussparungen der Endscheiben gelegt wird, wobei sich die Wickelköpfe folglich nicht nur außerhalb des Blechpaketes, sondern somit auch außerhalb der Endscheiben befinden und sich folglich regelrecht von den Endscheiben, parallel zu der Maschinenachse, weg erstrecken.

[0043] Die Endscheiben können jedoch nicht nur mittels eines Verbindungsschweißverfahrens, wie beispielsweise dem Schutzgasschweißen, dem Widerstandsschweißen, dem Kaltpressschweißen, dem Reibschweißen, dem Laserstrahlschweißen, oder dem Elektronenstrahlschweißen, sondern auch über Lötverbindungen oder mittels umformtechnischer Fügeverfahren, wie beispielsweise über Blind- und/oder Stanznieten miteinander verbunden werden.

[0044] Zudem ist es denkbar, dass die Endscheiben auch mittels eines Klebstoffes oder über bekannte Schraub- oder Stiftverbindungen an die Stirnseiten des Blechpaketes angeordnet werden.

[0045] Nachdem die Wicklung in den Stator bzw. in die Nuten des Blechpaketes sowie in die Aussparungen der Endscheiben eingefügt wurde, werden an jeder Endscheibe ein Rohrelement angeordnet, welches sich in entlang der Maschinenachse erstreckt und zentrisch zu der Maschinenachse ausgerichtet ist.

[0046] Dieses Rohrelement dient der Abschottung der Wickelköpfe, wenn in einer bevorzugten Ausführungsform ein zwischen dem Spaltrohr und dem Rohrelement verbleibender Spalt mit einem Füllmaterial aufgefüllt wird.

[0047] Demnach verbindet sich die äußere Oberfläche des Spaltrohres im Bereich der Wickelköpfe mit der inneren Oberfläche des Rohrelementes bzw. der Wickelkopfabschottung über eine entsprechende Füllmasse, welche vorzugsweise aus Polyurethan (PU) besteht.

[0048] Es ist zudem jedoch denkbar, dass die Füllmasse bzw. das Füllmaterial beispielsweise auch aus Polyethylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC), Polyvinylacetat (PVA), Moosgummi oder auch aus Chloropren-Kautschuk besteht.

[0049] Demnach ermöglicht das Rohrelement eine ausreichende Abschottung der Wickelköpfe gegenüber der Füllmasse und stellt gleichzeitig ein Gegenelement dar, um die Füllmasse zwischen dem Spaltrohr und dem Rohrelement anzuordnen, um eine zusätzliche kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Spaltrohr und dem Stator bzw. dem Blechpaket zu ermöglichen.

[0050] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Füllmasse bzw. das Füllmaterial nicht nur in den Spalt zwischen dem Spaltrohr und dem Rohrelement angeordnet, sondern auch zusätzlich in die zwischen den Nuten des Blechpaketes eingeführten Deckschiebern und dem Spaltrohr verbliebenen Hohlräume eingegossen, um eine zusätzliche kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Spaltrohr und dem Blechpaket zu ermöglichen.

[0051] Die Deckschieber, welche sich im Wesentlichen parallel zu der Maschinenachse erstrecken, werden vorzugsweise in jede Nut zum Verschließen der Nuten in Richtung der Maschinenachse eingebracht. Damit entsteht folglich ein Spalt bzw. ein Hohlraum zwischen den Deckschiebern, dem Blechpaket und dem Spaltrohr, welcher mittels des Füllmaterials ausgegossen wird.

[0052] Da in diesem Fall keine Kühlung der Wicklung mittels einer geeigneten Kühlflüssigkeit über die Nuten des Blechpaketes mehr erfolgen kann, weist das Blechpaket bevorzugt separate Kühlkanäle auf, welche sich vorzugsweise gleichmäßig voneinander beabstandet um die Maschinenachse verteilen und sich entlang der Maschinenachse erstrecken.

[0053] Das Blechpaket kann auch mehrere Reihen von in radialer Richtung betrachtet hintereinander angeordneten Kühlkanälen aufweisen, wobei die Kühlkanäle dabei vorzugsweise versetzt zueinander angeordnet sind.

[0054] Es ist auch denkbar, dass die Kühlkanäle un-systematisch um die Maschinenachse verteilt sind.

[0055] Bei einigen Ausführungsformen sind die Kühlkanäle beispielsweise in radialer Richtung von der Maschinenachse aus betrachtet hinter den Nuten angeordnet. Bei anderen Ausführungsformen ist es möglich, dass die Kühlkanäle in radialer Richtung betrachtet zwischen den Nuten des Blechpaketes, d. h. in den sogenannten Zähnen des Blechpaketes angeordnet sind.

[0056] Demzufolge weisen auch die Endscheiben Bohrungen auf, deren Lage der Anordnung der Kühlkanäle in dem Blechpaket entspricht, da diese Bohrungen vorzugsweise die Eingänge zu den Kühlkanälen über die Endscheiben bilden.

[0057] Beispielsweise kann in den Bereichen außerhalb des Stators, d. h. in den Bereichen der Wickelköpfe die Stützwirkung durch die Vorspannung und/oder Verklebung des Spaltrohres und/oder durch das Ausfüllen der Spalten und Hohlräume mit Füllmaterial, d. h. durch den Formschluss mit den Nuten, dennoch nicht ausreichend gegeben sein.

[0058] In diesem Fall ist es möglich, dass das Spaltrrohr in den Bereichen der Wickelköpfe durch an einer inneren Oberfläche des Spaltrrohres angeordnete Lagerschilde abgestützt wird.

[0059] Es ist jedoch anzumerken, dass vorzugsweise bei der Kombination aus Spaltrrohr und zusätzlichem Verguss mittels eines Füllmittels automatisch eine höhere Festigkeit des Spaltrrohres zudem durch die im Bereich der Wickelköpfe angebrachten und mitvergossenen Rohrelemente gegeben ist.

[0060] Durch die oben aufgeführten Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Maschine mit eifern vorzugsweise dünnwandigen Spaltrrohr wird die Herstellung der elektrischen Maschine im Vergleich zu den bisher aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannten Verfahren erheblich vereinfacht und folglich kostengünstiger.

[0061] Zudem wird eine elektrische Maschine mit einem zylinderförmigen Stator mit wenigstens einer Wicklung, welche eine Vielzahl um die Maschinenachse verteilte und jeweils in sich parallel entlang der Maschinenachse erstreckende Nuten eines zylinderförmigen Blechpaketes des Statorelementes aufgenommene Wicklungsabschnitte oder Leiter aufweist, beansprucht.

[0062] Dabei weist der Stator der erfindungsgemäßen Maschine eine im Wesentlichen zentrische und sich entlang der Maschinenachse erstreckende Statorbohrung auf, in welcher ein faserverstärktes und im Wesentlichen zylinderförmiges und zumindest ab-

schnittsweise dünnwandiges Spaltrrohr mittels Übermaßpassung eingepresst ist, um eine fluiddichte Abdichtung zwischen dem Stator und einem innerhalb der Statorbohrung liegendem Rotorelement zu ermöglichen.

[0063] Die erfindungsgemäße Maschine ist beispielsweise ein Wechselstrommotor, dessen Stator ein Blechpaket mit sich in dem Blechpaket entlang der Maschinenachse und radial nach außen erstreckenden Nuten sowie eine in den Nuten verlaufende Wicklung aufweist.

[0064] Es ist jedoch auch denkbar, dass die erfindungsgemäße elektrische Maschine eine Gleichstrom- oder Drehstrommaschine bzw. eine Synchron- oder Asynchronmaschine ist, welche als Motor oder als Generator betrieben werden kann.

[0065] Die Maschinenachse ist gleichzeitig vorzugsweise die Drehachse des Rotors bzw. des Rotorelementes, um welche sich der zylinderförmige Rotor dreht und folglich die zentrische Mittellinie, welche sich durch die Statorbohrung erstreckt.

[0066] Die äußere Oberfläche des dünnwandigen Spaltrrohres und/oder die innere Oberfläche der Statorbohrung bzw. des Stators bzw. des Blechpaketes sind/ist in einer bevorzugten Ausführungsform mit einem Klebstoff überzogen, welcher sich folglich nach dem Einpressen des Spaltrrohres in die Statorbohrung teilweise in die Nuten des Blechpaketes verdrängen lässt. Durch diese zusätzliche Klebeverbindung kann eine erhöhte formschlüssige Verbindung zwischen dem Stator bzw. dem Blechpaket und dem Spaltrrohr erreicht werden.

[0067] Das Spaltrrohr weist vorzugsweise eine sich entlang der Maschinenachse erstreckende Länge auf, welche im Wesentlichen länger ist als eine sich entlang der Maschinenachse erstreckende Länge des Blechpaketes.

[0068] Damit erstreckt sich das Spaltrrohr bevorzugt nicht nur innerhalb des Blechpaketes, sondern auch außerhalb im Bereich der Wickelköpfe.

[0069] Erfindungsgemäß weist der Stator an den Stirnseiten zusätzlich parallel zu den Stirnseiten erstreckende Endscheiben auf, an denen im Bereich einer um die Maschinenachse verlaufenden Statorbohrung des Stators jeweils ein im Wesentlichen mit der Maschinenachse zentriertes und im Wesentlichen orthogonal zu der Endscheibe ausgerichtetes und sich von dem Statorelement wegstreckendes Rohrelement zur Wickelkopfabschottung angeordnet ist.

[0070] Die Anordnung und Ausführung bzw. Ausbildung der Endscheiben entspricht der oben be-

reits beschriebenen Anordnung und Ausführung der Endscheiben. Zudem wird angemerkt, dass die Endscheiben sich im Wesentlichen von der zentrischen Bohrung radial nach innen erstreckende und im Wesentlichen um die Maschinenachse verteilte Vorsprünge aufweisen, welche in Ausnehmungen oder eine im Wesentlichen in Umfangsrichtung des Rohrelementes verlaufende und vorzugsweise durchgängige Nut des Rohrelementes, welche sich vorzugsweise von der äußeren Oberfläche des Rohrelementes radial nach innen erstrecken bzw. erstreckt, eingreifen, um das Rohrelement im Wesentlichen biegesteif bezüglich der Endscheibe sowie unbeweglich entlang der Maschinenachse und zudem beispielsweise auch verdrehsteif gegenüber der Endscheibe mit der Endscheibe zu arretieren.

[0071] Die Anzahl und die Anordnung der um die Maschinenachse verteilt angeordneten Vorsprünge und/oder der dementsprechenden Ausnehmungen ist nicht festgelegt und kann je nach konstruktiver bzw. dimensionaler Auslegung der Endscheiben bzw. des Rohrelementes variabel gestaltet werden.

[0072] Das Spaltrohr wird vorzugsweise im Bereich der Wickelköpfe von Lagerschilden gestützt, welche sich an der inneren Oberfläche bzw. an der Innenseite des Spaltrohres anordnen.

[0073] Die Lagerschilde sind demzufolge vorzugsweise ein Bestandteil der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine.

[0074] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Spaltrohr in den Bereichen der Wickelköpfe zumindest einen Abschnitt mit einer größeren Wandstärke auf, als in den Bereichen des Blechpaketes.

[0075] Dies ist bedingt durch eine kritische Überbrückungslänge zwischen den Lagerschilden bzw. zwischen den Lagerschilden und dem in dem Blechpaket befindlichen Spaltrohrbereich, bei welcher die Abstützung des Spaltrohres durch die Lagerschilde nicht mehr ausreichend gegeben ist.

[0076] Folglich reduziert bzw. verhindert eine Erhöhung der Wandstärke des Spaltrohres in dem Bereich der Wickelköpfe ein Verformen bzw. Deformieren des Spaltrohres bzw. der Spaltrohrenden im Bereich der Wickelköpfe.

[0077] Die Erhöhung der Wandstärke kann dabei beispielsweise radial nach innen oder auch radial nach außen erfolgen. Es ist auf jeden Fall die Montierbarkeit des Rotors bei der Wandstärkenenerhöhung zu gewährleisten bzw. zu beachten.

[0078] Zudem oder auch alternativ dazu kann die Überbrückungslänge durch ein weiteres Hineinrei-

chen der Lagerschilde, bis beispielsweise sogar in die Nähe oder in den Bereich des Blechpaketes, verringert werden, wobei jedoch auf die Vermeidung von Wirbelströmen in den Lagerschilden geachtet werden muss.

[0079] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung anliegender Zeichnung erläutert, in welcher beispielhaft ein zylinderförmiger Stator mit in der Statorbohrung eingepresstem faserverstärktem Spaltrohr dargestellt wird. Komponenten, welche in den Figuren wenigstens im Wesentlichen hinsichtlich ihrer Funktion übereinstimmen, können hierbei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sein, wobei diese Komponenten nicht in allen Figuren gekennzeichnet und erläutert sein müssen.

[0080] In den Figuren zeigen:

[0081] Fig. 1a eine Prinzipskizze eines Spaltrohres mit darauf wirkendem Außendruck;

[0082] Fig. 1b eine Prinzipskizze eines deformierten Spaltrohres mit darauf wirkendem Außendruck;

[0083] Fig. 2 eine Prinzipskizze eines Ausschnittes eines Blechpaketes des Stators mit eingepresstem Spaltrohr;

[0084] Fig. 3 ein Verspannungsdiagramm der ungekühlten und damit nicht durch Kühlflüssigkeit unter Druck stehenden, d. h. drucklosen elektrischen Maschine;

[0085] Fig. 4 ein Verspannungsdiagramm der gekühlten und damit durch die Kühlflüssigkeit mit Druck beaufschlagten, d. h. unter Druck stehenden elektrischen Maschine;

[0086] Fig. 5 eine Prinzipskizze eines Ausschnittes eines Blechpaketes des Stators mit verklebtem Spaltrohr;

[0087] Fig. 6 eine Prinzipskizze eines Ausschnittes eines Blechpaketes des Stators mit Spaltrohr, Endscheibe und Rohrelement;

[0088] Fig. 7 eine Prinzipskizze eines Ausschnittes eines Blechpaketes des Stators mit Spaltrohr und Füllmaterial;

[0089] Fig. 8 eine Prinzipskizze eines Ausschnittes eines Blechpaketes des Stators mit auf Lagerschilden gelagertem Spaltrohr; und

[0090] Fig. 9 eine Prinzipskizze eines Ausschnittes eines Blechpaketes des Stators mit auf Lagerschilden gelagertem Spaltrohr, dessen Endabschnitte eine vergrößerte Wandstärke aufweisen.

[0091] Fig. 1a zeigt eine Prinzipskizze eines Spaltrohres **1** mit darauf wirkendem Außendruck $p_{\text{außen}}$, welcher bei einem in eine Statorbohrung (hier nicht gezeigt) eingelegtem Spaltrohr **1** gleichmäßig in Umfangsrichtung um das Spaltrohr **1** verteilt in radialer Richtung nach innen auf das Spaltrohr **1** einwirkt. Ist das Spaltrohr **1** wie in den Fig. 1a und Fig. 1b gezeigt nicht in eine Statorbohrung eingepresst, hat das Spaltrohr **1** keine zusätzlichen Kräfte, als die aus der Materialbeschaffenheit bzw. der Steifigkeit des Spaltrohres **1** resultierenden Kräfte dem Außendruck $p_{\text{außen}}$ entgegen zu setzen.

[0092] Bei andauerndem bzw. sich erhöhendem Außendruck $p_{\text{außen}}$ kann die dem Außendruck $p_{\text{außen}}$ gegenübergerichtete Druckkraft des Spaltrohres **1**, welche das Spaltrohr aufgrund seiner Steifigkeit aufbringt, diesen Außendruck $p_{\text{außen}}$ nicht mehr kompensieren und das Spaltrohr **1** beginnt sich zu deformieren bzw. zu beulen, wie es in Fig. 1b gezeigt wird.

[0093] Dieser Außendruck wird beispielsweise durch eine Kühlflüssigkeit verursacht, welche durch die Nuten des Blechpakets (hier nicht gezeigt) beispielsweise zur Kühlung der Wicklung und/oder zum Transport der Kühlflüssigkeit geleitet wird und folglich auf die äußere Oberfläche **1a** des Spaltrohres **1** auftrifft.

[0094] Würde dagegen das Spaltrohr **1** mit einer Druckkraft beaufschlagt werden, welche an der inneren Oberfläche **1b** des Spaltrohres **1** angreift und folglich radial nach außen gerichtet ist, würde sich das Spaltrohr **1** aufgrund seiner Lage in der Statorbohrung (hier nicht gezeigt) nicht deformieren, da das Spaltrohr **1** mit seiner äußeren Oberfläche **1a** an dem Blechpaket (hier nicht gezeigt) anliegen würde, welches das Spaltrohr **1** folglich abstützt, indem ausreichende Gegenkräfte durch die Berührung mit dem Blechpaket dem Innendruck entgegengesetzt werden können. Dies ist beispielsweise bei einem Pumpenantrieb der Fall, bei welchem die zu fördernde Flüssigkeit den Rotor umspült und einen radial nach außen gerichteten Innendruck auf das Spaltrohr ausübt.

[0095] In der Fig. 2 ist eine Prinzipskizze eines Ausschnittes eines Blechpakets **2** des Stators mit eingepresstem Spaltrohr **1** dargestellt. Das Blechpaket **2** weist eine Vielzahl von sich in Umfangsrichtung um die Maschinenachse **M** verteilte und von der Maschinenachse **M** radial nach außen erstreckende sowie entlang der Maschinenachse **M** verlaufende Nuten **3** auf, in welchen die Wicklung (hier nicht gezeigt) bzw. die Kupferwicklung eingebracht wird.

[0096] Gemäß der Fig. 2 ist das Spaltrohr **1** in die Statorbohrung des Blechpaketes **2** mittels einer Übermaßpassung, d. h. einer Presspassung eingepresst. Demzufolge entstehen durch diesen Press-

verband in dem Spaltrohr **1** entsprechende Kräfte F_g (Druckkräfte bzw. Druckkraft), nämlich durch die radiale Druckspannung im Spaltrohr, welche die durch das Kühlmittel entstehenden Kräfte F_p , nämlich den Außendruck bzw. die Außendruckkraft, kompensieren.

[0097] D. h., dass durch diesen Pressverband von Spaltrohr **1** und Blechpaket **2** das Spaltrohr **1** durch das Blechpaket **2** gestützt wird. Vorzugsweise ist diese Abstützung des Spaltrohres **1** gegen das Blechpaket **2** wirksam, solange der Außendruck, d. h. die im Bereich der Nuten **3** radial nach innen wirkenden Kräfte F_p des Kühlmittels kleiner sind, als die Kräfte F_g , d. h. die radiale Druckspannung des Spaltrohres.

[0098] Fig. 3 zeigt ein Verspannungsdiagramm der ungekühlten und damit nicht durch Kühlflüssigkeit unter Druck stehenden, d. h. drucklosen elektrischen Maschine, d. h. den Zustand der Vorspannung des in die Statorbohrung eingepressten Spaltrohres bevor die gesamte elektrische Maschine und vorzugsweise das Blechpaket mit Kühlmittel beaufschlagt werden, wobei das Kühlmittel bevorzugt durch die Nuten des Blechpaketes und/oder durch zusätzliche Kühlkanäle des Blechpaketes geführt wird.

[0099] Auf der X-Achse des Diagramms ist die Längenänderung f bzw. die Durchmesseränderung f des Spaltrohres $f_{\text{Spaltrohr}}$ sowie des Stators f_{Stator} bzw. Blechpaketes f_{Stator} aufgetragen, wobei auf der Y-Achse der Druck p und in diesem Fall der Fügedruck $p_{\text{Außen, Ruhe}}$ Ruhe aufgetragen ist.

[0100] Wird folglich das Spaltrohr in die Statorbohrung des Blechpaketes bzw. des Stators eingepresst, erhöht sich der Fügedruck p des Spaltrohres, während gleichzeitig das Spaltrohr, wie durch das Bezugszeichen $f_{\text{Spaltrohr}}$ verdeutlicht kontinuierlich zusammengedrückt bzw. gestaucht wird. Zur gleichen Zeit, also während des Einpressens des Spaltrohres in die Statorbohrung, wird der Stator bzw. das Blechpaket kontinuierlich gedehnt, dies wird durch das Bezugszeichen f_{Stator} dargestellt.

[0101] Nachdem das Spaltrohr dann in die Statorbohrung des Stators eingepresst wurde, liegt aufgrund des vorherrschenden Pressverbandes ein definierter Fügedruck $p_{\text{Außen, Ruhe}}$ vor

[0102] Wird nun ein Außendruck $p_{\text{Kühlmittel}}$ durch beispielsweise durch die Nuten des Blechpaketes fließendes Kühlmittel auf das Spaltrohr aufgebracht, so nimmt, wie in dem Verspannungsdiagramm der Fig. 4 dargestellt, der im Ruhezustand existierende Fügedruck $p_{\text{Außen, Ruhe}}$ zwischen dem Stator bzw. dem Blechpaket und dem Spaltrohr entsprechend der Steifigkeit von Stator und Spaltrohr ab und es verbleibt ein im Betrieb der elektrischen Maschine existierender Fügedruck $p_{\text{Außen, Betrieb}}$

[0103] Der Fügedruck $p_{\text{Außen, Betrieb}}$ ist jedoch ausreichend, um eine Deformierung bzw. ein Beulen des Spaltrohres während des Betriebes der elektrischen Maschine zu vermeiden. Voraussetzung dafür ist jedoch eine ausreichende Vorspannung, d. h. ein ausreichender Fügedruck $p_{\text{Außen, Ruhe}}$ beim Einpressen des Spaltrohres in die Statorbohrung.

[0104] In der Fig. 5 ist eine Prinzipskizze eines Ausschnittes eines Blechpaketes **2** des Stators mit einem verklebten Spaltrohr **1** dargestellt, wobei das Spaltrohr **1** in dieser Ausführungsform in die Statorbohrung des Blechpaketes **1** bzw. des Stators mittels Presspassung eingepresst ist.

[0105] Das Spaltrohr **1** weist hierbei jedoch bei beiden Varianten eine auf der äußeren Oberfläche **1a** aufgetragene Klebeschicht aus vorzugsweise einem Klebstoff auf. Dieser Klebstoff kann dabei entweder nur teilweise auf der äußeren Oberfläche **1a** aufgetragen sein oder andererseits die gesamte äußere Oberfläche **1a** bedecken.

[0106] Es ist zudem denkbar, dass zusätzlich oder auch alternativ dazu die Innenwand **2a** der Statorbohrung bzw. des Blechpaketes **2** und vorzugsweise die Innenwandbereiche zwischen den Nuten **3** des Blechpaketes **2** mit einem Klebstoff bedeckt sind, bevor das Spaltrohr **1** in die Statorbohrung eingebracht wird.

[0107] Es ist zudem denkbar, dass zusätzlich oder alternativ dazu nach dem Einbringen des Spaltrohres **1** in die Statorbohrung des Blechpaketes **2** ein Klebstoff in die Nuten **3** des Blechpaketes **2** eingebracht wird, welcher die äußere Oberfläche **1a** des Spaltrohres **1** mit den Nuten **3** und vorzugsweise mit dem in Richtung der Maschinenachse *M* geöffneten Bereich der Nuten **3** verbindet.

[0108] Durch eine Verklebung des Spaltrohres **1** mit dem Blechpaket **2** wird eine (zusätzliche) kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Spaltrohr **1** und dem Blechpaket **2** erzielt.

[0109] Reicht beispielsweise die radiale erforderliche Vorspannung zur Kompensation des Außendrucks nicht mehr aus oder soll daß Spaltrohr **1** zusätzlich kraftschlüssig mit dem Blechpaket **2** verbunden werden, weist, wie in Fig. 6 gezeigt, das Blechpaket **2** an jeder seiner Stirnseiten **2a** eine Endscheibe **4** mit einem an der Endscheibe **4** angeordnetem Rohrelement **5**.

[0110] Die ringförmige Endscheibe **4** erstreckt sich dabei parallel zu der Stirnseite **2a** des Blechpaketes **2** und ist vorzugsweise mit dem Blechpaket **2** verschweißt. Jede Endscheibe weist eine zentrische Durchgangsbohrung auf, von welcher sich Vorsprünge **4a** radial nach innen erstrecken, welche vorzugs-

weise in Umfangsrichtung um die Maschinenachse *M* gleichmäßig verteilt angeordnet sind. In bzw. an dieser zentrischen Bohrung der Endscheibe **4** ist ein Rohrelement **5** vorzugsweise derart angeordnet, dass die Vorsprünge **4a** der Endscheibe **4** in Ausnehmungen **5a** bzw. eine umlaufende Nut **5a** des Rohrelementes **5**, welche sich von der äußeren Oberfläche **5b** radial nach innen erstrecken bzw. erstreckt, eingreifen. Dadurch wird das Rohrelement **5** vorzugsweise biegesteif und/oder verdrehsteif zu der Endscheibe **4** sowie vorteilhaft unbeweglich entlang der Maschinenachse *M* mit der Endscheibe **4** verbunden.

[0111] Das Rohrelement **5** dient hierbei zur Abschottung der Wickelköpfe **6**, welche sich parallel zur Maschinenachse *M* aus dem Blechpaket **2** bzw. den Nuten (hier nicht gezeigt) des Blechpaketes **2** und folglich auch aus der Endscheibe **4** heraus erstrecken.

[0112] Demnach ist die parallel zur Maschinenachse *M* verlaufende Länge des Rohrelementes **5** zumindest genauso lang und vorzugsweise sogar länger als die Länge der sich parallel zu der Maschinenachse *M* erstreckenden Wickelköpfe.

[0113] Bei einem Aufbau des Stators gemäß der Fig. 6 mit einem eingepressten Spaltrohr und jeweils einer an den Stirnseiten **2a** des Blechpaketes **2** angeordneten Endscheiben **4** mit daran fixiertem Rohrelement, entsteht ein Spalt **7** bzw. ein Hohlraum **7**, welcher durch ein Füllmaterial bzw. Füllmedium bzw. Vergussmaterial ausgefüllt werden kann.

[0114] Durch dieses Ausfüllen des Spaltes **7** wird eine zusätzliche Stabilität zwischen dem Spaltrohr **1** und dem Blechpaket **2** bzw. dem Stator erreicht.

[0115] Zudem ist in der Fig. 6 ein Teil eines Lagerschildes **8** gezeigt, an welchem das Spaltrohr **1** zudem aufliegen kann. Die Funktion sowie die Anordnung der Lagerschilde in der elektrischen Maschine werden jedoch in den Fig. 8 und Fig. 9 noch näher erläutert.

[0116] Zusätzlich oder alternativ zu dem oben beschriebenen Ausfüllen des Spaltes **7** zwischen dem Spaltrohr **1** und dem Rohrelement **5** können auch die Nutenspalten **10**, wie in der Fig. 7 gezeigt, mit einem entsprechenden Füllmedium verschlossen werden.

[0117] Die Nutenspalten **10** liegen zwischen einem in einer Nut **3** eingeführten Deckschieber **9**, dem Blechpaket **2** und dem Spaltrohr **1** und bilden folglich einen Hohlraum. In diesem Hohlraum ist keine Wicklung **11** angeordnet, da die Deckschieber **9**, welche sich entlang der Maschinenachse *M* in den Nuten **3** erstrecken, die zu der Maschinenachse *M* hin gerichteten Ausgänge der Nuten **3** versperren und folglich die Wicklung in den Nuten **3** halten.

[0118] In den Bereichen der Wickelköpfe kann die Stützwirkung trotz der oben beschriebenen kraftschlüssigen Verbindungen nicht mehr ausreichend gegeben sein. In diesem Fall wird das Spaltrohr **1** durch Lagerschilde **8**, wie in der **Fig. 8** dargestellt, gestützt, indem die Lagerschilde **8** an der inneren Oberfläche **1b** bzw. der Innenwand **1b** des Spaltrohres **1** und vorzugsweise an den Enden des Spaltrohres **1** angeordnet werden, um das Spaltrohr **1** in dem Bereich der Wickelköpfe **6** zusätzlich zu stützen.

[0119] Eine im Wesentlichen fluiddichte Abdichtung des Innenbereiches I, d. h. des Bereiches in welchem der Rotor (hier nicht gezeigt) angeordnet ist, zu einem Außenbereich A wird durch einen zwischen dem Lagerschild **8** und dem Spaltrohr **1** angeordnetem O-Ring **12** ermöglicht. Dieser O-Ring **12** liegt dabei vorzugsweise in einer Aussparung **13** des Lagerschildes **8**.

[0120] Mit dem Bezugszeichen S ist hierbei die Überbrückungslänge, welche sich von dem Auflagebereich des Lagerschildes **8** bis zum Blechpaket **2** parallel zu der Maschinenachse M erstreckt, bezeichnet.

[0121] Die Überbrückungslänge S weist in der Ausführungsform der elektrischen Maschine gemäß der **Fig. 8** eine im Wesentlichen kurze Länge auf, wodurch ein Abstützen des Spaltrohres **1** durch die an den Enden des Spaltrohres **1** angeordneten Lagerschilde **8** ausreicht.

[0122] Jedoch ist ab einer kritischen Überbrückungslänge S, vorzugsweise bei groß dimensionierten elektrischen Maschinen, die Abstützung des Spaltrohres **1** durch die Lagerschilde **8**, wie in **Fig. 6** gezeigt, nicht mehr ausreichend.

[0123] In diesem Fall wird, wie in **Fig. 9** gezeigt, die Wandstärke des Spaltrohres **1** vorzugsweise in den Bereichen der Wickelköpfe **6** vergrößert bzw. verstärkt bzw. erhöht, um folglich eine erhöhte Steifigkeit des Spaltrohres **1** in diesem Bereich zu ermöglichen.

[0124] Unter der Berücksichtigung der Montierbarkeit des Rotors kann sich die Wandstärke des Spaltrohres **1** entweder in radialer Richtung nach innen erhöhen, wie in der linken Ansicht der **Fig. 9** gezeigt oder in radialer Richtung nach außen, wie in der rechten Ansicht der **Fig. 9** gezeigt.

Bezugszeichenliste

1	Spaltrohr
1a	äußere Oberfläche
1b	innere Oberfläche
2	Blechpaket
2a	Stirnseite
3	Nut

4	Endscheibe
4a	Vorsprung
5	Rohrelement
5a	Ausnehmung
5b	äußere Oberfläche
6	Wickelkopf
7	Spalt
8	Lagerschild
9	Deckschieber
10	Nutenspalt
11	Wicklung
12	O-Ring
13	Aussparung
A	Außenbereich
f	Längenänderung
f_{Spaltrohr}	Stauchung des Spaltrohres
f_{Stator}	Dehnung des Stators
I	Innenbereich
M	Maschinenachse
P	Druck
P_{Fügedruck, Betrieb}	Fügedruck des Pressverbandes bei flüssigkeitsgekühltem Stator
P_{Fügedruck, Ruhe}	Fügedruck des Pressverbandes bei eingepresstem Spaltrohr ohne Kühlung des Stators
P_{Kühlmedium}	Druck des Kühlmittels

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Maschine mit einem zylinderförmigen Stator, welcher eine zentrische und sich entlang der Maschinenachse erstreckende Statorbohrung sowie wenigstens eine Wicklung (**11**), welche eine Vielzahl um eine Maschinenachse (M) verteilte und jeweils in sich parallel entlang der Maschinenachse (M) erstreckende Nuten (**3**) eines zylinderförmigen Blechpaketes (**2**) des Stators aufgenommene Wicklungsabschnitte oder Leiter aufweist, umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein faserverstärktes, im Wesentlichen zylinderförmiges und zumindest abschnittsweise dünnwandiges Spaltrohr (**1**) im Wesentlichen zentrisch zu der Maschinenachse (M) in die Statorbohrung des Stators mittels einer Übermaßpassung eingepresst wird, um den Stator gegenüber einem innerhalb der Statorbohrung liegenden Rotorelement (**5**) fluiddicht abzudichten, derart, dass ein Übergang des Kühlmediums von dem Stator zu dem Rotor vermieden wird, wobei das Blechpaket (**2**) und/oder die Wicklung (**11**) mittels eines flüssigen Kühlmittels, welches im Wesentlichen durch die Nuten (**3**) des Blechpaketes (**2**) und/oder durch separat angeordnete Kühlkanäle des Blechpaketes (**2**) geleitet wird, gekühlt werden/wird, und das Kühlmittel zumindest abschnittsweise einen radial nach innen wirkenden Umfangsdruck auf das Spaltrohr (**1**) ausübt, welcher im Wesentlichen ge-

ringer ist als eine durch die Übermaßpassung verursachte zumindest abschnittsweise radial nach außen wirkende und durch die Druckspannung des Spaltröhres verursachte Druckkraft, und wobei vor dem Einpressen des Spaltröhres (1) jeweils an Stirnseiten des zylinderförmigen Stators eine sich im Wesentlichen parallel zu den Stirnseiten erstreckende und im Wesentlichen zentrisch mit der Maschinenachse (M) gelagerte ringförmige Endscheibe (4) mit dem Blechpaket verbunden wird, welche gleichmäßig um die Maschinenachse (M) verteilte und sich von der Maschinenachse (M) radial nach außen erstreckende Aussparungen aufweist, durch welche die Wicklung ebenso geführt wird, wie durch die Nuten (3) des Blechpaketes (2) und an welcher Endscheibe (4) jeweils ein zentrisch zu der Maschinenachse (M) ausgerichtetes Rohrelement (5) zur Wickelkopfabschottung angeordnet wird.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest abschnittsweise eine äußere Oberfläche (1a) des Spaltröhres (1) und/oder eine Innenwand des Stators mit einem im Wesentlichen pastösen Klebstoff behandelt wird, bevor das Spaltrohr (1) im Wesentlichen zentrisch zu der Maschinenachse (M) in die Statorbohrung des Stators eingepresst wird.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rohrelement (5) im Wesentlichen biegesteif in Richtung der Maschinenachse (M) und/oder im Wesentlichen unbeweglich entlang der Maschinenachse (M) im Bereich einer zentrischen Bohrung der Endscheibe (4) angeordnet wird.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zwischen dem Spaltrohr (1) und dem Rohrelement (5) verbleibender Spalt mit einem Füllmaterial aufgefüllt wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Füllmaterial in die zwischen den Nuten (3) des Blechpaketes (2) eingeführten Deckschiebern (9) und dem Spaltrohr (1) verbliebenen Hohlräume eingegossen wird, um eine zusätzliche kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Spaltrohr (1) und dem Blechpaket (2) zu ermöglichen.

6. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spaltrohr (1) in den Bereichen der Wickelköpfe (6) durch an einer inneren Oberfläche des Spaltröhres (1b) angeordnete Lagerschilde (8) abgestützt wird.

7. Elektrische Maschine mit einem zylinderförmigen Stator mit wenigstens einer Wicklung (11), welche eine Vielzahl um die Maschinenachse verteilte und jeweils in sich parallel entlang der Maschinenachse erstreckende Nuten (3) eines zylinderfö-

migen Blechpaketes (2) des Statorelementes aufgenommene Wicklungsabschnitte oder Leiter aufweist, und wobei der Stator eine im Wesentlichen zentrische und sich entlang der Maschinenachse (M) erstreckende Statorbohrung aufweist, in welcher ein faserverstärktes und im Wesentlichen zylinderförmiges und zumindest abschnittsweise dünnwandiges Spaltrohr (1) mittels Übermaßpassung eingepresst ist, um eine fluiddichte Abdichtung zwischen dem Stator und einem innerhalb der Statorbohrung liegendem Rotorelement (5) zu ermöglichen, wobei ein Übergang des Kühlmediums von dem Stator zu dem Rotor vermieden und wobei das Spaltrohr (1) in Form einer Übermaßpassung ausgebildet ist, und wobei das Blechpaket (2) und/oder die Wicklung (11) mittels eines flüssigen Kühlmittels, welches im Wesentlichen durch die Nuten (3) des Blechpaketes (2) und/oder durch separat angeordnete Kühlkanäle des Blechpaketes (2) geleitet wird, gekühlt werden/wird, und das Kühlmittel zumindest abschnittsweise einen radial nach innen wirkenden Umfangsdruck auf das Spaltrohr (1) ausübt, welcher im Wesentlichen geringer ist als eine durch die Übermaßpassung verursachte zumindest abschnittsweise radial nach außen wirkende und durch die Druckspannung des Spaltröhres verursachte Druckkraft, wobei der Stator an Stirnseiten zusätzlich parallel zu den Stirnseiten erstreckende Endscheiben (4) aufweist, an denen im Bereich einer um die Maschinenachse (M) verlaufenden Statorbohrung des Stators jeweils ein im Wesentlichen mit der Maschinenachse (M) zentriertes und im Wesentlichen orthogonal zu der Endscheibe (4) ausgerichtetes und sich von dem Statorelement wegstreckendes Rohrelement (5) zur Wickelkopfabschottung angeordnet ist.

8. Maschine gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spaltrohr (1) eine sich entlang der Maschinenachse (M) erstreckende Länge aufweist, welche im Wesentlichen länger ist als eine sich entlang der Maschinenachse (M) erstreckende Länge des Blechpaketes (2).

9. Maschine gemäß einem der Ansprüche 7 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spaltrohr (1) in den Bereichen der Wickelköpfe (6) zumindest einen Abschnitt mit einer größeren Wandstärke aufweist, als in den Bereichen des Blechpaketes (2).

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

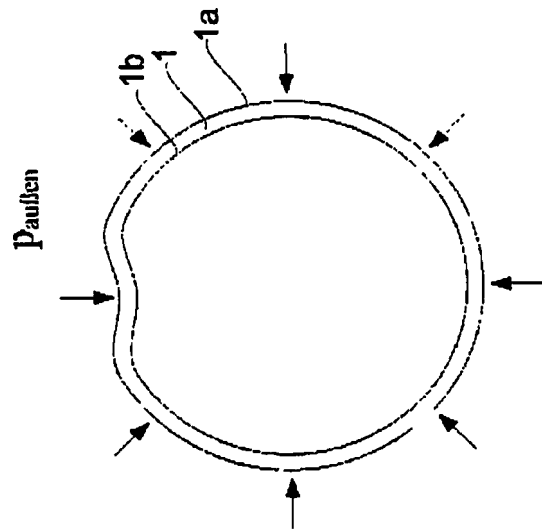


Fig.1b

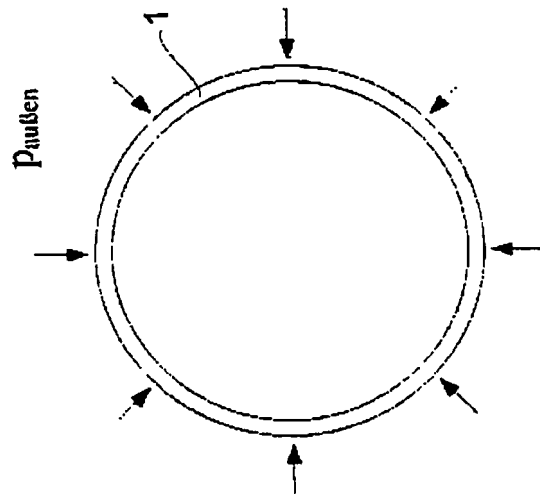


Fig.1a

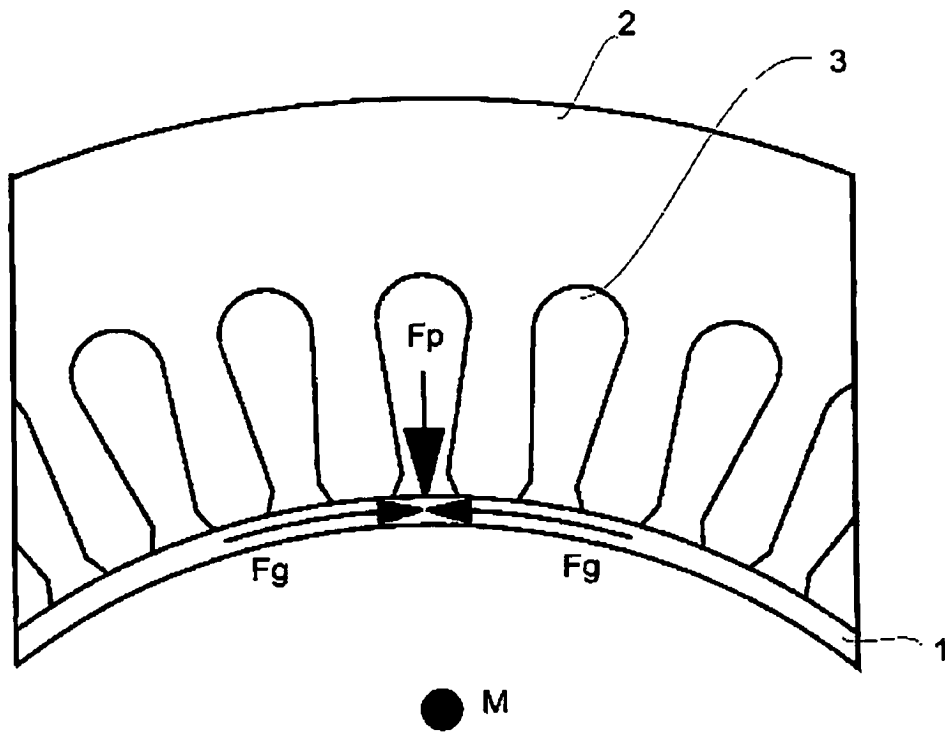


Fig.2

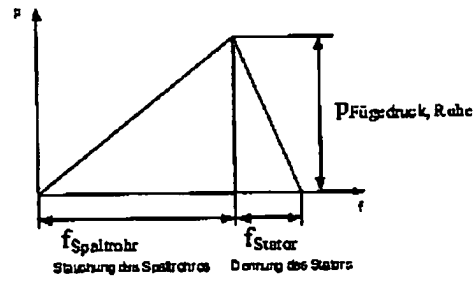


Fig.3

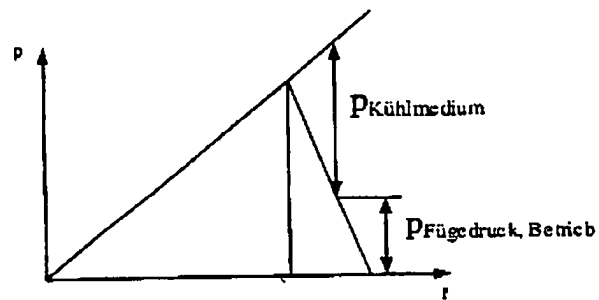


Fig.4

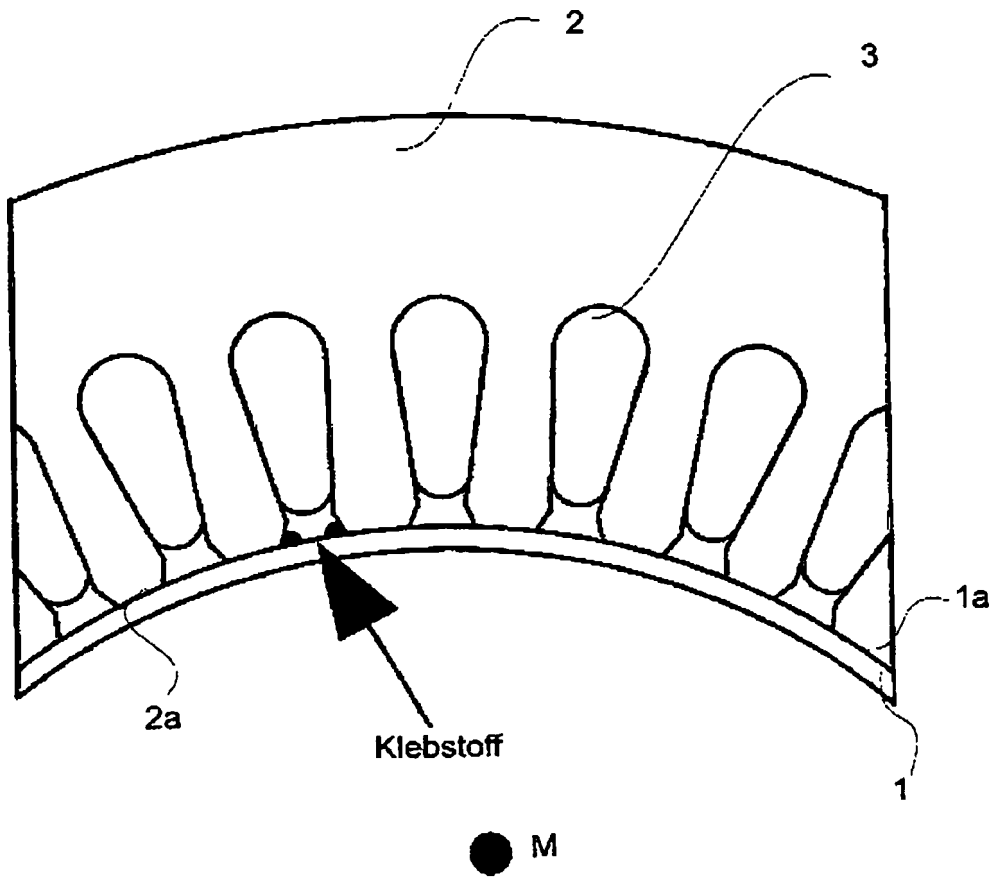


Fig.5

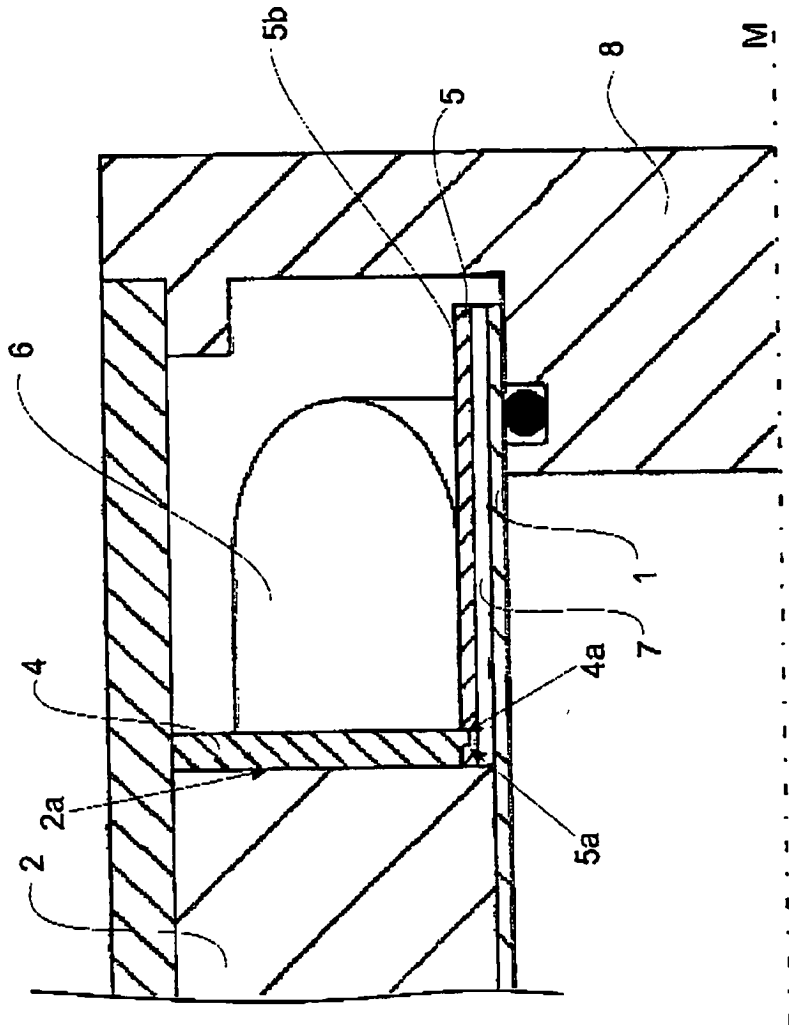


Fig.6

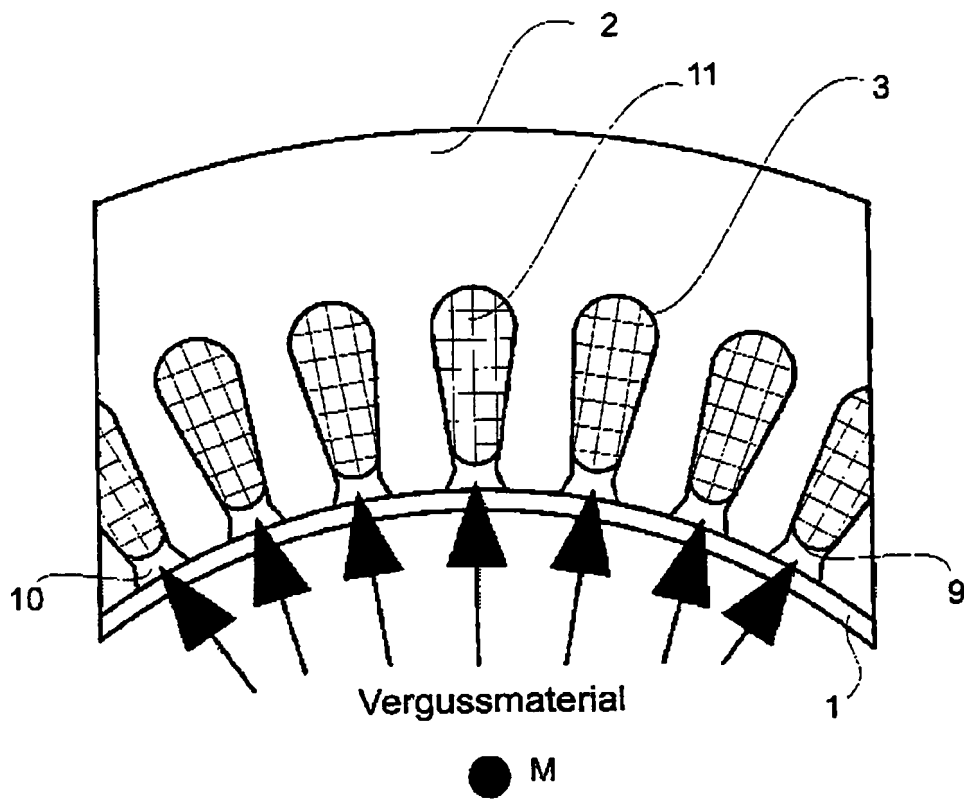


Fig.7

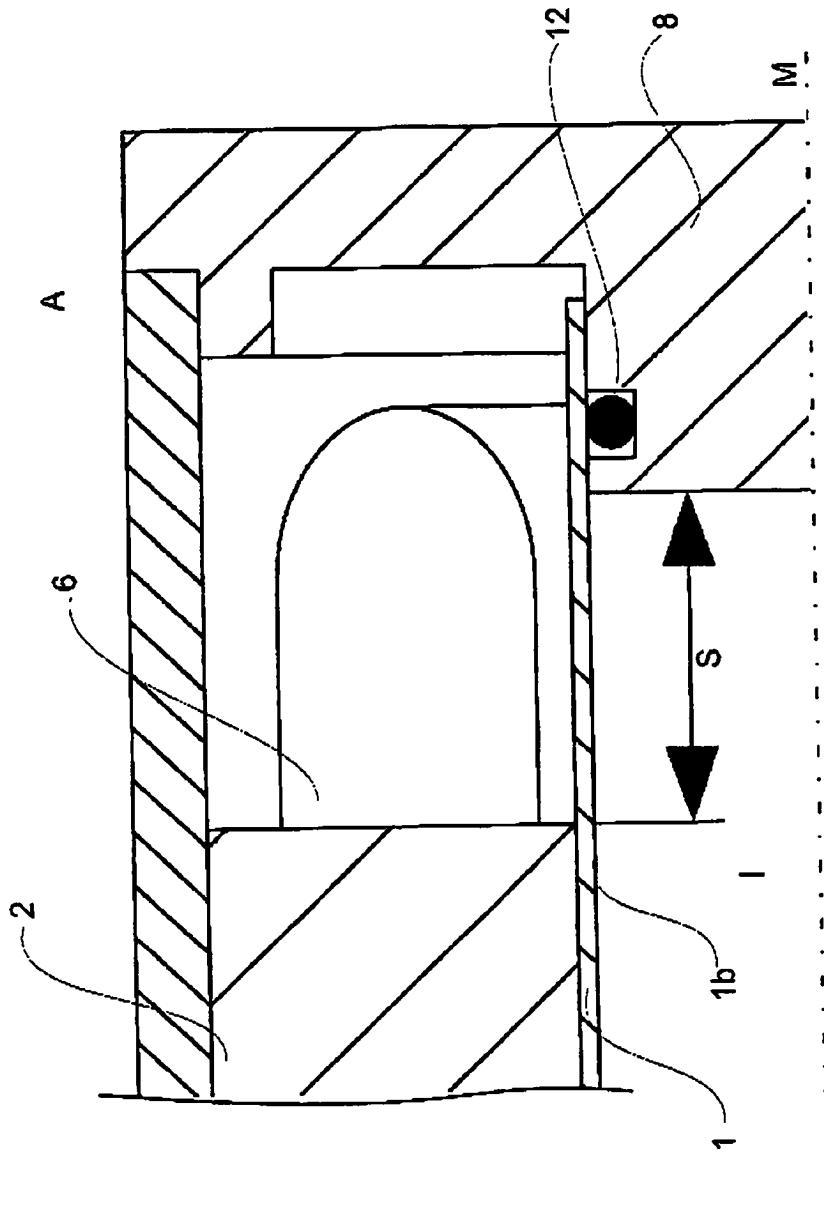


Fig.8

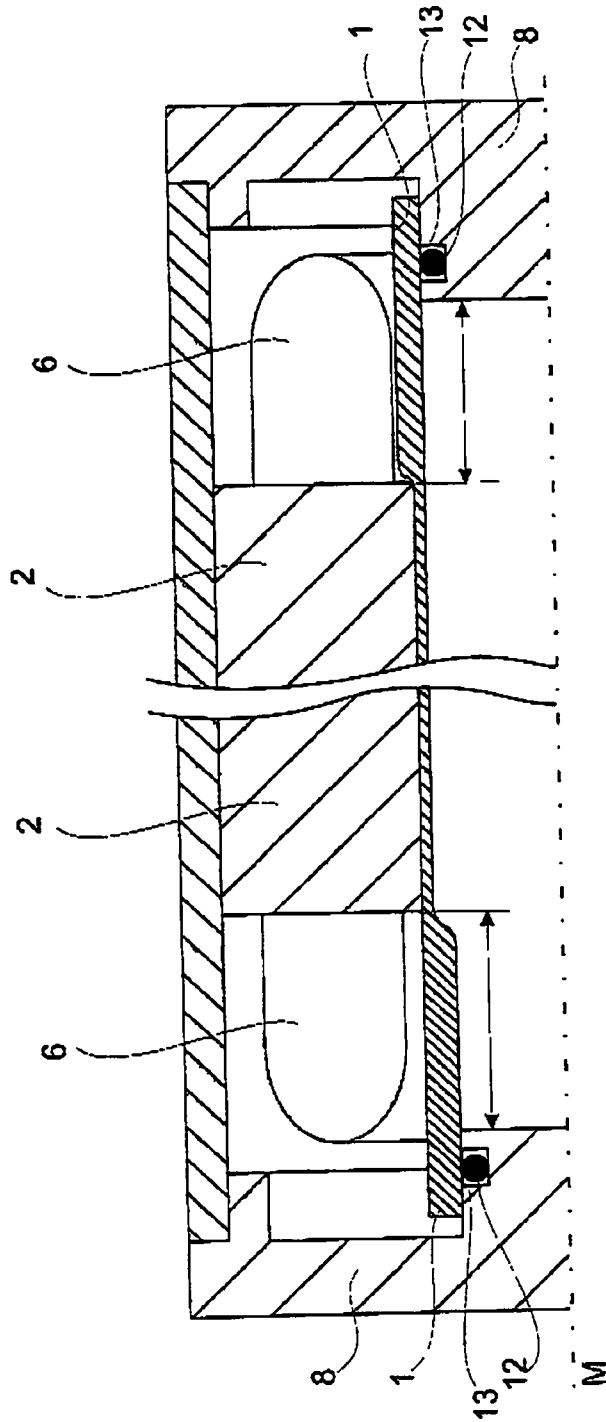


Fig.9