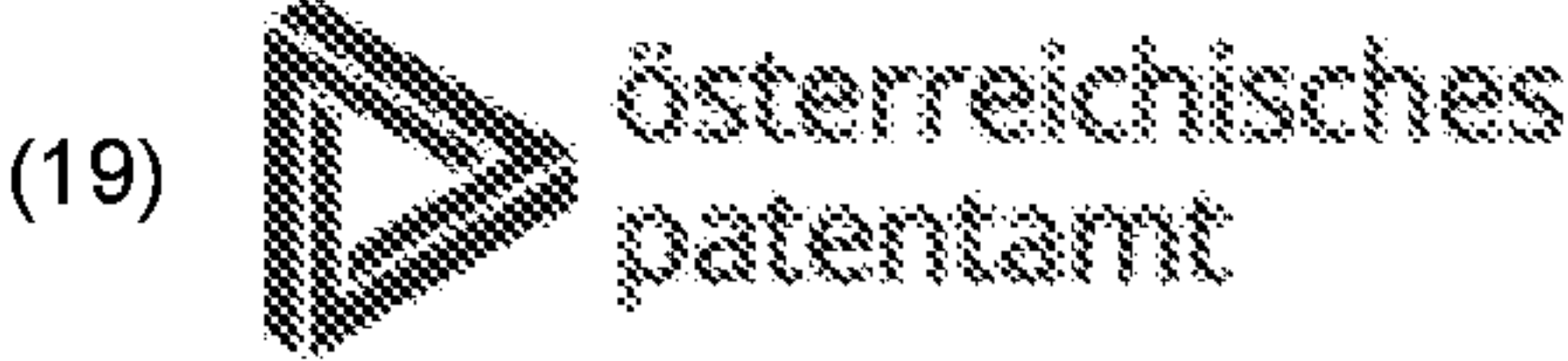




(10) **AT 522710 A1 2021-01-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

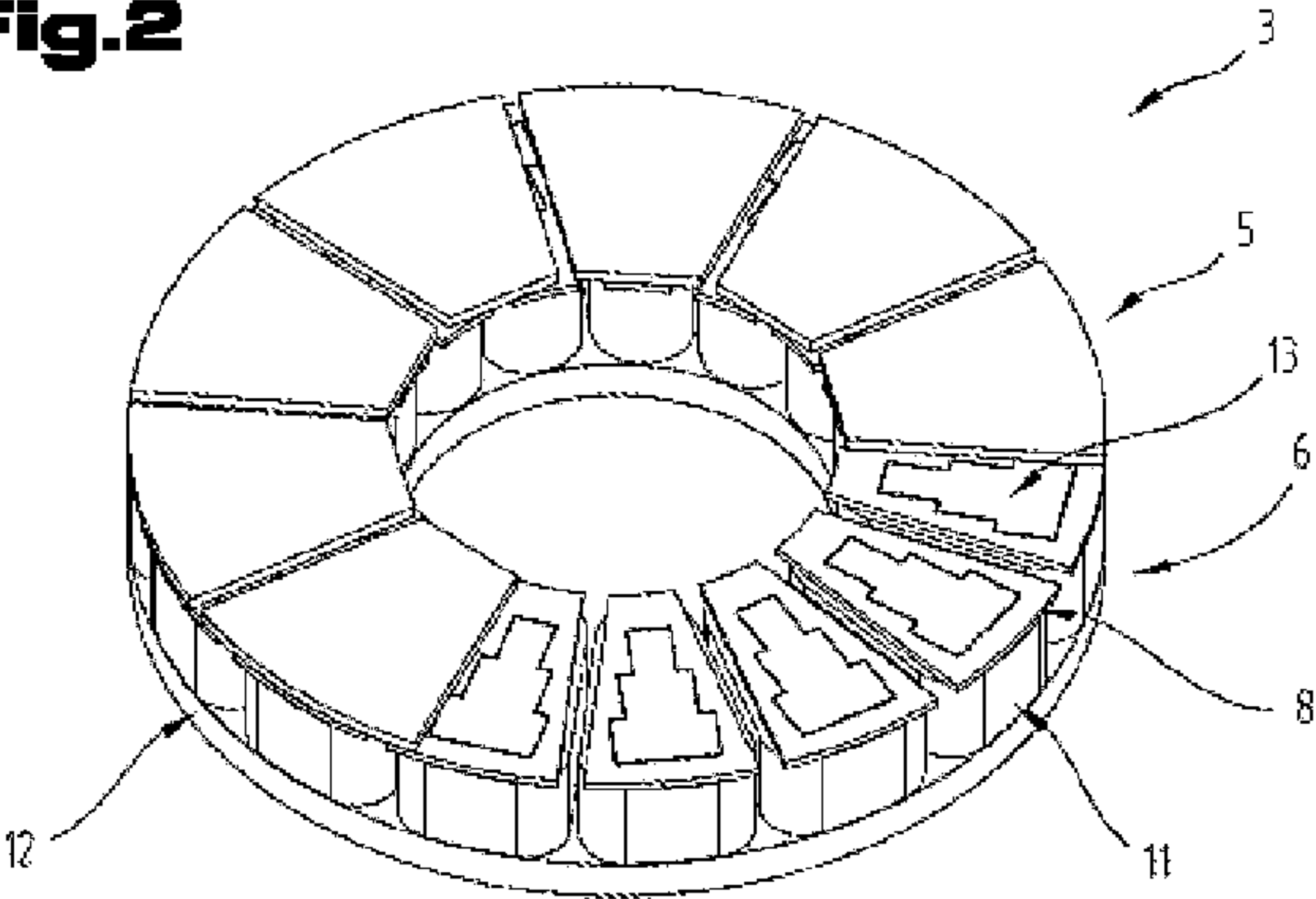
(21)	Anmeldenummer:	A 50626/2019	(51)	Int. Cl.:	H02K 1/02	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	09.07.2019			H02K 1/18	(2006.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.01.2021			H02K 1/14	(2006.01)
					H02K 21/24	(2006.01)
					H02K 1/27	(2006.01)
					H02K 37/12	(2006.01)

(56)	Entgegenhaltungen: CN 108736597 A DE 102004055578 A1	(71)	Patentanmelder: Miba Sinter Austria GmbH 4663 Laakirchen (AT)
		(74)	Vertreter: Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt GmbH 4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Stator für eine Axialflussmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft einen Stator (3) für eine Axialflussmaschine, umfassend eine Mehrzahl an Statorzähnen (6), die zwei in einer Axialrichtung (7) gegenüberliegende Endabschnitte und zwischen den Endabschnitten jeweils einen Zahnkern (10) aufweisen, wobei die Statorzähne (10) einen SMC-Werkstoff aufweisen. Die Zahnkerne (10) weisen - in Draufsicht betrachtet - jeweils eine Kernfüllung (13) und eine Kernhülle (14) auf, wobei die Kernfüllungen (13) aus einem weichmagnetischen Werkstoff gebildet sind und wobei weiter entweder die Kernhüllen (14) oder die Kernhüllen und zumindest ein Teil zumindest eines der Endabschnitte der Statorzähne (6) aus dem dazu unterschiedlichen SMC-Werkstoff gebildet sind.

Fig.2



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Stator (3) für eine Axialflussmaschine, umfassend eine Mehrzahl an Statorzähnen (6), die zwei in einer Axialrichtung (7) gegenüberliegende Endabschnitte und zwischen den Endabschnitten jeweils einen Zahnkern (10) aufweisen, wobei die Statorzähne (10) einen SMC-Werkstoff aufweisen. Die Zahnkerne (10) weisen – in Draufsicht betrachtet - jeweils eine Kernfüllung (13) und eine Kernhülle (14) auf, wobei die Kernfüllungen (13) aus einem weichmagnetischen Werkstoff gebildet sind und wobei weiter entweder die Kernhüllen (14) oder die Kernhüllen und zumindest ein Teil zumindest eines der Endabschnitte der Statorzähne (6) aus dem dazu unterschiedlichen SMC-Werkstoff gebildet sind.

Fig. 2

Die Erfindung betrifft einen Stator für eine Axialflussmaschine, umfassend eine Mehrzahl an Statorzähnen, die zwei in einer Axialrichtung gegenüberliegende Endabschnitte und zwischen den Endabschnitten jeweils einen Zahnkern aufweisen, wobei die Statorzähne einen SMC-Werkstoff aufweisen.

Weiter betrifft die Erfindung eine Axialflussmaschine umfassend zumindest einen Stator und zumindest einen Rotor.

Elektrische Baugruppen mit einem scheibenförmigen Rotor und einem parallel dazu angeordnetem Stator sind aus dem Stand der Technik bekannt, und finden z.B. in Axialflussmaschinen Anwendung. Üblicherweise weist der Rotor eine Mehrzahl von Permanentmagneten auf, welche durch einen Luftspalt getrennt an gegenüberliegenden elektromagnetisch erregbaren Polen des Stators vorbei rotieren. Die elektromagnetisch erregbaren Pole sind dabei z.B. als Statorzähne aus einem weichmagnetischen Material ausgebildet, wie dies beispielsweise die DE 10 2016 207 943 A1 beschreibt, um deren Zahnkern eine elektrisch leitfähige Wicklung bei Bestromung ein Magnetfeld erzeugt. Durch rotorlageabhängige Bestromung der in Umfangsrichtung des Stators gleichmäßig und konzentrisch angeordneten Statorzähne bzw. deren Wicklungen, wird ein Drehmoment auf den Rotor eingeleitet. Abhängig von der Anwendung können sehr hohe Leistungs- und/oder Drehmomentendichten gefordert sein.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, einen Stator für eine Axialflussmaschine mit einem hohen spezifischen Drehmoment bereitzustellen.

Gelöst wird die Aufgabe der Erfindung bei dem eingangs genannten Stator dadurch, dass die Zahnkerne – in Draufsicht betrachtet - jeweils eine Kernfüllung

und eine Kernhülle aufweisen, wobei die Kernfüllungen aus einem weichmagnetischen Werkstoff gebildet sind und wobei weiter entweder die Kernhüllen oder die Kernfüllungen und zumindest ein Teil zumindest eines der Endabschnitte der Statorzähne aus dem dazu unterschiedlichen SMC-Werkstoff gebildet sind.

Weiter wird die Aufgabe der Erfindung bei der eingangs genannten Axialflussmaschine dadurch gelöst, dass der Stator oder die Statoren erfindungsgemäß ausgebildet ist oder sind.

Von Vorteil ist dabei, dass durch die hybride Ausführung der Zähne die magnetische Flussdichte durch den Zahn(hals) erhöht werden kann, wodurch je nach Auslegungspriorität der Wirkungsgrad und das Drehmoment bzw. die Drehmomentendichte der Axialflussmaschine erhöht werden können. Durch die Materialkombination kann die dreidimensionale Magnetflussführung, die durch das SMC-Material erreicht wird, selbst dann noch aufrecht erhalten werden, wenn die Magnetausnutzung durch die erhöhte Flussdichte im Körper der Zähne wesentlich höher ist. Somit kann eine Axialflussmaschine zur Verfügung gestellt werden, die verglichen mit einer Stand der Technik Axialflussmaschine gleicher Baugröße bei gleichem Bauraum mehr Leistung zur Verfügung stellt oder bei gleicher Leistung weniger Bauraum benötigt, wodurch das Gewicht der Axialflussmaschine reduziert werden kann. Darüber hinaus ist damit auch die Verwendung von günstigeren Werkstoffen für die Füllung, verglichen mit den teureren SMC-Werkstoffen, möglich.

Bevorzugt werden gemäß einer Ausführungsvariante die Kernfüllungen jeweils aus einem Blechpaket gebildet, wodurch im Kern eine höhere 2D-Flussdichte erreicht werden kann.

Gemäß einer Ausführungsvariante des Stators dazu kann vorgesehen sein, dass die Blechpakete aus Blechen unterschiedlicher Breite gebildet sind. Es ist damit **die maschinelle „Befüllung“ der Zähne mit dem Blechpaket einfacher durchführbar**. Zudem kann damit der Stanzabfall für die Herstellung der Blechpakete deutlich reduziert werden.

Zur weiteren Erhöhung der Drehmomentendichte kann nach einer anderen Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass die Blechpakete aus kornorientierten Elektroblechen gebildet sind, wobei die kristallographische Vorzugsrichtung in axialer Richtung ausgebildet ist. Es konnte damit eine Steigerung der Drehmomentendichte im Vergleich zu reinen SMC-Zähnen um bis zu 40 % erreicht werden.

Eine weitere Ausführungsvariante des Stators sieht vor, dass die Blechpakete jeweils aus einem gerollten Blech hergestellt sind, womit ebenfalls Stanzabfall reduziert werden kann.

Bei einer weiteren Ausführungsvariante des Stators kann vorgesehen sein, dass das Blechpaket oder die Blechpakete Blechlamellen aufweist/aufweisen, die miteinander verbunden sind. Durch die Verbindung der Blechlamellen kann das maschinelle Handling der Blechpakete verbessert werden.

Bevorzugt werden die Blechlamellen kurzschlussfrei miteinander verbunden, beispielsweise miteinander verklebt oder mit einem Backlack verbacken. Es ist aber auch möglich, dass die Blechlamellen miteinander verschweißt, insbesondere punktverschweißt, verstemmt oder verklemmt sind.

Nach einer anderen Ausführungsvariante des Stators kann auch vorgesehen werden, dass zwischen den Blechlamellen eine elektrische Isolierung angeordnet ist, wodurch Wirbelströme besser verhindert werden können.

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante des Stators kann vorgesehen sein, dass die Kernhüllen jeweils ausschließlich einen Mantel für die Kernfüllungen bilden. Mit anderen Worten werden von einem Endbereich bis zum zweiten Endbereich durchgehende Ausnehmungen für die Aufnahme der Kernfüllung zur Verfügung gestellt. Mit dieser Ausführungsvariante ist eine einfache und rasche Befüllung der Zahnhüllen mit den Zahnfüllungen erreichbar.

Es ist aber gemäß einer Ausführungsvariante dazu auch möglich, dass die Kernhüllen jeweils einen Mantel und eine Abdeckung für die Kernfüllungen bilden. Die Vorteile dieser Ausführungsvariante treten insbesondere dann zu Tage, wenn die Zahnfüllungen vor der Anordnung der Zahnhüllen hergestellt werden.

Es kann nach einer anderen Ausführungsvariante des Stators auch vorgesehen sein, dass ein Endbereich durch ein gerolltes Blech gebildet ist und insbesondere ein Rückschlusselement des Stators bildet. Durch den gerollten Statorrückschluss kann der **Stanzabfall im Vergleich zum „geschichteten“ Rückschluss ebenfalls reduziert** werden.

Nach einer anderen Ausführungsvariante des Stators kann zur Erhöhung der Effizienz des Stators vorgesehen sein, dass das Rückschlusselement aus einem gerolltem, kornorientiertem Elektroblech gebildet ist, wobei die kristallographische Vorzugsrichtung in tangential Richtung ausgebildet ist.

Es kann aber auch vorgesehen werden, dass das Rückschlusselement und die Kernfüllungen einstückig miteinander ausgebildet sind, womit ein besserer Kontakt zwischen Rückschlusselement und Zahnfüllungen erreicht werden kann. Zudem kann die Anzahl an Einzelteilen für die Montage des Stators reduziert werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Axialflussmaschine weist diese zur Erhöhung der Leistungsdichte zwei Statoren auf, wobei zwischen den beiden Statoren in der Axialrichtung ein Rotor angeordnet ist.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 eine Axialflussmaschine;
- Fig. 2 einen Stator in Schrägansicht vom Luftspalt gesehen und mit einigen Magneten;
- Fig. 3 Die Anordnung nach Fig. 2 in Schrägansicht auf das Rückschlusselement;
- Fig. 4 eine Ausführungsvariante eines Statorzahnes in Ansicht vom Luftspalt aus;

- Fig. 5 den Statorzahn nach Fig. 4 in Seitenansicht geschnitten;
- Fig. 6 eine andere Ausführungsvariante eines Statorzahnes in Ansicht von oben;
- Fig. 7 den Statorzahn nach Fig. 6 in Seitenansicht geschnitten;
- Fig. 8 ein gerolltes Rückschlusselement in Schrägansicht;
- Fig. 9 das Rückschlusselement nach Fig. 8 ausschnittsweise mit einem aufgesetzten Statorzahn;
- Fig. 10 einen Ausschnitt aus einer anderen Ausführungsvariante eines gerollten Stators mit Statorzähnen teilweise geschnitten und in Schrägansicht;
- Fig. 11 eine Ausführungsvariante einer Axialflussmaschine.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Fig. 1 zeigt eine Axialflussmaschine 1 umfassend ein fakultatives Gehäuse 2, einen Stator 3 und zumindest einen Rotor 4. In der dargestellten Ausführungsvariante umfasst die Axialflussmaschine 1 zwei Rotoren 4, zwischen denen der Stator 3 angeordnet ist. Auf dem Rotor 4 bzw. den Rotoren 4 sind Magnete 5, beispielsweise Permanentmagnete, angeordnet.

Es können auch mehrere Statoren 3 angeordnet sein. In diesem Fall sind vorzugsweise alle Statoren 3 gleich ausgebildet, sodass die folgenden Ausführungen auch auf die gegebenenfalls weiter vorhandenen Statoren 3 angewandt werden können.

Die Fig. 2 und 3 zeigen einen beispielhaften Stator 3 für die Axialflussmaschine 1. Der Stator 3 weist mehrere Statorzähne 6 auf. Diese weisen in einer Axialrichtung 7 gegenüberliegende Endabschnitte auf, die einen Zahnkopf 8 und einen Zahnfuß 9 bilden. Zwischen dem Zahnkopf 8 und dem Zahnfuß 9 ist je Statorzahn 6 ein Zahnkern 10 (z.B. in Fig. 4 ersichtlich) ausgebildet, der mit einer Spulenwicklung 11 (in Fig. 1 nur schematisch angedeutet) umwickelt ist. Der Zahnfuß 9 liegt in der Axialrichtung 7 an einem, insbesondere plattenförmigen, Rückschlusselement 12 auf oder wird zumindest teilweise in das Rückschlusselement 12 eingesteckt.

Der Zahnkern 10 erstreckt sich also ausschließlich über den Bereich der Spulenwicklung 11. Die keine Spulenwicklungen 11 aufweisenden Bereiche der Statorzähne 6 sind entweder dem Zahnkopf 8 oder dem Zahnfuß 9 zuzuordnen.

Es sei jedoch erwähnt, dass sich, wie dies noch beschrieben wird, der Zahnkern 10 zumindest teilweise bis in zumindest einen der beiden Endbereiche erstrecken kann, also beispielsweise bis in den Zahnkopf 8, und zumindest einen Teil davon bilden kann. Somit kann also auch ein Werkstoff, aus dem der Zahnkern 10 besteht bzw. der er umfasst auch in zumindest einem der Endbereiche vorhanden sein.

Der Zahnfuß 9 und/oder der Zahnkopf 8 kann/können einteilig mit dem Zahnkern 10 ausgebildet sein. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass der Zahnfuß 9 und/oder der Zahnkopf 8 mit dem Zahnkern 10 über eine Klebverbindung oder dgl. verbunden ist/sind.

Für die bessere Ausnutzung des Maschinenraums kann/können der Zahnfuß 9 und/oder der Zahnkopf 8 eine größere Querschnittsfläche als der Zahnkern 10 aufweisen, sodass sie über diesen vorragend (volumfänglich) ausgebildet sind.

Der Zahnfuß 9 kann auch das Rückschlusselement 12 bilden

Zumindest zwischen der Spulenwicklung 11 und dem Zahnkern 10 ist eine nicht weiter dargestellte elektrische Isolierung angeordnet.

Die Anzahl der in den Figuren dargestellten Statorzähne 6 ist nicht einschränkend zu verstehen. Vielmehr richtet sich deren Anzahl nach den jeweiligen Gegebenheiten in der Verwendung des Stators 3 bzw. der Axialflussmaschine 6 bzw. deren gewünschte Leistungsmerkmale.

Die Statorzähne 6 sind gleichmäßig verteilt über den Umfang des Stators 3 angeordnet.

Die Statorzähne 6 insgesamt und auch die Zahnkerne 10 weisen in Richtung der Axialrichtung 7 betrachtet eine zumindest annähernd trapezförmigen Querschnittsfläche auf.

In den Fig. 2 und 3 sind der Vollständigkeit halber auch noch die Magnete 5 des Rotors 4 (Fig. 1) dargestellt. Ein Teil der Magnete 5 wurde entfernt, um eine bessere Einsicht auf die Statorzähne 6 zu ermöglichen.

Das, insbesondere ringförmige, Rückschlusselement 12 des Stators 3 kann aus einem hierfür üblichen Werkstoff bestehen.

Die Zahnkerne 10 sind hingegen als Hybridelemente ausgebildet und weisen eine Kernfüllung 13 und eine Kernhülle 14 auf, die besser aus Fig. 5 zu ersehen ist, die zusammen mit Fig. 4 eine erste Ausführungsvariante eines Statorzahns 6 zeigt.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass im Folgenden nur ein Statorzahn 6 beschrieben wird. Diese Ausführungen können auch auf die weiteren Statorzähne 6 des Rotors 4 übertragen werden, da bevorzugt sämtliche Statorzähne 6 gleich ausgebildet sind.

Die Kernhülle 14 ist in der dargestellten Ausführungsvariante einteilig mit dem Zahnkopf 8 ausgebildet. Zudem ist der Zahnfuß 9 teilweise durch das Rückschlusselement 12 gebildet. Dazu weist das Rückschlusselement 12 eine Ausnehmung auf, in der der Statorzahn 6 formschlüssig aufgenommen ist, wie dies insbesondere aus der Querschnittsdarstellung in Fig. 5 ersichtlich ist. Der nicht über den Zahnkern 10 vorspringende Teil des Zahnfußes 9 wird dabei durch die Kernhülle

14 gebildet. Es sei jedoch auf voranstehende Ausführungen verwiesen, wonach der Zahnfuß 9 die Form des Zahnkopfes 8 haben kann.

Die Kernhülle 14 (wie auch der Zahnkopf 8 bei dieser Ausführungsvariante) besteht aus einem SMC-Werkstoff (Soft Magnetic Composite). Sie wird bevorzugt pulvermetallurgisch hergestellt und ermöglicht eine verlustarme dreidimensionale Magnetfluss-Führung. Da derartige Verfahren an sich bekannt sind, erübrigen sich weitere Ausführungen dazu.

SMC-Werkstoffe sind seit langem bekannt. Es handelt sich um Pulver aus weichmagnetischem Material, deren Oberfläche mit einer elektrisch isolierenden Schicht überzogen ist. Diese Pulver werden durch Pressen zu weichmagnetischen Bauteilen konsolidiert. Das SMC-Pulver weist Partikel auf, die einen Kern umfassen, der von einer Isolierschicht oder mehreren Isolierschichten umgeben ist, bzw. besteht aus dem Kern und der zumindest einen Isolierschicht. Gegebenenfalls kann außen auf der Isolierschicht noch eine Binderschicht aufgebracht sein, mit der die einzelnen Partikel miteinander verbunden werden können.

Der Kern der SMC-Pulver Partikel kann Reineisen aufweisen bzw. daraus bestehen. Es sind aber auch andere magnetisierbare Werkstoffe bzw. Legierungen als Kern einsetzbar, wie z.B. Eisenlegierungen, die üblicherweise für die Herstellung von Elektroblechen verwendet werden.

Dieser Kern ist vollständig von der zumindest einen Isolierschicht umgeben. Die zumindest eine Isolierschicht kann organischer, z.B. ein Silikonlack, oder metallorganischer oder anorganischer Natur sein, z.B. eine Oxidschicht, eine Silikatschicht, eine Phosphatschicht. Im Fall von mehreren Isolierschichten können diese auch aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen, beispielsweise ausgewählt aus den genannten Werkstoffen.

Die Isolierschicht kann bzw. die Isolierschichten können eine mittlere Schichtdicke (arithmetisches Mittel aus zumindest zehn Einzelwerten) zwischen 0,01 µm und 800 µm aufweisen.

Die gegebenenfalls vorhandene Binderschicht kann eine Polymerschicht sein, z.B. PTFE, Wachs, etc.

Prinzipiell ist dieser Aufbau von SMC-Pulvern ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt, sodass sich weitere Ausführungen dazu erübrigen.

Die Kernfüllung 13 der Statorzähne 6 ist hingegen aus einem zum SMC-Werkstoff unterschiedlichen eisenbasierten Werkstoff gebildet bzw. umfasst diesen. Beispielsweise kann ein Elektroblech verwendet werden, wie es für elektrische Maschinen und Magnetkreise mit wechselnden Magnetfeldern bekannterweise eingesetzt wird.

Gemäß einer Ausführungsvariante zu der eben beschriebenen Ausführung des Statorzahnes 6 kann auch nur einer der Endabschnitte, insbesondere der Zahnkopf 8, aus dem SMC-Werkstoff bestehen. In diesem Fall wird die Zahnhülle 14 aus dem Werkstoff der Kernfüllung 13 gebildet bzw. besteht aus dieser.

Vorzugsweise füllt die Kernfüllung 13 das von der Zahnhülle 14 umgebene Volumen zu 90 % bis 100 %, insbesondere zu 100 %, aus.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des Stators 3 wird die Kernfüllung 13 durch ein Blechpaket aus mehreren Blechen 15 gebildet. Es können dazu bekannt Elektrobleche verwendet werden, also beispielsweise nicht orientierte magnetische Stahlbleche. Zur Leistungssteigerung können gemäß einer weiteren Ausführungsvariante kornorientierte magnetische (Stahl-)Bleche eingesetzt werden. Kornorientierte Bleche 15 an sich sind aus dem Stand der Technik bekannt, sodass darauf verwiesen sei. Die kristallographische Orientierung dieser Bleche ist bei Anwendung für die Kernfüllungen 13 der Statorzähne 6 in axialer Richtung ausgebildet.

Die Bleche 15 haben vorzugsweise eine Blechdicke ausgewählt aus einem Bereich von 0,05 mm bis 0,5 mm. Eine Breite und eine Länge der Bleche 15 ist üblicherweise deutlich größer als die Blechdicke.

Die Bleche 15 sind senkrecht auf die Endbereiche des Statorzahns 6 verlaufend angeordnet. Sie sind also in der Kernhülle 14 stehend angeordnet, wie dies aus den Fig. 4 und 5 ersichtlich ist. Weiter ist die durch die Länge und Breite definierte Fläche jedes Bleches 15 vorzugsweise senkrecht stehend auf eine radiale Richtung 16 durch den Statorzahn 6 orientiert im Statorzahn 6 bzw. im Stator 3 angeordnet, wie dies in Fig. 4 gezeigt ist. Die seitlichen Stirnflächen der Bleche 15 weisen also annähernd in die Umfangsrichtung 17 des Stators 3. Mit „annähernd“ ist dabei gemeint, dass die ringförmige Ausbildung des Stators 3 zu berücksichtigen ist.

Gemäß einer Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass das Blechpaket aus einem gewickelten Blech hergestellt ist. Dazu wird ein Blech auf einen Dorn aufgewickelt. Der von der Kernhülle 14 umgebene Hohlraum kann in diesem Fall auch einen trapezförmigen Querschnitt aufweisen (in Richtung der Axialrichtung 7 betrachtet).

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Begriffe „gewickelt“ und „gerollt“ in Hinblick auf ein aus einem Metallband hergestelltes Blechpaket synonym verwendet werden.

Durch das Wickeln des Metallbandes entsteht ein Blechpaket, das aus in radialer Richtung übereinander angeordneten Blechlamellen besteht (unmittelbar nach dem Wickeln sind die Blechlamellen aufgrund des Bandwickelns noch zusammenhängend). Zur besseren Handhabung des gewickelten Blechpaketes, insbesondere wenn daraus die Kernfüllungen 13 hergestellt werden, können die Blechlamellen miteinander verbunden werden. Die Verbindung kann beispielsweise durch Stanzpaketieren, Verstemmen der Blechlamellen miteinander, allgemein durch Verklemmen der Blechlamellen miteinander, etc., erfolgen. Neben dieser Art der Verbindung können die Blechlamellen aber auch ausschließlich aufgrund der Reibung zwischen den Blechlamellen verbunden sein. Dazu kann das Metallband unter Zug gewickelt werden. Zusätzlich zu den formschlüssigen bzw. kraftschlüssigen Verbindungsarten können die Blechlamellen auch stoffschlüssig verbunden sein, beispielsweise durch Punktschweißen, Kleben, Backen, etc.. Zum Backen

wird auf das Metallband ein sogenannter Backlack zumindest einseitig aufgetragen und danach die Verbindung bei erhöhter Temperatur über den Lack hergestellt werden. Der Lack kann dabei gleichzeitig eine elektrische Isolierung zwischen den Blechlamellen bilden. Generell ist es aber auch möglich, zwischen den Blechlamellen eine elektrische Isolierung anzuordnen, beispielsweise in Streifenform, wobei der Streifen mit dem Metallband mitgewickelt werden kann.

Die Ausführungen zur Verbindung der Blechlamellen miteinander und zur Isolierung gegeneinander können im Rahmen dieser Beschreibung generell auf genannte Blechpakete angewandt werden.

Es besteht die Möglichkeit, dass das Blechpaket aus Blechen mit unterschiedlicher Breite gebildet ist, also als in **Draufsicht betrachtet „treppenförmiger“** Blechstapel ausgebildet. Die einzelnen Bleche 15 können dazu in der entsprechenden Form aus einem größeren Blech ausgestanzt oder aus einem Blechstreifen mit korrekter Breite abgeschnitten werden. In diesem Fall können Seitenwände der Kernhülle 14 auf der dem das Blechpaket aufnehmenden Hohlraum mit Stufen ausgeführt sein, wie dies aus den Fig. 2 und 3 ersichtlich ist. Die einzelnen Bleche 15 können als rechtwinkelige Streifen ausgeführt sein, die in einem Magazin lose gehalten und im Assemblierungsprozess in den Hohlraum der Kernhülle 14 eingefügt werden können.

In der Fig. 6 bis 10 sind weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsvarianten des Rotors 2 bzw. des Statorzahns 6 gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1 bis 5 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird dazu auf die detaillierte Beschreibung der Figuren 1 bis 5 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

Bei der in den Fig. 4 und 5 dargestellten Ausführungsvariante des Stators 3 bzw. des Statorzahns 6 bildet die Kernhülle 14 ausschließlich einen Mantel für die Kernfüllung 13. Mit anderen Worten ausgedrückt ist der Hohlraum zur Aufnahme der Kernfüllung 14 oben und unten offen, d.h. dass die Ausnehmung für die Aufnahme

des Kernfüllung 13 als Durchbruch durch den Statorzahn 6 ausgebildet ist. Die Kernhülle 14 bildet eine Hülse für die Kernfüllung 13.

Die Fig. 6 und 7 zeigen zum Unterschied dazu eine Ausführungsvariante eines Statorzahns 6 des Stators 3 (Fig. 2 und 3), bei der Kernhülle 14 eine Sacklochbohrung zur Aufnahme der Kernfüllung 13 aufweist. Die Kernhülle 14 bildet bei dieser Ausführungsvariante also nicht nur den Mantel für die Kernfüllung 13, sondern auch eine Abdeckung. Die Abdeckung ist mit dem Mantel einstückig ausgebildet. Damit ist der Statorzahn 6 in einem Endbereich vollständig geschlossen mit dem SMC-Werkstoff ausgeführt.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass der SMC-Werkstoff als Flusssammler dient.

Generell für sämtliche Ausführungsvarianten der Erfindung kann gelten, dass eine Wandstärke 18 der Kernhülle 14 mindestens 2mm beträgt. Diese Wandstärke kann aber abhängig von der Variante und Maschinenbaugröße auch größer sein.

Eine Wandstärke 19 der beschriebenen Abdeckung kann zwischen 2 mm und 10 mm betragen.

Das (ringförmige) Rückschlusselement 12 (Fig. 2 und 3) kann als kompakte Platte ausgeführt sein. Nach einer Ausführungsvariante des Stators 3, die in Fig. 8 dargestellt ist, kann vorgesehen sein, dass das Rückschlusselement 12 als gerolltes Blech, d.h. als gerollter Blechstreifen 20 ausgeführt ist. Dieses Rückschlusselement 12 kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante auch einen Endbereich des Statorzahns 6 bilden. Das Rückschlusselement 12 kann aus nur einem einzigen Blechstreifen 20 hergestellt sein.

Die Blechdicke des gerollten Blechstreifens 20 kann zwischen 0,05 mm und 0,5 mm betragen.

Mit dieser Ausführungsvariante kann der Stanzabfall für die Herstellung des Rückschlusselementes 12 deutlich reduziert bzw. beinahe eliminiert werden. Zudem

kann auch ein anisotroper Werkstoff für das Rückschlusselement 12 eingesetzt werden. Die Verwendung eines isotropen Werkstoffes ist ebenfalls möglich.

Gemäß einer Ausführungsvariante des Stators 3 dazu kann vorgesehen sein, dass das Rückschlusselement 12 aus einem gerolltem, kornorientiertem Elektroblech gebildet ist, wobei die kristallographische Vorzugsrichtung in tangential Richtung ausgebildet ist.

Wie in Fig. 8 angedeutet und in Fig. 9 gezeigt, kann der Statorzahn 6 einfach auf das Rückschlusselement 12 aufgesetzt (oder in eine entsprechende Nut in diesem eingesetzt) und damit verbunden, z.B. verklebt, sein.

Obwohl in Fig. 9 die Ausführungsvariante des Statorzahns 6 nach den Fig. 4 und 5 mit der durchgängigen Ausnehmung für die Bleche 15 dargestellt ist, kann der Statorzahn 6 auch anders ausgeführt sein, insbesondere mit dem Sackloch versehen sein, wie dies für diese Ausführungsvariante in den Fig. 6 und 7 gezeigt ist.

Es ist möglich, dass bei der Ausführungsvariante des Stators 3 nach Fig. 9 sowohl für die Bleche 15 als auch für das Rückschlusselement 12, d.h. insbesondere den Blechstreifen 20, auch ein anisotroper Werkstoff verwendet wird. Die Verwendung eines isotropen Werkstoffes ist ebenfalls möglich.

Gemäß einer Ausführungsvariante dazu, die in Fig. 10 gezeigt ist, besteht die Möglichkeit, dass das Rückschlusselement 12 und die Kernfüllung 13 einstückig miteinander ausgebildet sind. Das Rückschlusselement 12 ist hier ebenfalls aus einem (einzigen) gerollten Blechstreifen 20 hergestellt. In diesem Fall wird für das Rückschlusselement 20 und die Bleche 15 der Kernfüllung 13 insbesondere ein isotroper Werkstoff verwendet.

Obwohl in Fig. 10 die Ausführungsvariante des Statorzahns 6 nach den Fig. 4 und 5 mit der durchgängigen Ausnehmung für die Bleche 15 dargestellt ist, kann der Statorzahn 6 auch anders ausgeführt sein, insbesondere mit dem Sackloch versehen sein, wie dies für diese Ausführungsvariante in den Fig. 6 und 7 gezeigt ist.

In Fig. 11 ist eine weitere Ausführungsvariante der Axialflussmaschine 1 dargestellt. Anders als bei der Ausführungsvariante der Axialflussmaschine 1 nach Fig. 1 weist diese nicht zwei Rotoren 4, sondern nur einen Rotor 4 auf. Der Rotor 4 ist – in der Axialrichtung betrachtet – zwischen zwei Statoren 4 angeordnet, die entsprechend der Erfindung ausgebildet sind. Der Rotor ist beidseitig mit mehreren Magneten 5 (Permanentmagnete) bestückt. Die beiden Statoren 4 sind so angeordnet, dass das Rückschlusselemente 12 jeweils auf der vom Rotor 4 abgewandten Seite des Stators 3, also außen, angeordnet sind.

Der Stator 3 nach der Erfindung kann beispielsweise in einer Traktionsmaschine für Kraftfahrzeuge oder Luftfahrzeuge eingesetzt werden.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Stators 3 bzw. des Statorzahns 6, wobei auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Axialflussmaschine 1, des Stators 3 bzw. des Statorzahns 6 diese nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt sind.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|--------------------|
| 1 | Axialflussmaschine |
| 2 | Gehäuse |
| 3 | Stator |
| 4 | Rotor |
| 5 | Magnet |
| 6 | Statorzahn |
| 7 | Axialrichtung |
| 8 | Zahnkopf |
| 9 | Zahnfuß |
| 10 | Zahnkern |
| 11 | Spulenwicklung |
| 12 | Rückschlusselement |
| 13 | Kernfüllung |
| 14 | Kernhülle |
| 15 | Blech |
| 16 | Richtung |
| 17 | Umfangsrichtung |
| 18 | Wandstärke |
| 19 | Wandstärke |
| 20 | Blechstreifen |

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Stator (3) für eine Axialflussmaschine, umfassend eine Mehrzahl an Statorzähnen (6), die zwei in einer Axialrichtung (7) gegenüberliegende Endabschnitte und zwischen den Endabschnitten jeweils einen Zahnkern (10) aufweisen, wobei die Statorzähne (10) einen SMC-Werkstoff aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnkerne (10) – in Draufsicht betrachtet - jeweils eine Kernfüllung (13) und eine Kernhülle (14) aufweisen, wobei die Kernfüllungen (13) aus einem weichmagnetischen Werkstoff gebildet sind und wobei weiter entweder die Kernhüllen (14) oder die Kernhüllen und zumindest ein Teil zumindest eines der Endabschnitte der Statorzähne (6) aus dem dazu unterschiedlichen SMC-Werkstoff gebildet sind.
2. Stator (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernfüllungen (13) jeweils durch ein Blechpaket gebildet sind.
3. Stator (3) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechpakete aus Blechen (15) unterschiedlicher Breite gebildet sind.
4. Stator (3) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechpakete aus kornorientierten Elektroblechen gebildet sind, wobei die kristallographische Vorzugsrichtung in axialer Richtung ausgebildet ist.
5. Stator (3) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechpakete jeweils aus einem gerollten Blech hergestellt sind.
6. Stator (3) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Blechpaket oder die Blechpakete miteinander verbundene Blechlammellen aufweist/aufweisen.

7. Stator (3) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechlamellen bereichsweise verschweißt oder verklebt oder mit einem Backlack verbacken oder verstemmt oder verklemmt sind.
8. Stator (3) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Blechlamellen eine elektrische Isolierung angeordnet ist.
9. Stator (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernhüllen (14) jeweils ausschließlich einen Mantel für die Kernfüllungen (13) bilden.
10. Stator (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernhüllen (14) jeweils einen Mantel und eine Abdeckung für die Kernfüllungen (13) bilden.
11. Stator (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Endbereich der Statorzähne (6) durch ein gerolltes Blech gebildet ist und insbesondere ein Rückschlusselement (12) des Stators (3) bildet.
12. Stator (3) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückschlusselement (12) aus einem gerolltem, kornorientiertem Elektroblech gebildet ist, wobei die kristallographische Vorzugsrichtung in tangential Richtung ausgebildet ist.
13. Stator (3) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückschlusselement (12) und die Kernfüllungen (13) miteinander einstückig ausgebildet sind.
14. Axialflussmaschine (1) umfassend einen Stator (3) oder mehrere Stator (3) und zumindest einen Rotor (4), dadurch gekennzeichnet, dass der Stator

(3) oder die Statoren (3) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 13 ausgebildet ist oder sind.

15. Axialflussmaschine (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass diese zwei Statoren (3) umfasst, wobei zwischen den beiden Statoren (3) in der Axialrichtung ein Rotor (4) angeordnet ist.

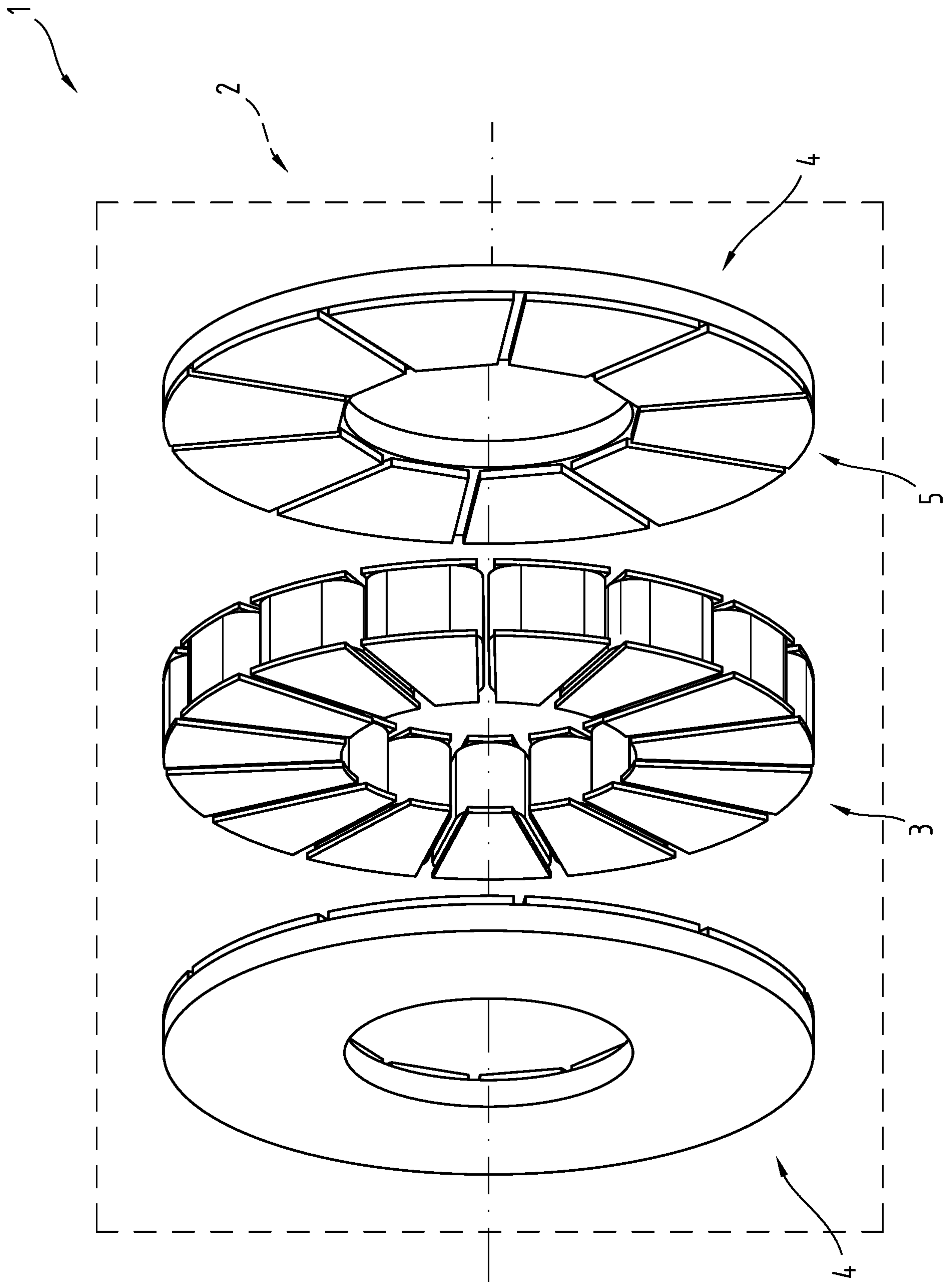


Fig.1

Fig.2

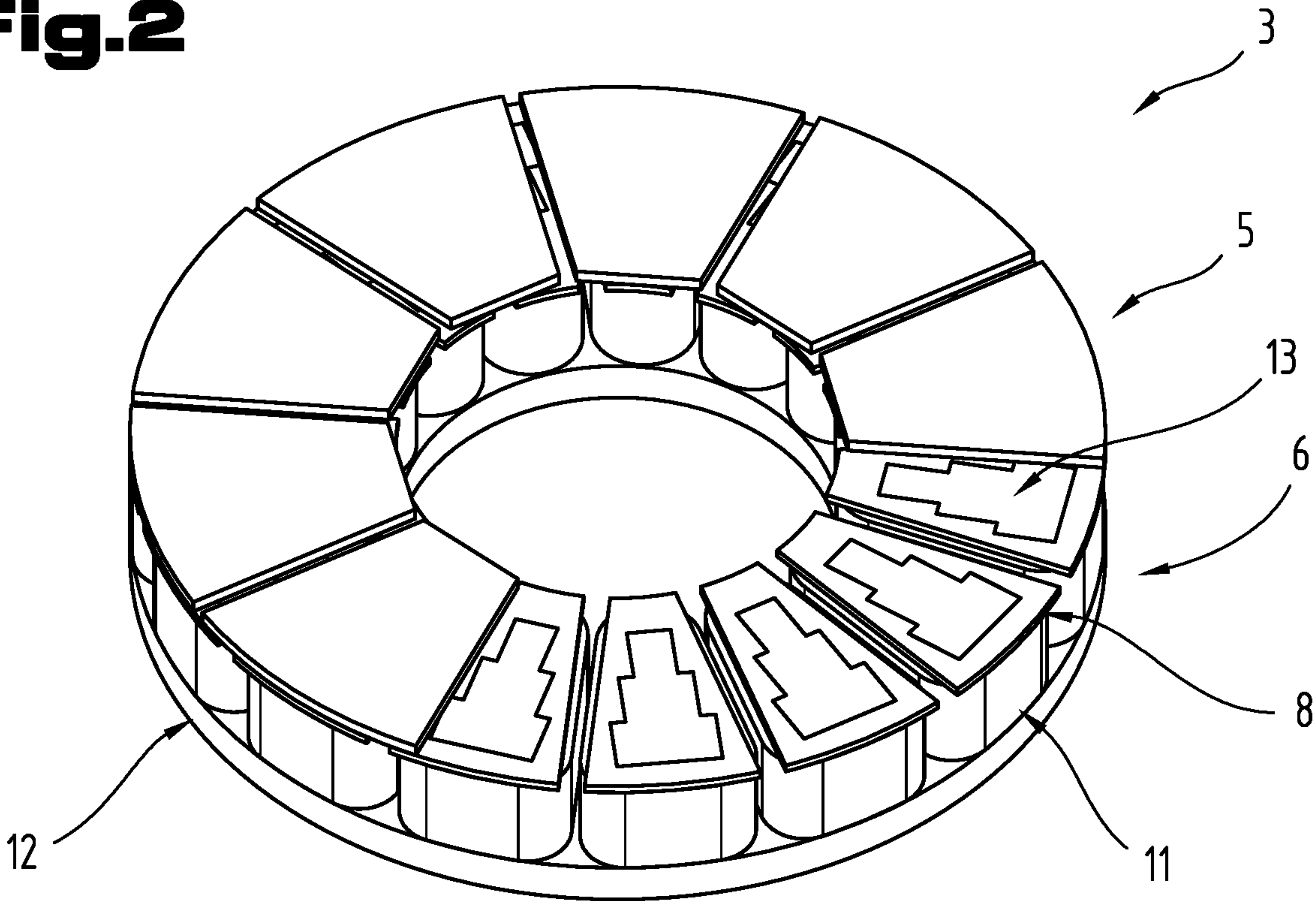


Fig.3

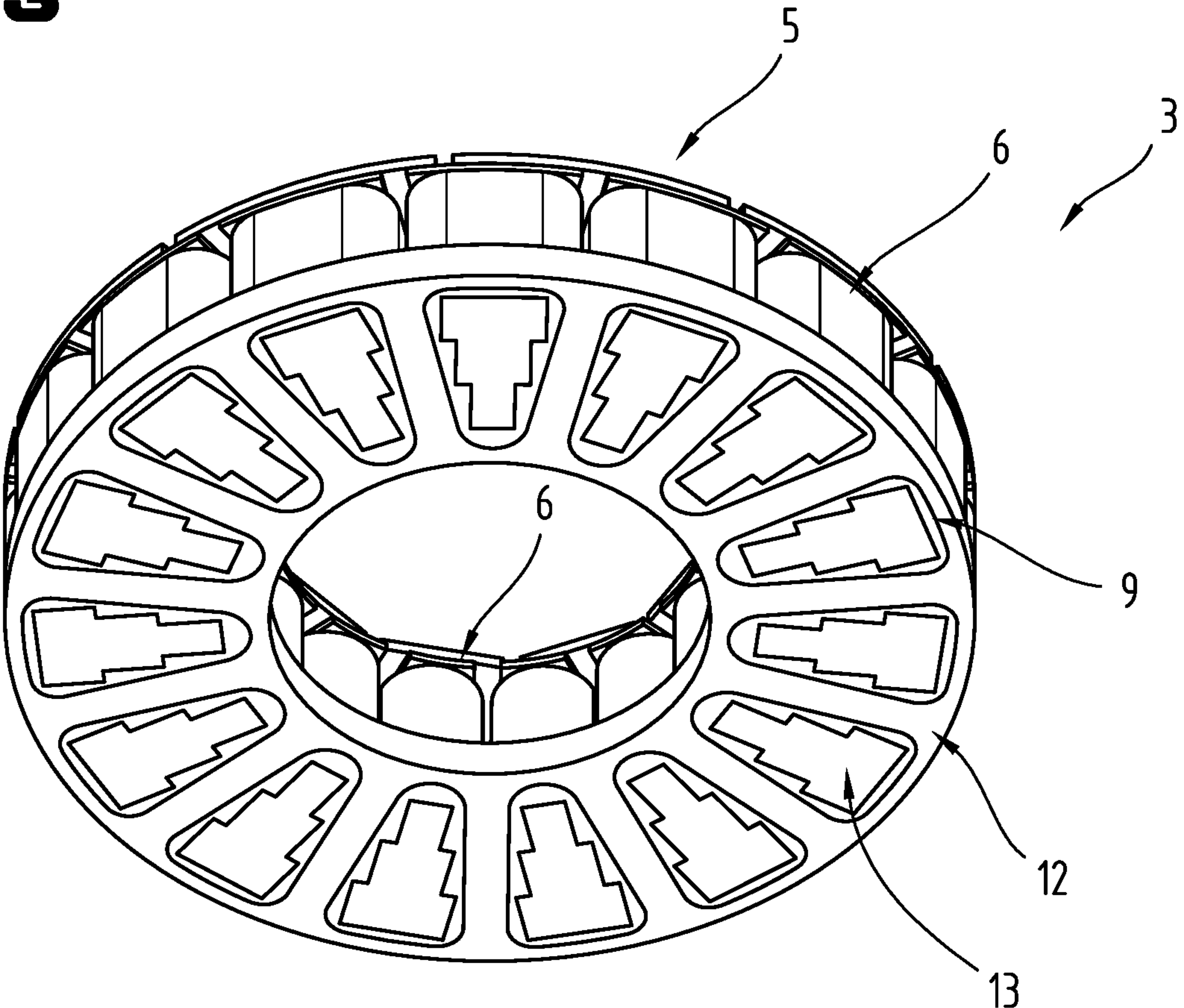


Fig.4

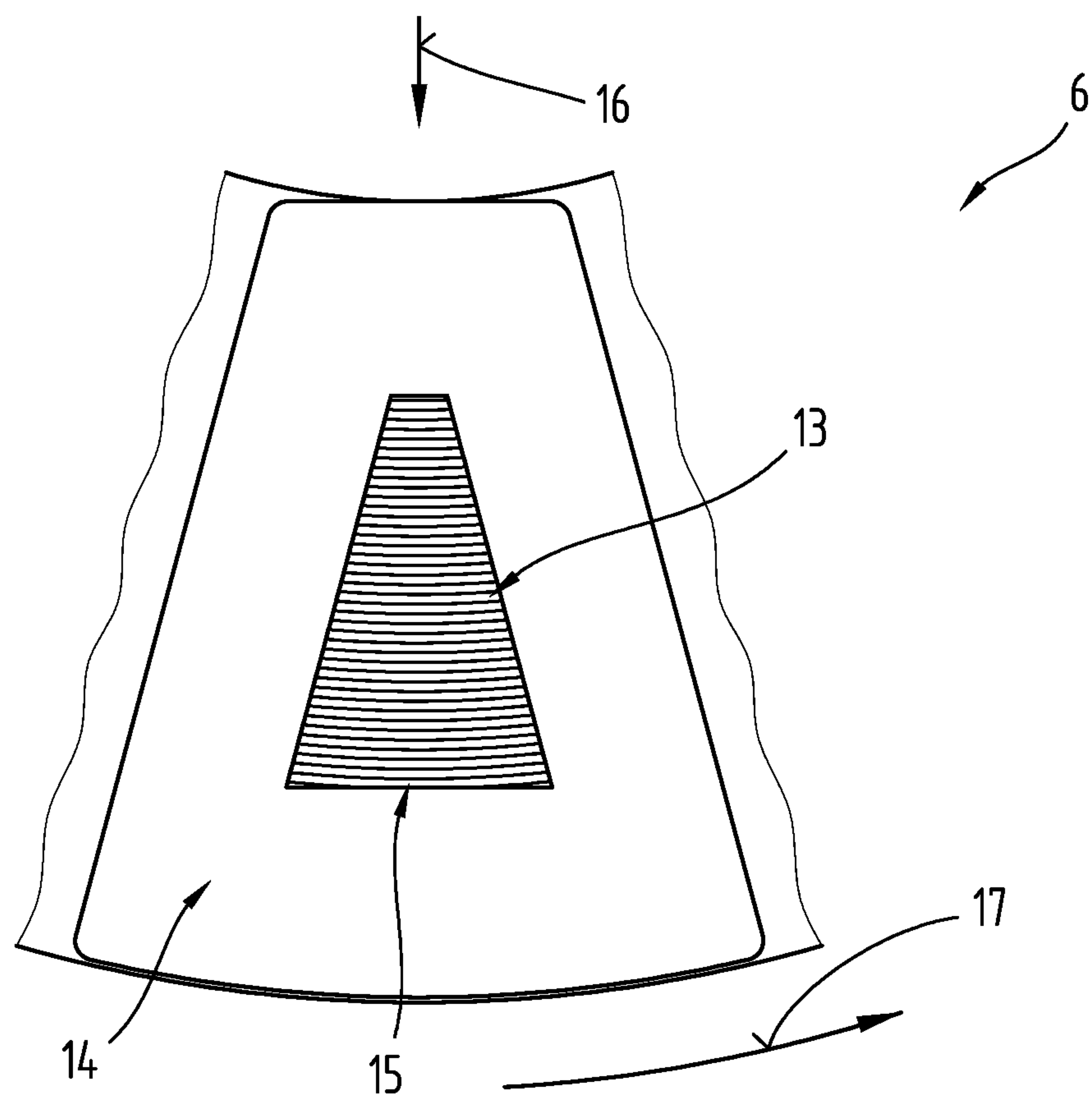


Fig.5

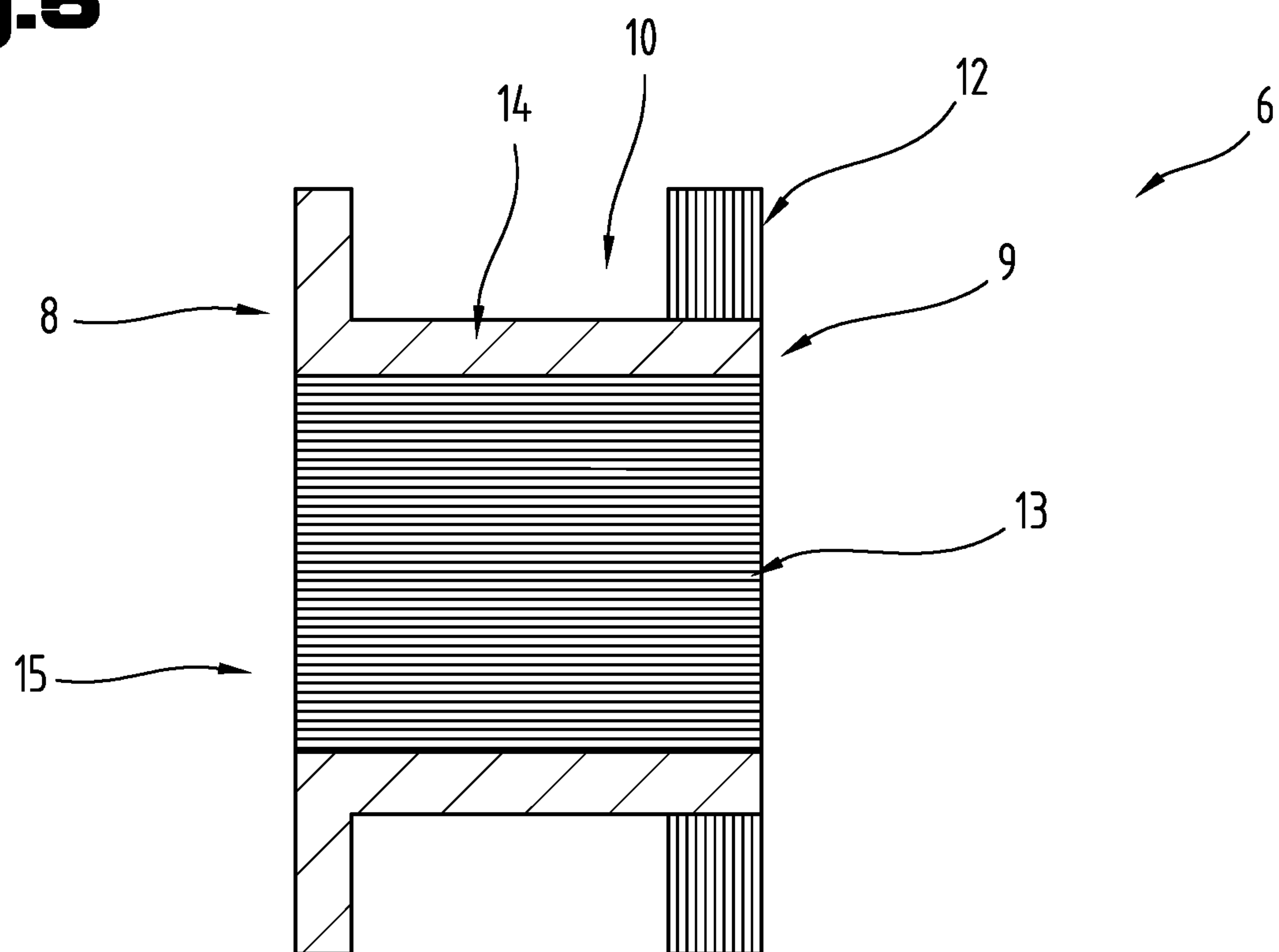


Fig.6

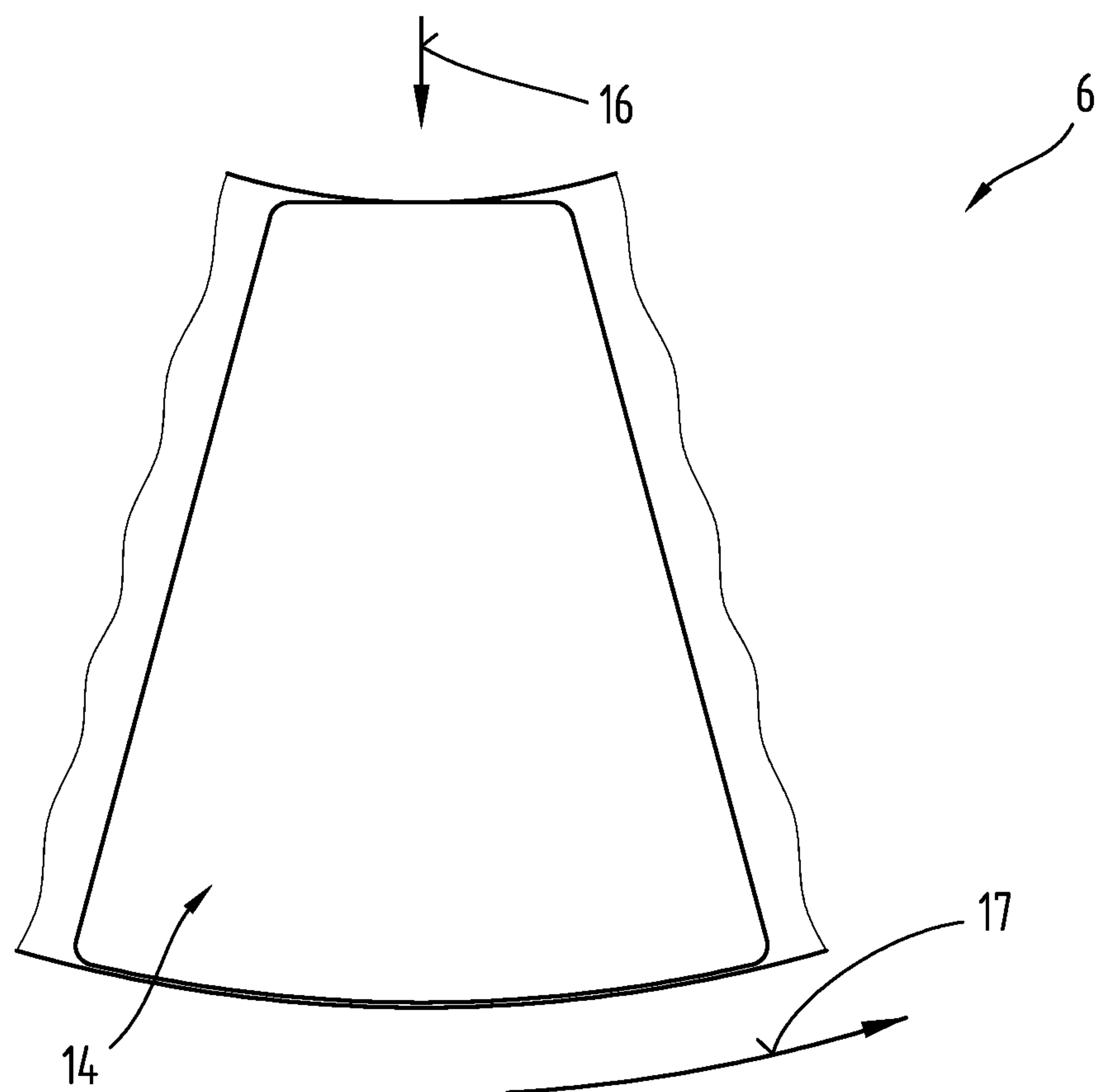


Fig.7

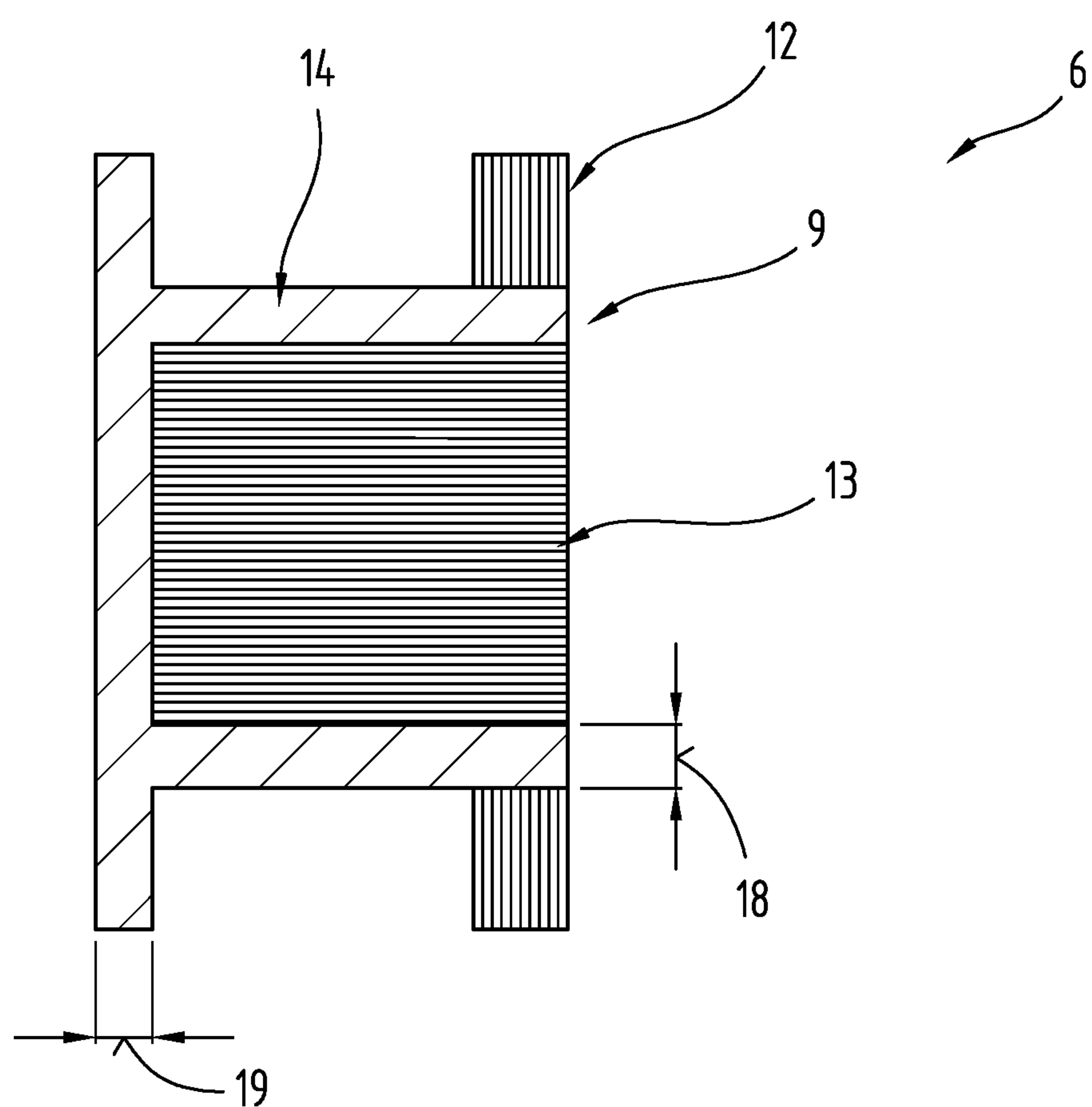


Fig.8

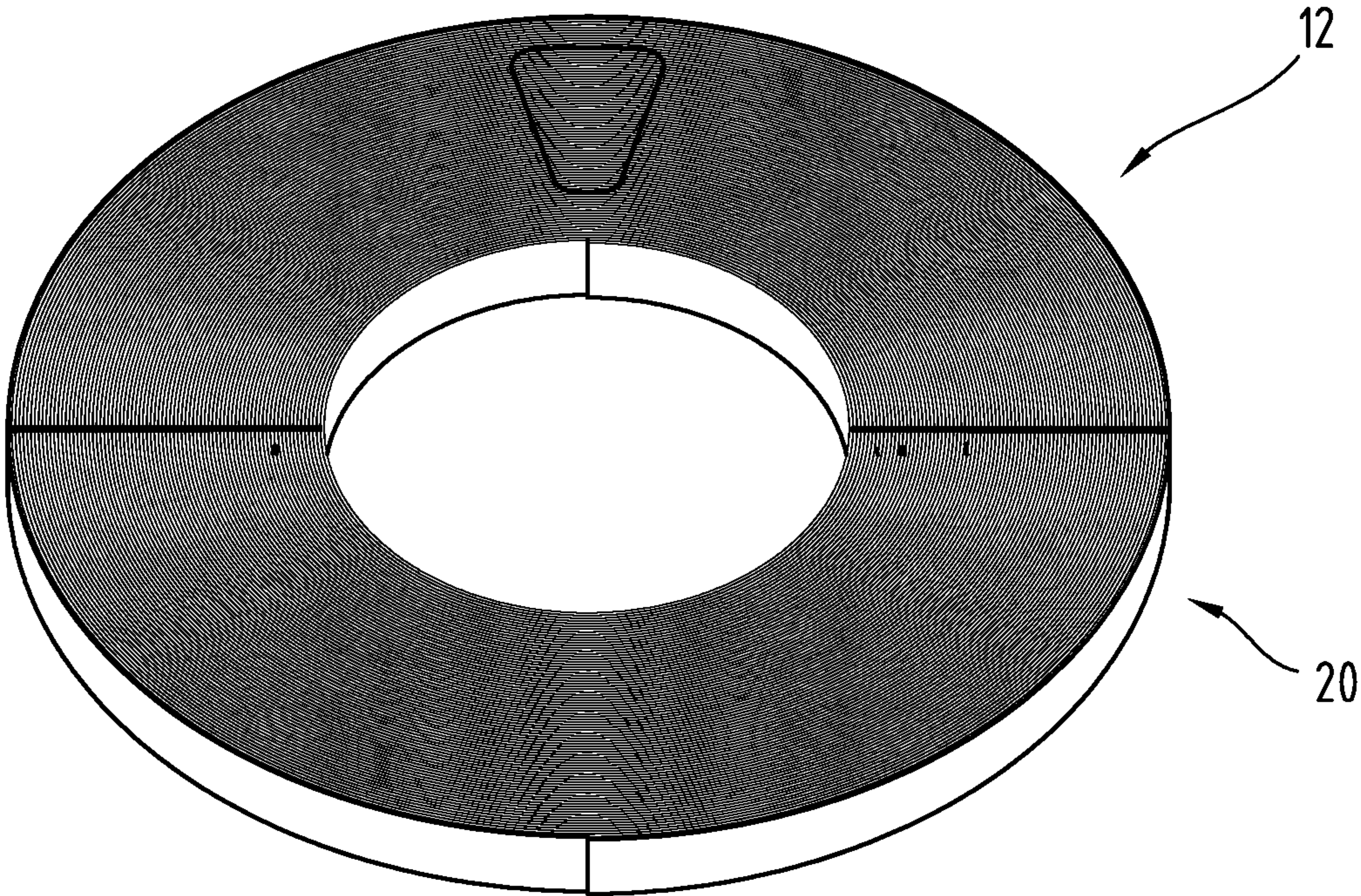


Fig.9

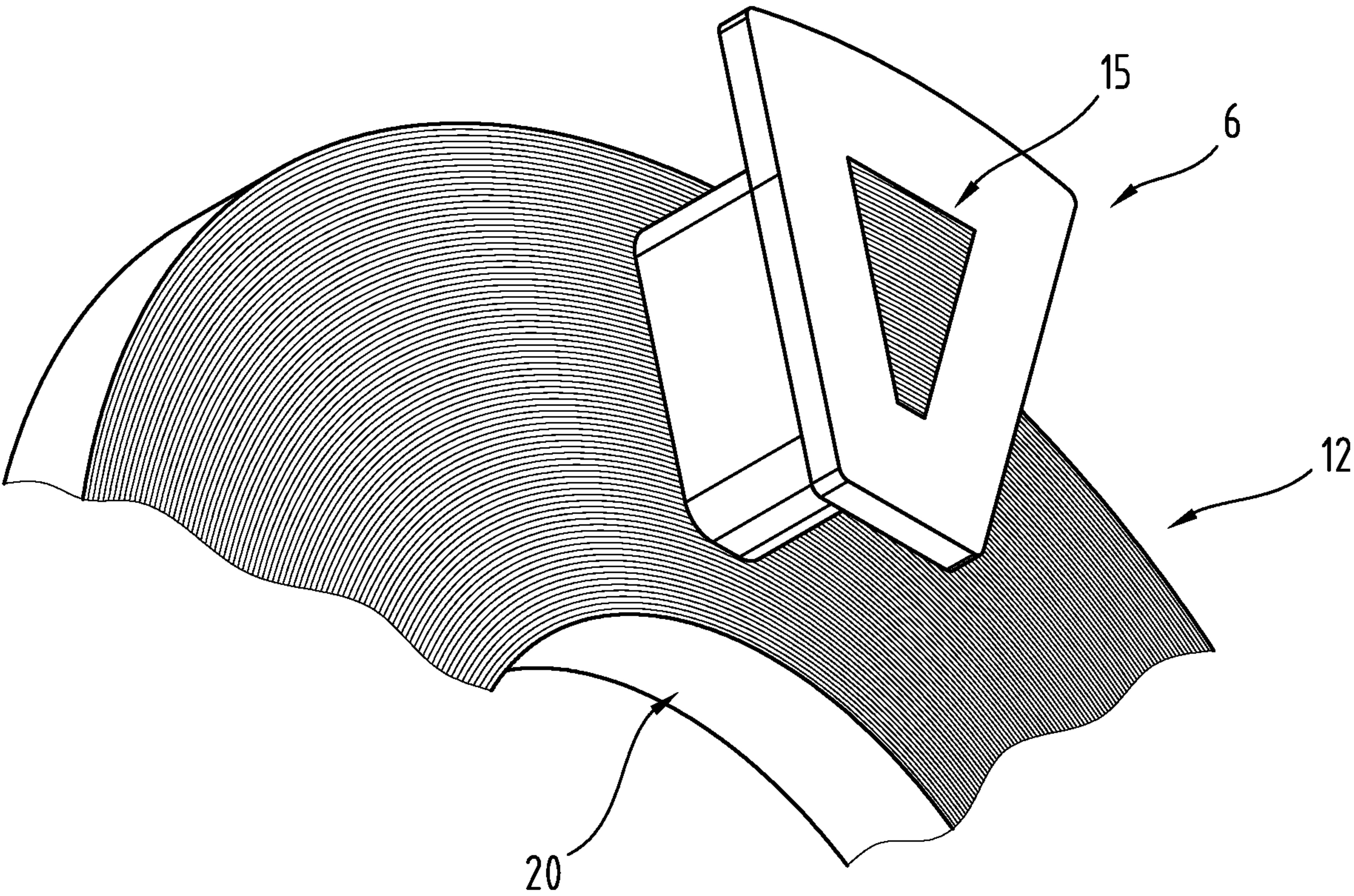


Fig.10

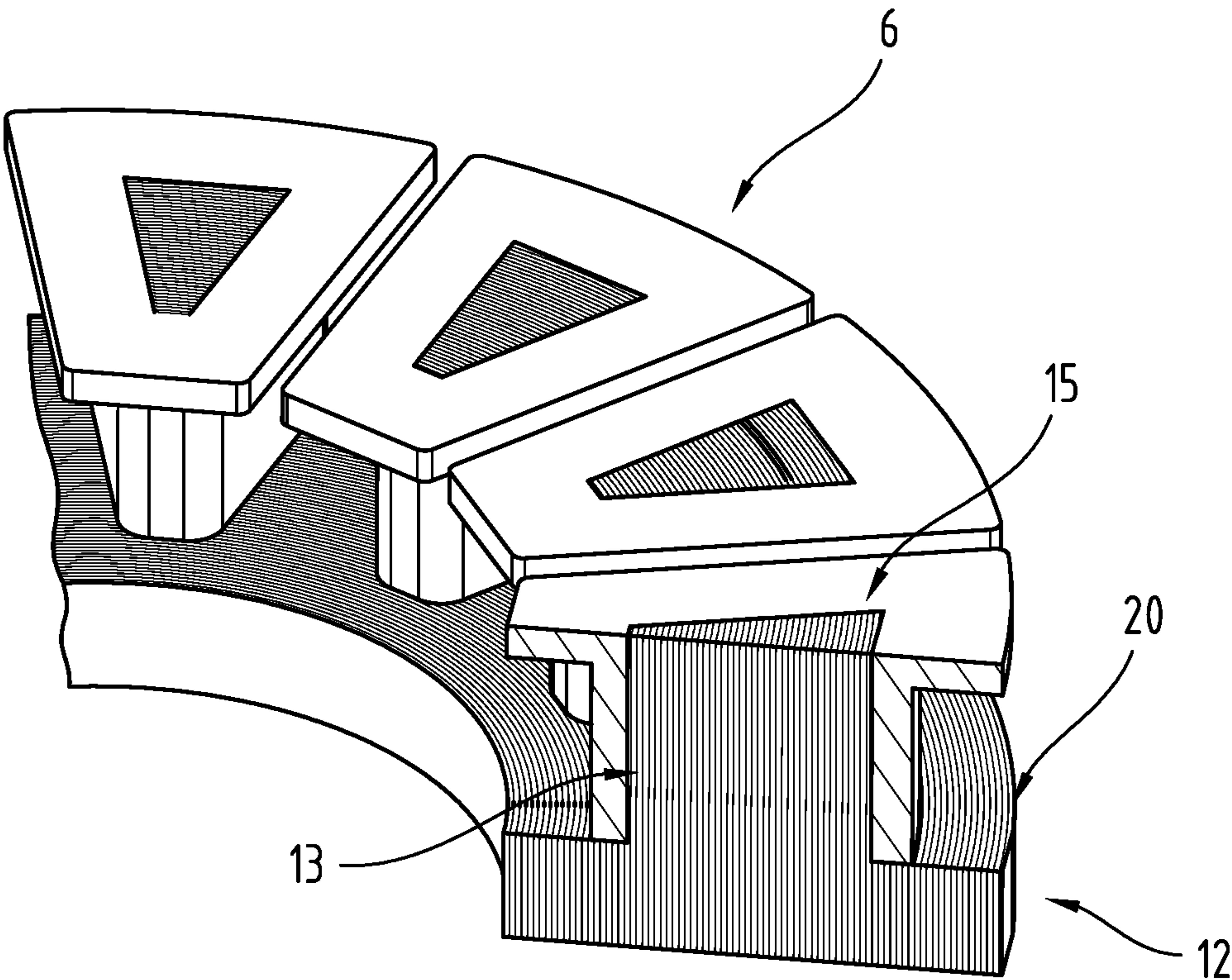
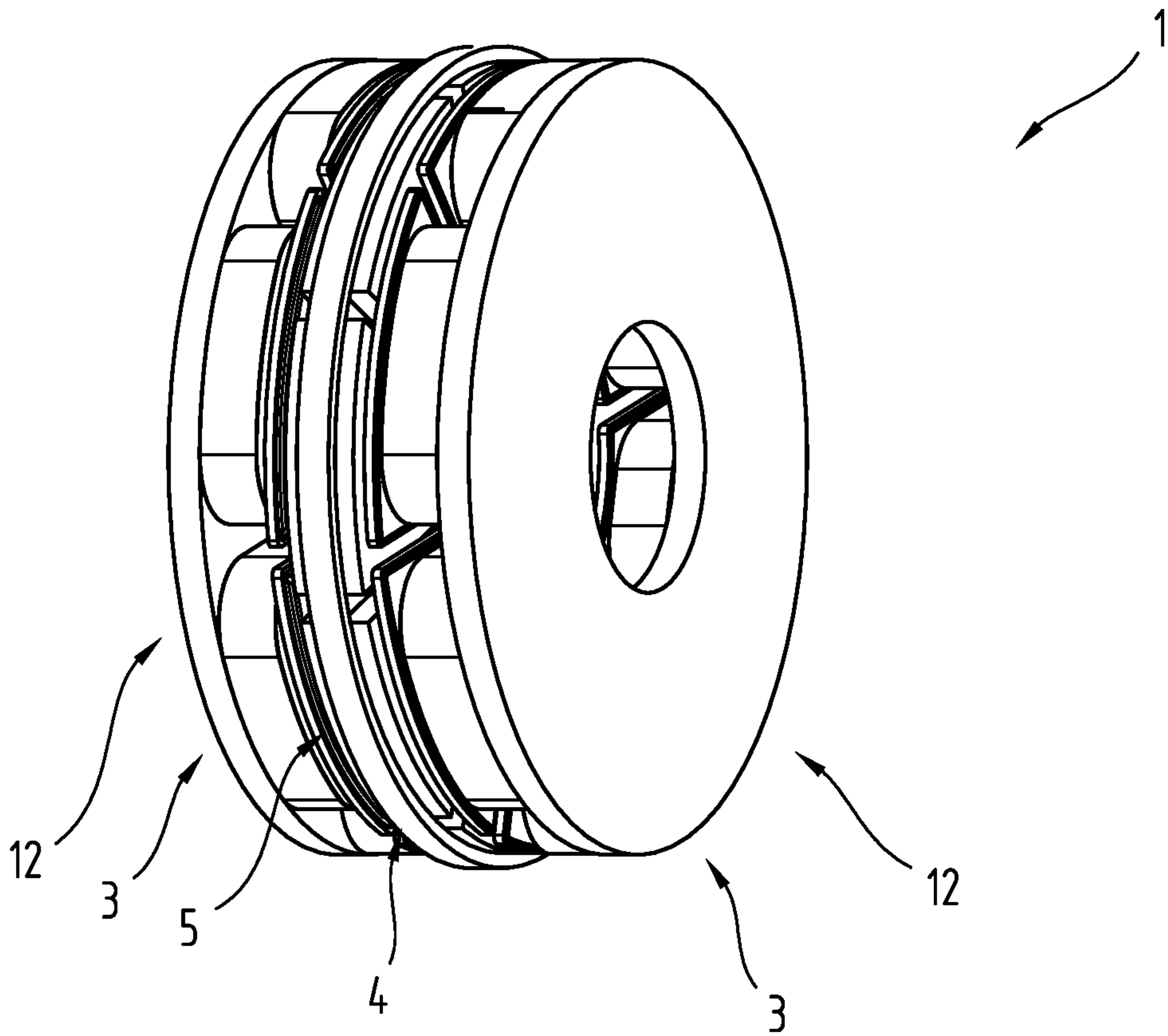


Fig.11



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H02K 1/02 (2006.01); **H02K 1/18** (2006.01); **H02K 1/14** (2006.01); **H02K 21/24** (2006.01); **H02K 1/27** (2006.01); **H02K 37/12** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H02K 1/02 (2013.01); **H02K 1/182** (2013.01); **H02K 1/146** (2013.01); **H02K 21/24** (2016.11); **H02K 1/2793** (2013.01); **H02K 37/125** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H02K

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPIAP, PATDEW, PATENW, Internet: Google Patents, Espacenet

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **09.07.2019** eingereichten Ansprüchen **1-15** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	CN 108736597 A (CORE DRIVING TECH JINHUA CO LTD) 02. November 2018 (02.11.2018) Zusammenfassung, Fig. 1-10, Beschreibung der Figuren	1-4, 6-10, 14, 15
Y		5, 11-13
Y	DE 102004055578 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU) 30. Juni 2005 (30.06.2005) Zusammenfassung, Fig. 1, 2, 4, Beschreibung der Figuren, Abs. 1-7, 15, 24, 35-42, 47	5, 11-13

Datum der Beendigung der Recherche:

16.04.2020

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

KARLICEK Gerhard

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Stator (3) für eine Axialflussmaschine, umfassend eine Mehrzahl an Statorzähnen (6), die zwei in einer Axialrichtung (7) gegenüberliegende Endabschnitte und zwischen den Endabschnitten jeweils einen Zahnkern (10) aufweisen, wobei die Statorzähne (10) einen SMC-Werkstoff aufweisen, wobei die Zahnkerne (10) – in Draufsicht betrachtet - jeweils eine Kernfüllung (13) und eine Kernhülle (14) aufweisen, wobei die Kernfüllungen (13) aus einem weichmagnetischen Werkstoff gebildet sind und wobei weiter entweder die Kernhüllen (14) oder die Kernhüllen und zumindest ein Teil zumindest eines der Endabschnitte der Statorzähne (6) aus dem dazu unterschiedlichen SMC-Werkstoff gebildet sind, und wobei die Kernfüllungen (13) jeweils durch ein Blechlamellen aufweisendes Blechpaket gebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechlamellen form-schlüssig oder kraftschlüssig oder stoffschlüssig miteinander verbunden sind.
2. Stator (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechpakete aus Blechen (15) unterschiedlicher Breite gebildet sind.
3. Stator (3) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechpakete aus kornorientierten Elektroblechen gebildet sind, wobei die kristallographische Vorzugsrichtung in axialer Richtung ausgebildet ist.
4. Stator (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechpakete jeweils aus einem gerollten Blech hergestellt sind.
5. Stator (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechlamellen bereichsweise verschweißt oder verklebt oder mit einem Backlack verbacken oder verstemmt oder verklemmt sind.
6. Stator (3) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Blechlamellen eine elektrische Isolierung angeordnet ist.

7. Stator (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernhüllen (14) jeweils ausschließlich einen Mantel für die Kernfüllungen (13) bilden.
8. Stator (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernhüllen (14) jeweils einen Mantel und eine Abdeckung für die Kernfüllungen (13) bilden.
9. Stator (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Endbereich der Statorzähne (6) durch ein gerolltes Blech gebildet ist und insbesondere ein Rückschlusselement (12) des Stators (3) bildet.
10. Stator (3) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückschlusselement (12) aus einem gerolltem, kornorientiertem Elektroblech gebildet ist, wobei die kristallographische Vorzugsrichtung in tangential Richtung ausgebildet ist.
11. Stator (3) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückschlusselement (12) und die Kernfüllungen (13) miteinander einstückig ausgebildet sind.
12. Axialflussmaschine (1) umfassend einen Stator (3) oder mehrere Statoren (3) und zumindest einen Rotor (4), dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (3) oder die Statoren (3) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet ist oder sind.
13. Axialflussmaschine (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass diese zwei Statoren (3) umfasst, wobei zwischen den beiden Statoren (3) in der Axialrichtung ein Rotor (4) angeordnet ist.