



(10) **DE 10 2023 103 617 A1** 2024.08.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 103 617.3**

(22) Anmeldetag: **15.02.2023**

(43) Offenlegungstag: **22.08.2024**

(51) Int Cl.: **H02K 1/32 (2006.01)**

H02K 1/27 (2022.01)

H02K 15/03 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft, 70435
Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

Lange, Johannes, 76706 Dettenheim, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

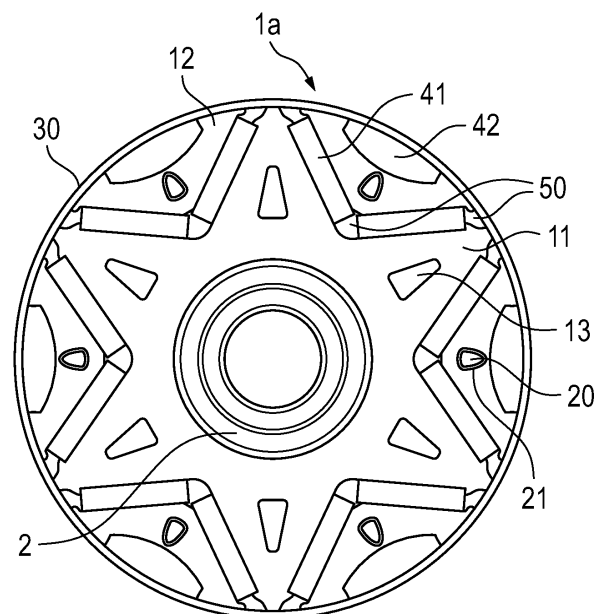
DE	10 2009 025 929	A1
DE	10 2012 204 782	A1
DE	10 2017 124 471	A1
DE	10 2018 222 634	A1
DE	10 2019 117 686	A1
DE	10 2019 117 691	A1
DE	10 2019 127 583	A1
EP	1 953 896	A1
JP	2009- 303 293	A
JP	2012- 139 074	A
JP	2013- 17 297	A
JP	2016- 54 608	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Rotor für eine elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Rotor (1) für eine elektrische Maschine und ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Rotors (1). Der erfindungsgemäße Rotor (1) weist dabei wenigstens ein auf einer Rotorlängsachse (x) definierenden Rotorwelle (2) radial umlaufend angeordnetes inneres Blechpaket (11) auf, wobei radial um das innere Blechpaket (11) vergrabene Magnete (41) angeordnet sind, welche in radialer Richtung zwischen dem inneren Blechpaket (11) und entsprechend angeordneten äußeren Blechpaketen (12) platziert sind und durch eine Vergussmasse (50) fixiert werden. Weiterhin weist der erfindungsgemäße Rotor (1) mehrere Oberflächenmagnete (42) auf, welche auf den äußeren Blechpaketen (12) angeordnet sind. Dabei definiert jeder Oberflächenmagnet (42) in Verbindung mit einem äußeren Blechpaket (12) auf dem er angeordnet ist und wenigstens einem vergrabenen Magnet (41) einen Rotorpol (1a). Erfindungsgemäß ist in wenigstens einem Blechpaket (11, 12) wenigstens ein Kühlkanal (20) angeordnet, der sich entlang der Rotorlängsachse (x) erstreckt und durch eine Vergussmasse (50) mediendicht gegenüber dem Blechpaket (11, 12), in welchem er sich befindet, abgedichtet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine elektrische Maschine und ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Rotors. Eine elektrische Maschine, welche den erfindungsgemäßen Rotor aufweist, ist dabei vorzugsweise für die Benutzung, insbesondere als Fahrzeugantrieb, in einem Kraftfahrzeug vorgesehen. Dabei kann eine derartige elektrische Maschine sowohl als Elektromotor als auch als elektrischer Generator eingesetzt werden.

[0002] Für elektrische Maschinen, insbesondere für den Gebrauch in Kraftfahrzeugen, werden im Stand der Technik unterschiedliche Rotortopologien vorgestellt. Als eine hinsichtlich des Wirkungsgrads besonders vorteilhafte Ausführungsform hat sich dabei eine Rotortopologie mit sogenannten vergrabenen Magneten erwiesen, welche innerhalb eines Rotorkerns in dafür vorgesehene Taschen bzw. Hohlräume vorgesehen sind.

[0003] Die **Fig. 1a** und **1b** zeigen dabei schematische Ansichten einer derartigen aus dem Stand der Technik bekannten Rotortopologie. Die **Fig. 1a** zeigt dabei eine perspektivische Ansicht der Ausführungsform, während **Fig. 1b** eine Querschnittsansicht senkrecht zu einer Rotorlängsachse x derselben Ausführungsform in einer Detailansicht zeigt. Der Rotor 1 weist dabei eine entlang der Rotorachse x orientierte Rotorwelle 2 auf. Auf der Rotorwelle 2 ist ein inneres Blechpaket 11 angeordnet, welches einen sternförmigen Querschnitt (senkrecht zur Rotorlängsachse x) aufweist. In den Vertiefungen des sternförmigen Querschnitts sind dabei vergrabene Magnete 41 v-förmig angeordnet, wobei das innere Blechpaket 11 dabei entsprechende Taschen und Ausschnitte aufweist, um die vergrabenen Magneten 41 an den entsprechenden Positionen aufzunehmen. Diese werden anschließend mit einer Vergussmasse 50 an den entsprechenden Positionen fixiert.

[0004] In den Vertiefungen des sternförmigen Querschnitts des inneren Blechpakets 11 sind in radialer Richtung ausgehend von der Rotorwelle 2 auf den vergrabenen Magneten 41 äußere Blechpakete 12 angeordnet, welche wiederum in dafür vorgesehenen Vertiefungen Oberflächenmagnete 42 aufnehmen. An den Positionen, an denen die Oberflächenmagnete 42 angeordnet sind, befindet sich entsprechend ein Rotorpol 1a, sodass die in den **Fig. 1a** und **1b** gezeigte Ausführungsform sechs Rotorpole 1a aufweist. In radialer Richtung des Rotors 1 ganz außen ist eine Rotorbandage 30 angeordnet, welche den Rotor 1 somit entlang des Umfangs umfasst und die Blechpakete 11, 12 sowie die Magnete 41, 42 auch bei hohen Umdrehungen und damit auftretenden großen Fliehkräften zusam-

menhält. Die Rotorbandage 30 kann dabei aus verschiedenen Segmenten zusammengesetzt sein. Zudem können zum Wärmeabtransport (Entwärmung) und zur Massereduzierung Hohlräume 13 in den Blechpaketen 11, 12 vorgesehen sein.

[0005] Die Blechpakete 11, 12 setzen sich dabei aus einzelnen Blechen zusammen, welche miteinander verbunden werden. Das innere Blechpaket 11 kann dabei aus mehreren einzelnen Paketen, welche entweder in Umfangsrichtung oder in Längsrichtung des Rotors 1 miteinander verbunden werden, zusammengesetzt sein. Im Rahmen der Anmeldung wird jedoch lediglich von einem inneren Blechpaket 11 gesprochen und dabei nicht unterschieden, ob dieses aus verschiedenen Segmenten bzw. einzelnen Paketen zusammengesetzt wurde oder lediglich die entsprechend ausgeschnittenen Bleche miteinander verbunden wurden. Die Magnete 41, 42 können dabei ebenfalls aus einer Mehrzahl einzelner Magnete hergestellt sein, welche zusammengesetzt eine Magneteinheit ergeben oder lediglich jeweils aus einem einzelnen Magnet bestehen. Im Rahmen dieser Anmeldung werden unter dem Begriff „Magnet“ beide Varianten subsumiert.

[0006] Ein Augenmerk bei der Entwicklung von Elektromotoren wird auf die Entwärmung, also dem Wärmeabtransport aus den Blechpaketen und dem Rotor gelegt. Die Patentschrift DE 10 2017 124 471 A1 offenbart hierzu einen Rotor mit vergossenen Permanentmagneten, wobei sich in der Vergussmasse Kühlkanäle befinden. Das Kühlmedium wird dabei mithilfe der Zentrifugalkraft von der radialen Innenseite auf die radiale Außenseite des Rotors bewegt.

[0007] Das Patentdokument JP 2012 139 074 A offenbart ebenfalls einen Rotor mit vergossenen Permanentmagneten, wobei sich in der Vergussmasse Kühlkanäle befinden. Eine ähnliche Anordnung ist ebenfalls aus dem Patentdokument JP 2013 017 297 A bekannt, wobei ein Kühlkanal in einer speziell dafür ausgeformten Magnettasche, welche zum Blechpaket durch eine Vergussmasse abgedichtet ist, ausgebildet ist. Das Kühlmedium ist dabei einseitig in direktem Kontakt mit dem Magneten.

[0008] Die Patentschriften DE 10 2012 204 782 A1, JP 2016 054 608 A und DE 10 2009 025 929 A1 offenbaren ebenfalls Rotoren mit Permanentmagneten und Kühlkanälen.

[0009] Vor dem Hintergrund des dargelegten Stands der Technik ist es somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Rotor für eine elektrische Maschine bereitzustellen, welcher eine alternative Möglichkeit der Entwärmung des Rotors aufweist. Zudem ist es

Aufgabe ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Rotors bereitzustellen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausbildungsformen der Erfindung sind dabei in den Unteransprüchen enthalten.

[0011] Der erfindungsgemäße Rotor für eine elektrische Maschine weist dabei wenigstens ein auf einer Rotorlängsachse definierenden Rotorwelle radial umlaufend angeordnetes inneres Blechpaket auf, wobei radial um das innere Blechpaket vergrabene Magnete angeordnet sind, welche in radialer Richtung zwischen dem inneren Blechpaket und entsprechend angeordneten äußeren Blechpaketen angeordnet sind und durch eine Vergussmasse fixiert werden. Weiterhin weist der erfindungsgemäße Rotor mehrere Oberflächenmagnete auf, welche auf den äußeren Blechpaketen, vorzugsweise in dafür vorgesehenen Aussparungen in den äußeren Blechpaketen, angeordnet sind. Dabei definiert jeder Oberflächenmagnet in Verbindung mit einem äußeren Blechpaket auf dem er angeordnet ist und wenigstens einem vergrabenen Magnet einen Rotorpol. Vorzugsweise ist eine die Blechpakete und Oberflächenmagnete in Umfangsrichtung umgebende Rotorbandage vorgesehen. Erfindungsgemäß ist in wenigstens einem Blechpaket wenigstens ein Kühlkanal angeordnet, der sich entlang der Rotorlängsachse erstreckt und durch eine Vergussmasse, vorzugsweise aus Kunststoff, mediendicht gegenüber dem Blechpaket, in welchem er sich befindet, abgedichtet ist.

[0012] Vorzugsweise ist der Kühlkanal dabei vollständig von dem Blechpaket umgeben. Weiterhin vorzugsweise entspricht die Vergussmasse im Kühlkanal dabei der Vergussmasse zur Fixierung der vergrabenen Magnete. Unter dem Ausdruck „mediendicht gegenüber dem Blechpaket abgedichtet“ ist im Rahmen dieser Anmeldung zu verstehen, dass kein Medium wie insbesondere eine Kühlflüssigkeit aus dem Kühlkanal in dessen radiale Richtung entweichen kann und somit ins Blechpaket eindringen kann. Die Vergussmasse ist also als Abdichtung des Kühlkanals zu verstehen.

[0013] Durch den ausgebildeten Kühlkanal kann somit ein Kühlmedium strömen, welches Wärme aus dem Rotor aufnimmt und aus dem Rotor abtransportiert. Durch die Kühlung kann somit die Temperatur der Magnete und der Blechpakete gesenkt werden, was sich positiv auf den Wirkungsgrad des Motors und insbesondere dessen Dauerleistungsfähigkeit und die Lebensdauer der Magnete und damit des Motors auswirkt. Die dadurch verbesserte thermische Anbindung der Magnete an das Kühlsystem kann insbesondere auch dafür genutzt werden, Magnete mit einem geringeren Anteil an schweren selte-

nen Erden einzusetzen. Diese sind weniger temperaturstabil.

[0014] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Kühlkanal dazu ausgebildet ein Kühlmedium, insbesondere eine Kühlflüssigkeit, von einer ersten Wuchtscheibe zu einer zweiten Wuchtscheibe des Rotors zu leiten, wobei die Wuchtscheiben an zwei sich in Richtung der Rotorlängsachse gegenüberliegenden Stirnseiten des Rotors angeordnet sind. In anderen Worten stellt der Kühlkanal eine durchgängige Verbindung der beiden Stirnflächen des Rotors dar, sodass ein Kühlmedium auf der einen Stirnseite des Rotors eintreten kann und auf der gegenüberliegenden Stirnseite austreten kann, sodass die beiden Wuchtscheiben fluidisch miteinander verbunden sind. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass die Magnete, welche sich ebenfalls entlang der Rotorlängsachse erstrecken, vollständig gekühlt werden, um somit die Wirkung der Kühlung zu steigern.

[0015] Weiterhin vorteilhaft ist eine derartige Ausführungsform der Erfindung, bei der die erste Wuchtscheibe mindestens einen Kühlkanaleingang aufweist, welcher dazu ausgebildet ist, ein Kühlmedium aufzunehmen und in den wenigstens einen Kühlkanal zu leiten, und die zweite Wuchtscheibe einen Kühlkanalausgang aufweist, der dazu ausgebildet ist, die Kühlflüssigkeit aus dem Kühlkanal zu sammeln und aus dem Rotor auszuleiten. Somit tritt das Kühlmedium auf der in Richtung der Rotorlängsachse einen Seite des Rotors ein, wird durch die Rotorwärme aufgeheizt und tritt auf der entsprechend anderen Seite des Rotors wieder aus. Auf diese Weise kann eine hohe Kühlleistung sichergestellt werden. Dabei ist ebenfalls eine Ausführungsform denkbar, bei dem zwei Kühlkanäle vorgesehen sind, wobei der eine Kühlkanal ein Kühlmedium von der einen in die andere Richtung fördert und der andere Kühlkanal ein Kühlmedium in die entsprechend entgegengesetzte Richtung fördert, sodass beide Wuchtscheiben sowohl einen Kühlkanaleingang als auch einen Kühlkanalausgang aufweisen. Vorzugsweise weisen die Wuchtscheiben pro Rotorpol mindestens einen radial nach außen verlaufenden Kühlkanal auf, so dass das Kühlmedium in der Wuchtscheibe sternförmig von innen nach außen verteilt wird.

[0016] In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung weist der Rotor wenigstens zwei Kühlkanäle auf, wobei eine Wuchtscheibe einen Kühlkanaleingang und einen Kühlkanalausgang aufweist und weiterhin die zweite Wuchtscheibe eine Kühlmediumführung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, das Kühlmedium von einem Kühlkanal in einen anderen Kühlkanal des Rotors zu überführen. Auf diese Weise wird das Kühlmedium zweimal durch den Rotor geführt, wodurch es mehr Wärme aufnehmen

kann und eine geringere Menge an Kühlmedium benötigt wird. Kühlkanaleingang und Kühlkanalausgang sind dabei an derselben Wuchtscheibe angeordnet.

[0017] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist wenigstens ein Kühlkanal in wenigstens einem äußeren Blechpaket angeordnet. Da sich die äußeren Blechpakete zwischen den Oberflächenmagneten und den vergrabenen Magneten befinden, ist hier die Wärmebelastung am größten, wodurch die Kühlung mittels des Kühlkanals die größte Wirkung aufweist.

[0018] Weiterhin bevorzugt ist eine Ausführungsform der Erfindung, bei der wenigstens ein Kühlkanal in wenigstens einem inneren Blechpaket angeordnet ist.

[0019] Ferner ist zusätzlich zu wenigstens einem Kühlkanal in den Blechpaketen wenigstens ein weiterer Kühlkanal in der Vergussmasse zur Fixierung der vergrabenen Magneten angeordnet. Auf diese Weise kann die Wärmeabfuhr aus dem Rotor weiterhin gesteigert werden und die Kühlleistung somit erhöht werden.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Vergussmasse in dem wenigstens einen Kühlkanal in den Blechpaketen eine Stärke zwischen 0,2 mm und 0,5 mm auf. Mit einer derartigen Wandstärke kann eine ausreichende Mediendichtigkeit des Kühlkanals sichergestellt werden, wobei der Querschnitt des Kühlkanals gleichzeitig nicht zu sehr verengt wird. Zudem ist ein ausreichend hoher Wärmeübergang von den Blechpaketen auf das Kühlmedium bei einer Stärke der Vergussmasse in diesem Bereich sichergestellt.

[0021] In einer weiterhin bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der wenigstens eine Kühlkanal in einem Blechpaket einen trapezförmigen, vorzugsweise zusätzlich symmetrischen Querschnitt auf. Dabei ist in einer besonders bevorzugten Ausführungsform eine Seite des Trapezes kürzer als die andere. Am meisten bevorzugt ist dabei eine Ausführungsform, bei der die kürzere Seite des Trapezes in radialer Richtung des Rotors nach außen zeigt. Durch eine derartige Querschnittsform kann sichergestellt werden, dass die Führung des magnetischen Flusses in den Blechpaketen möglichst wenig beeinflusst wird.

[0022] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Rotors weist mehrere Schritte auf. Zunächst wird hierzu ein inneres Blechpaket und einer der Anzahl der Pole entsprechende Zahl an äußeren Blechpaketen bereitgestellt. Dabei umfasst das Bereitstellen das Ausschneiden der Bleche und das zusammenfügen zu den ent-

sprechenden Blechpaketen. Dabei wird gemäß einem weiteren Verfahrensschritt in die fertigen Blechpakete oder in die einzelnen Bleche wenigstens ein Kühlkanal in das inneren Blechpaket und/oder das äußere Blechpaket geschnitten. Der Verfahrensschnitt des Ausschneidens des Kühlkanals kann somit während des Verfahrensschritts der Bereitstellung der Blechpakete erfolgen, wenn der Kühlkanal in den einzelnen Blechen ausgeschnitten wird und die Bleche anschließend zu einem Blechpaket zusammengeführt werden. Das Ausschneiden des Kühlkanals erfolgt dabei derart, dass der Kühlkanal im montierten Zustand ein Kühlmedium von einer Stirnseite des Rotors auf eine in Richtung der Rotorlängsachse gegenüberliegende Stirnseite des Rotors leitet. Ferner werden die Blechpakete zusammen mit vergrabenen Magneten und Oberflächenmagneten auf einer Rotorwelle derart angeordnet, dass die vergrabenen Magnete zwischen dem inneren Blechpaket und den äußeren Blechpaketen positioniert und die Oberflächenmagneten auf den äußeren Blechpaketen angeordnet sind. In einem weiteren Verfahrensschritt wird vorzugsweise eine Rotorbandage um die Blechpakete und die Oberflächenmagnete angeordnet, sodass die Rotorbandage die Blechpakete und die Oberflächenmagnete in Umfangsrichtung umfasst. Weiterhin werden die vergrabenen Magnete durch eine Vergussmasse an ihren Positionen fixiert. Ferner wird der wenigstens eine Kühlkanal mit einer Vergussmasse ausgekleidet. Darunter ist zu verstehen, dass der Kühlkanal durch die Vergussmasse mediendicht gegenüber den Blechpaketen abgedichtet wird, sodass ein durch den Kühlkanal strömendes Kühlmedium nicht in die Blechpakete gelangt. Die dazu verwendete Vergussmasse entspricht vorzugsweise der Vergussmasse, welche ebenfalls zur Fixierung der vergrabenen Magnete verwendet wird.

[0023] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst weiterhin den Verfahrensschritt, wonach in die Vergussmasse zur Fixierung der vergrabenen Magnete wenigstens ein weiterer Kühlkanal ausgebildet wird. Auf diese Weise kann die Kühlwirkung weiter verbessert werden.

[0024] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass hiermit die als vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, also des Rotors, ebenfalls als bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens offenbart gelten. Somit sind die erläuterten Ausführungsformen hinsichtlich der Gestaltung des Kühlkanals oder der Platzierung des Kühlkanals sowie hinsichtlich der Ausgestaltung der Wuchtscheiben ebenfalls als entsprechende vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens offenbart.

[0025] Im Folgenden werden nun vorteilhafte Aspekte und Ausführungsformen der Erfindung

anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert. Sie zeigen:

Fig. 1a eine schematische perspektivische Ansicht eines Rotors 1 einer elektrischen Maschine in einer Ausführungsform gemäß dem Stand der Technik

Fig. 1b eine Detailansicht der in **Fig. 1a** gezeigten Ausführungsform in einem Querschnitt senkrecht zur Rotorlängsachse x

Fig. 2 eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotorlängsachse x einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors 1

Fig. 3 eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotorlängsachse x einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors 1

Fig. 4 eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotorlängsachse x einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors 1

Fig. 5 eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotorlängsachse x einer vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors 1

Fig. 6 eine Querschnittsansicht entlang der Rotorlängsachse x einer fünften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors 1

Fig. 7 eine Querschnittsansicht entlang der Rotorlängsachse x einer sechsten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors 1

[0026] Auf die **Fig. 1a** und **1b** wurde bereits bei der Beschreibung zum Stand der Technik näher eingegangen, weshalb an dieser Stelle auf eine weitere Beschreibung der Figuren verzichtet wird.

[0027] **Fig. 2** zeigt eine Querschnittsansicht senkrecht zur Rotorlängsachse x einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors 1. Die Rotortopologie des erfindungsgemäßen Rotors 1 entspricht dabei im Wesentlichen der Rotortopologie des im Hinblick auf die **Fig. 1a** und **1b** geschilderten Rotors 1. Es wird somit an dieser Stelle lediglich auf die Unterschiede eingegangen.

[0028] Im Gegensatz zu dem in den **Fig. 1a** und **1b** gezeigten Rotor 1, weist die erfindungsgemäße Ausführungsform eines Rotors 1 gem. **Fig. 2** sechs Kühlkanäle 20 auf, welche sich entlang der Rotorlängsachse x (siehe **Fig. 1a**) durch den Rotor 1 von einer Stirnseite bis zur anderen Stirnseite des Rotors 1 erstrecken. Dabei ist an jedem Rotorpol 1a ein Kühlkanal 20 vorgesehen, welcher in das entsprechende äußere Blechpaket 12 des jeweiligen Rotorpols 1a eingeschnitten ist. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Kühlkanäle 20 dabei bereits bei dem Ausschneiden (Bereitstellen, z.B. Stanzen) der äußeren Blechpakete 12 bzw. beim

Ausschneiden der einzelnen Bleche in diese eingeschnitten.

[0029] Der Kühlkanal 20 weist dabei eine an der Kühlkanalwand angeordnete Abdichtungsschicht 21 aus einer Vergussmasse 50 auf. Diese weist vorzugsweise eine Stärke zwischen 0,2 mm und 0,5 mm auf und dichtet den Kühlkanal 20 gegen die entsprechenden äußeren Blechpakete 12 mediendicht ab. Somit kann ein durch die Kühlkanäle 20 geleitetes Kühlmedium nicht in die Blechpakete 12 eindringen.

[0030] Die Kühlkanäle 20 weisen weiterhin einen trapezförmigen Querschnitt auf, wobei die Seiten des Trapezes abgerundet sind. Im Rahmen dieser Anmeldung ist also unter einem trapezförmigen Querschnitt auch ein Trapez mit runden Seiten und abgerundeten Ecken zu verstehen. Dabei ist das Trapez mit einer langen und einer kurzen Seite und zudem symmetrisch ausgebildet. Die Schenkel, welche die Seiten des Trapezes verbinden sind dabei gleich lang und ebenfalls abgerundet. Da die Kühlkanäle 20 einen anderen magnetischen Widerstand aufweisen als die äußeren und inneren Blechpakete 11, 12, hat dies Auswirkungen der Führung des magnetischen Flusses. Durch eine beschriebene Querschnittsform der Kühlkanäle 20 kann sichergestellt werden, dass die Führung des magnetischen Flusses durch die äußeren Blechpakete 12 durch die Kühlkanäle möglichst wenig beeinflusst wird. Dabei sind ebenfalls andere Querschnittsformen wie beispielsweise ovale, kreisrunde, dreieckige, abgerundet dreieckige Formen, denkbar, wobei die Form vorzugsweise an die Position des entsprechenden Kühlkanals 20 angepasst ist.

[0031] **Fig. 3** zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform eines Rotors 1, wobei die Ansicht derjenigen aus **Fig. 2** entspricht. Die Ausführungsform gem. **Fig. 3** entspricht dabei weitestgehend der Ausführungsform gem. **Fig. 2**, weshalb an dieser Stelle lediglich auf die Unterschiede zwischen den beiden Ausführungsformen eingegangen wird.

[0032] Im Unterschied zur in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform weist die Ausführungsform gem. **Fig. 3** anstelle der Hohlräume 13 weitere Kühlkanäle 20 in dem inneren Blechpaket 11 auf. Diese sind dabei gleich geformt wie die Kühlkanäle 20 in den äußeren Blechpaketen 12 und weisen ebenfalls eine entsprechende Abdichtungsschicht 21 aus einer Vergussmasse 50 auf. Die Kühlkanäle 20 im inneren Blechpaket 11 sind dabei versetzt zu den Kühlkanälen 20 in den äußeren Blechpaketen 12 angeordnet und sind somit in den dreieckigen Strahlen des sternförmigen Querschnitts des inneren Blechpakets 11 zwischen den vergrabenen Magneten 41 zweier Rotorpole 1a positioniert. Durch die gezeigte Ausführungsform kann die Kühlleistung im Vergleich

zur Ausführungsform gem. **Fig. 2** deutlich verbessert werden und die Temperatur sowohl in den äußeren Blechpaketen 12 als auch dem inneren Blechpaket 11 konstant gehalten werden.

[0033] **Fig. 4** zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform eines Rotors 1, wobei die Ansicht derjenigen aus **Fig. 2** entspricht. Die Ausführungsform gem. **Fig. 4** entspricht dabei weitestgehend der Ausführungsform gem. **Fig. 2**, weshalb an dieser Stelle lediglich auf die Unterschiede zwischen den beiden Ausführungsformen eingegangen wird.

[0034] Im Unterschied zur in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform weist die Ausführungsform gem. **Fig. 4** weitere Kühlkanäle 20 in der Vergussmasse 50 am radial äußeren Ende des Rotors 1 vor der Rotorbandage 30 zur Fixierung der vergrabenen Magnete 41 auf. Durch die zusätzlichen Kühlkanäle 20 kann dabei eine bessere Entwärmung des Rotors 1 gewährleistet werden und somit die Kühlleistung weiter steigen. Die Kühlkanäle 20 weisen dabei in der gezeigten Ausführungsform eine runde Querschnittsform auf, wobei ebenfalls andere Querschnittsformen denkbar sind.

[0035] **Fig. 5** zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform eines Rotors 1, wobei die Ansicht derjenigen aus **Fig. 4** entspricht. Die Ausführungsform gem. **Fig. 5** entspricht dabei weitestgehend der Ausführungsform gem. **Fig. 4**, wobei lediglich weitere Kühlkanäle 20 in der Vergussmasse 50 zur Fixierung der vergrabenen Magnete 41 vorgesehen sind. Diese Kühlkanäle 20 sind dabei zwischen zwei v-förmig angeordneten vergrabenen Magneten 41 eines Rotorpols 1a angeordnet. Auf diese Weise kann die Kühlleistung weiter verbessert werden.

[0036] Es sei darauf hingewiesen, dass auch jedwede Kombination der gezeigten Ausführungsformen gem. der **Fig. 2** bis 5 im Rahmen der Erfindung möglich sind.

[0037] **Fig. 6** zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rotors 1. In **Fig. 6** ist dabei ein erfindungsgemäßer Rotor 1 mit wenigstens vier Kühlkanälen 20, welche im gezeigten Querschnitt in Rotorlängsrichtung x gezeigt sind. Dabei sind zwei Kühlkanäle 20 radial weiter innen im Rotor 1 angeordnet als zwei weitere Kühlkanäle 20, wobei der Rotor 1 in Bezug auf die Rotorlängsachse x symmetrisch ausgebildet ist. Der Rotor 1 rotiert in einem Stator 4 und weist an einer Stirnseite eine erste Wuchtscheiben 3a und an der gegenüberliegenden Stirnseite eine zweite Wuchtscheibe 3b auf.

[0038] Die erste Wuchtscheibe 3a weist dabei einen Kühlkanaleingang 22 auf. Durch den Kühlkanaleingang 22 strömt ein Kühlmedium in den Rotor 1 ein und wird auf die Kühlkanäle 22 aufgeteilt. Die zweite

Wuchtscheibe 3b weist hingegen einen Kühlkanalausgang 23 auf und sammelt das durch die Kühlkanäle 20 geleitete Kühlmedium und führt es aus dem Rotor 1 hinaus. Es ist dabei ebenso möglich die Fließrichtung des Kühlmediums umzukehren und somit den Kühlkanaleingang 22 in der zweiten Wuchtscheibe 3b anzuordnen und entsprechend den Kühlkanalausgang 23 in der ersten Wuchtscheibe 3a.

[0039] Es sei darauf hingewiesen, dass eine derartige Führung des Kühlmediums beispielsweise in einer der Ausführungsformen gemäß den **Fig. 2, 3, 4** oder 5 umgesetzt werden könnte.

[0040] Ebenso ist eine Ausführungsform denkbar, bei der sowohl die erste Wuchtscheibe 3a als auch die zweite Wuchtscheibe 3b jeweils einen Kühlkanaleingang 22 und einen Kühlkanalausgang 23 aufweisen und somit Kühlmedium durch den Rotor 1 in unterschiedlichen Kühlkanälen 20 in entgegengesetzte Richtungen geführt wird. Auf diese Weise könnte eine gleichmäßige Kühlung des Rotors 1 sichergestellt werden.

[0041] **Fig. 7** zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform eines Rotors 1, wobei die Ansicht derjenigen aus **Fig. 6** entspricht. Die Ausführungsform gem. **Fig. 7** entspricht dabei weitestgehend der Ausführungsform gem. **Fig. 6**, weshalb an dieser Stelle lediglich auf die Unterschiede zwischen den beiden Ausführungsformen eingegangen wird.

[0042] Anders als in der in **Fig. 6** gezeigten Ausführungsform weist die erste Wuchtscheibe 3a in der Ausführungsform gem. **Fig. 7** sowohl den Kühlkanaleingang 22 als auch den Kühlkanalausgang 23 auf. Das Kühlmedium wird also die erste Wuchtscheibe 3a eingeleitet und auf zwei der vier Kühlkanäle 20 in den Blechpaketen 11, 12 eingeleitet. Die zweite Wuchtscheibe 3b weist dabei eine Kühlmediumsführung auf, welche das Kühlmedium aus den beiden befüllten Kühlkanälen 20 aufnimmt und in die beiden anderen Kühlkanäle 20 leitet, wodurch das Kühlmedium wieder zur ersten Wuchtscheibe 3a geführt wird und dort durch den Kühlkanalausgang 23 wieder abgeleitet wird.

[0043] Das Kühlmedium wird also doppelt durch den Rotor 1 geleitet und kann damit eine größere Energiemenge in Form von Wärme aufnehmen. Auf diese Weise muss weniger Kühlmedium verwendet werden, um Wärme abzuführen. Außerdem eignet sich die Ausführungsform für Einbausituationen des Rotors, in denen eine Zu- und Abführung des Kühlmittels nur von einer Seite des Rotors aus erfolgen kann. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass auch diese Ausführungsform der Kühlmediumsführung auf die Ausführungsformen gemäß den **Fig. 2, 3, 4** und 5 angewendet werden kann.

[0044] Welche der beiden Ausführungsformen der Kühlmediumsführung, welche in den **Fig. 6** und **7** dargestellt sind, besser ist, ist von der abzugebenden Wärmeleistung und der Auslegung der Kühlkanäle **20** abhängig. Anhand der in **Fig. 6** gezeigten Ausführungsform kann aufgrund der größeren Temperaturdifferenz zwischen Kühlmedium und Rotor mehr Wärme abgeführt werden, wenn davon ausgegangen wird, dass die Kühlkanäle **20** einzeln und die Summe der Kühlkanäle **20** die gleiche Menge an Kühlmedium führen kann. Allerdings resultiert bei einer derartigen Ausführungsform eine ungleichmäßige Wärmeabgabe an das Kühlmedium, da im Eingangsbereich der Kühlkanäle **20** die Temperaturdifferenz größer ist als im Ausgangsbereich der Kühlkanäle, da mit steigender Verweildauer des Kühlmediums im Kühlkanal **20** mehr Wärme vom Kühlmedium aufgenommen wird und somit die Temperaturdifferenz zwischen Kühlmedium und Blechpaket sinkt.

[0045] Gemäß der in **Fig. 7** dargestellten Ausführungsform der Kühlmediumsführung kann dahingegen mit einer geringeren Menge an Kühlmedium gearbeitet werden, was insbesondere in der Verwendung in einem Kraftfahrzeug vorteilhaft ist, da weniger Masse transportiert werden muss.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102017124471 A1 [0006]
- JP 2012139074 A [0007]
- JP 2013017297 A [0007]
- DE 102012204782 A1 [0008]
- JP 2016054608 A [0008]
- DE 102009025929 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Rotor (1) für eine elektrische Maschine aufweisend

wenigstens ein auf einer Rotorlängsachse (x) definierenden Rotorwelle (2) angeordnetes inneres Blechpaket (11),

radial um das innere Blechpaket (11) angeordnete vergrabene Magnete (41), welche in radialer Richtung zwischen dem inneren Blechpaket (41) und entsprechend angeordneten äußeren Blechpaketen (12) angeordnet sind und durch eine Vergussmasse (50) fixiert werden,

mehrere Oberflächenmagnete (42), welche auf den äußeren Blechpaketen (12) angeordnet sind, wobei jeder Oberflächenmagnet (42) in Verbindung mit einem äußeren Blechpaket (12), auf dem er angeordnet ist, und wenigstens einem der vergrabenen Magnete (41) einen Rotorpol (1a) bildet, wobei in wenigstens einem Blechpaket (11, 12) wenigstens ein Kühlkanal (20) angeordnet ist, der sich entlang der Rotorlängsachse (x) erstreckt, und durch eine Vergussmasse (50) mediendicht gegenüber dem Blechpaket (11, 12), in welchem er sich befindet, abgedichtet ist.

2. Rotor (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Kühlkanal (20) dazu ausgebildet ist, eine Kühlflüssigkeit von einer ersten Wuchtscheibe (3a) zu einer zweiten Wuchtscheibe (3b) des Rotors (1) zu leiten, wobei die Wuchtscheiben (3a, 3b) an zwei sich gegenüberliegenden Stirnseiten des Rotors (1) angeordnet sind.

3. Rotor (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei die erste Wuchtscheibe (3a) einen Kühlkanaleingang (22) aufweist, welcher dazu ausgebildet ist eine Kühlflüssigkeit aufzunehmen und in den wenigstens einen Kühlkanal (20) zu leiten, und die zweite Wuchtscheibe (3b) einen Kühlkanalausgang (23) aufweist, der dazu ausgebildet ist die Kühlflüssigkeit aus dem Kühlkanal (20) zu sammeln aus dem Rotor (1) auszuleiten.

4. Rotor (1) gemäß Anspruch 2, wobei der Rotor (1) wenigstens zwei Kühlkanäle (20) aufweist und die erste Wuchtscheibe (3a) einen Kühlkanaleingang (22), dazu ausgebildet eine Kühlflüssigkeit aufzunehmen und in wenigstens einen Kühlkanal (20) zu leiten, und einen Kühlkanalausgang (23), dazu ausgebildet die Kühlflüssigkeit aus einem Kühlkanal (20) zu sammeln aus dem Rotor (1) auszuleiten, aufweist und weiterhin die zweite Wuchtscheibe (3b) eine Kühlflüssigkeitsführung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, die Kühlflüssigkeit von einem Kühlkanal (20) in einen anderen Kühlkanal (20) des Rotors (1) zu überführen.

5. Rotor (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei wenigstens ein Kühlkanal (20) in

wenigstens einem äußeren Blechpaket (12) angeordnet ist.

6. Rotor (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei wenigstens ein Kühlkanal (20) in dem wenigstens einen inneren Blechpaket (11) angeordnet ist.

7. Rotor (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei wenigstens ein Kühlkanal (20) in der Vergussmasse (50) zur Fixierung der vergrabenen Magnete (41) angeordnet ist.

8. Rotor (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vergussmasse (50) in dem wenigstens einen Kühlkanal (20) eine Stärke zwischen 0,2 mm und 0,5 mm aufweist.

9. Rotor (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der wenigstens eine Kühlkanal in wenigstens einem Blechpaket (11, 12) einen insbesondere symmetrischen, trapezförmigen Querschnitt aufweist, wobei insbesondere eine Seite des Trapezes kleiner ist als die andere.

10. Verfahren zur Herstellung eines Rotors (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend die folgenden Schritte:

(A) Bereitstellen wenigstens eines inneren Blechpakets (11) und äußerer Blechpakete (12),

(B) Ausschneiden wenigstens eines Kühlkanals (20) in dem inneren Blechpaket (11) und/oder den äußeren Blechpaketen (12) derart, dass der Kühlkanal (20) im montierten Zustand ein Kühlmedium von einer Stirnseite des Rotors (1) auf eine gegenüberliegende Stirnseite des Rotors (1) leitet,

(C) Anordnen der Blechpakete (11, 12) zusammen mit vergrabenen Magneten (41) und Oberflächenmagneten (42) auf einer Rotorwelle (2) derart, dass die vergrabenen Magnete (41) zwischen dem inneren Blechpaket (11) und den äußeren Blechpaketen (12) positioniert sind und die Oberflächenmagnete (42) auf den äußeren Blechpaketen (12) angeordnet sind,

(D) Fixieren der vergrabenen Magnete (41) durch eine Vergussmasse (50) und

(E) Auskleiden des wenigstens einen Kühlkanals (20) mit einer Vergussmasse (50).

11. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Verfahren weiterhin den Verfahrensschritt umfasst, wonach in die Vergussmasse (50) zur Fixierung der vergrabenen Magnete (41) ein weiterer Kühlkanal (20) ausgebildet wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

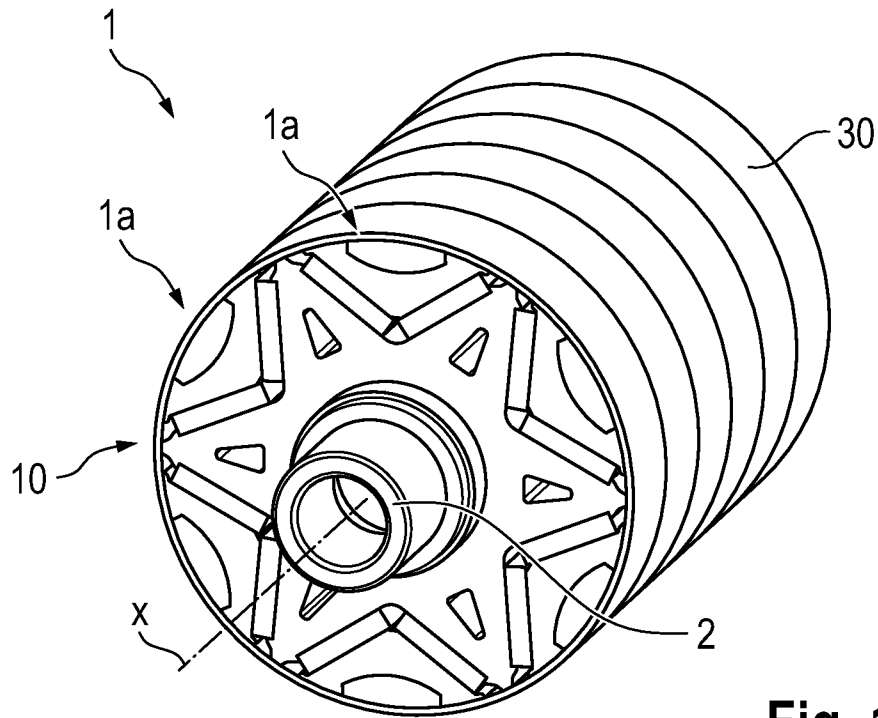


Fig. 1a

(Stand der Technik)

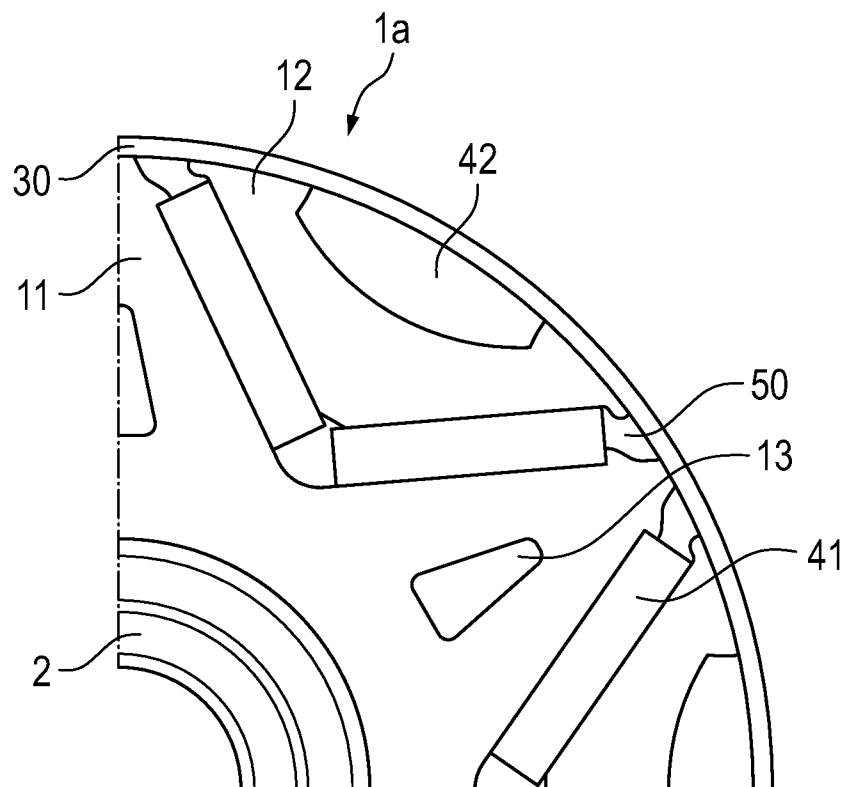


Fig. 1b

(Stand der Technik)

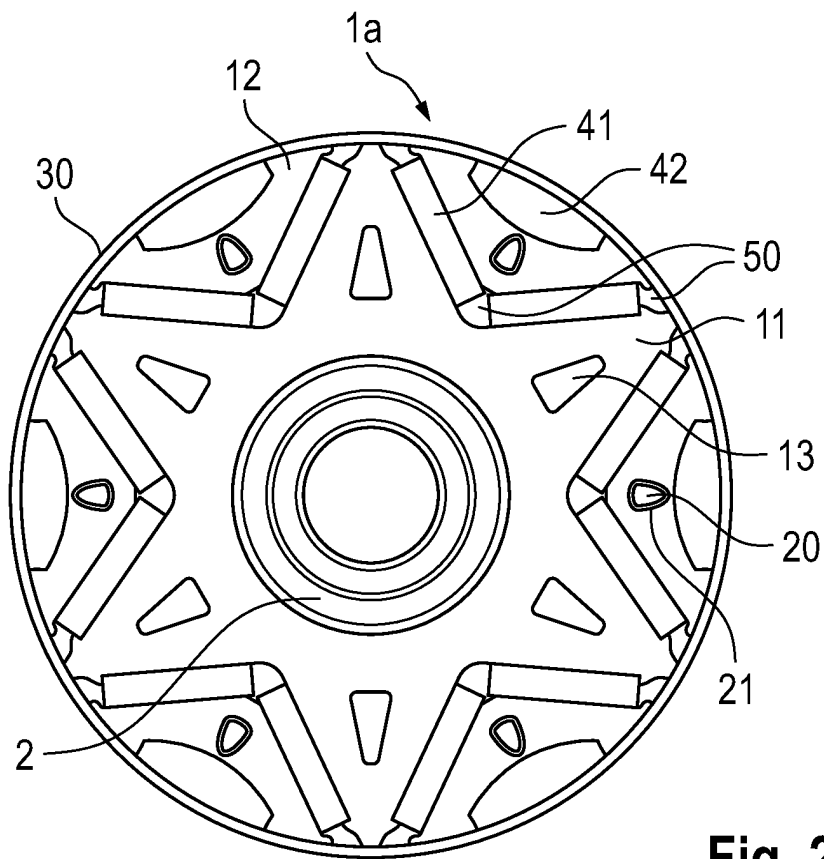


Fig. 2

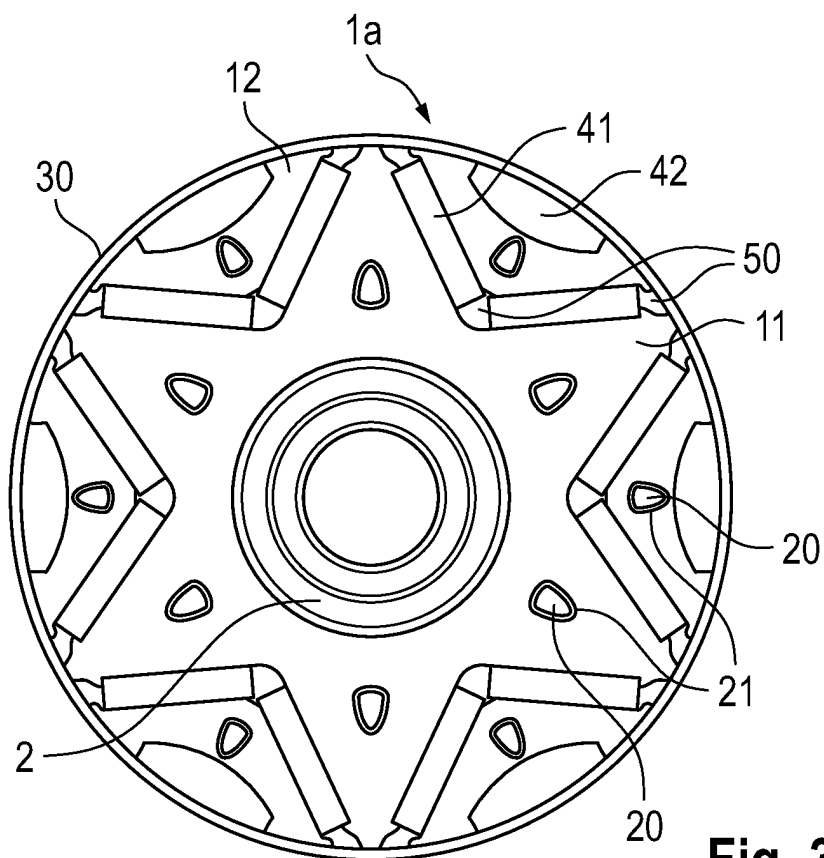


Fig. 3

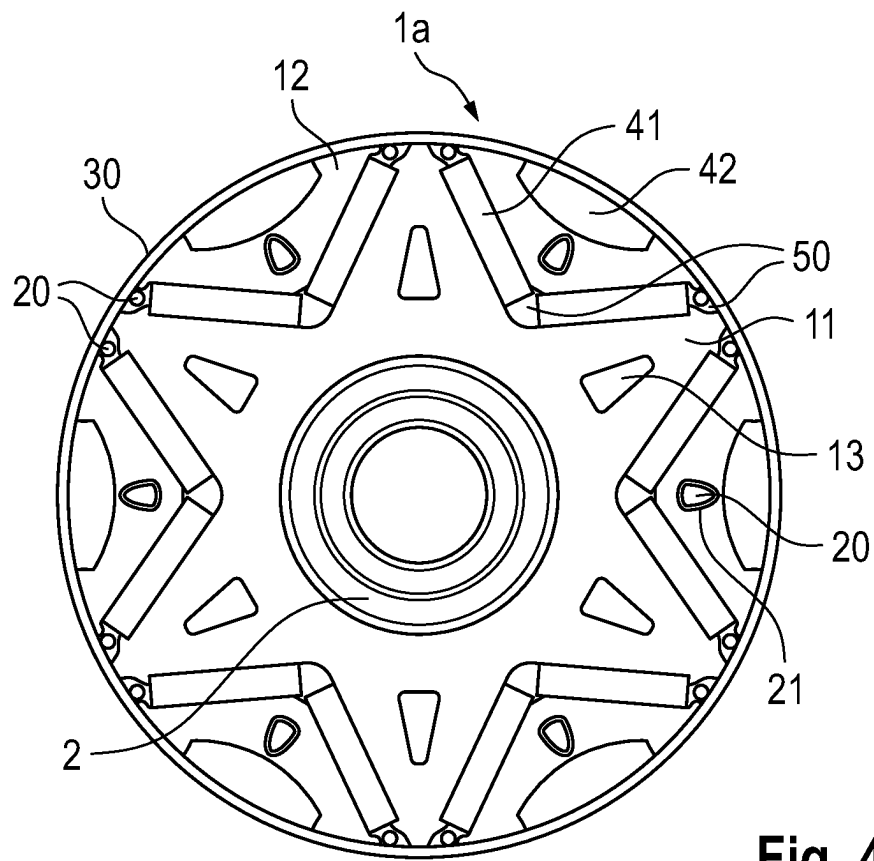


Fig. 4

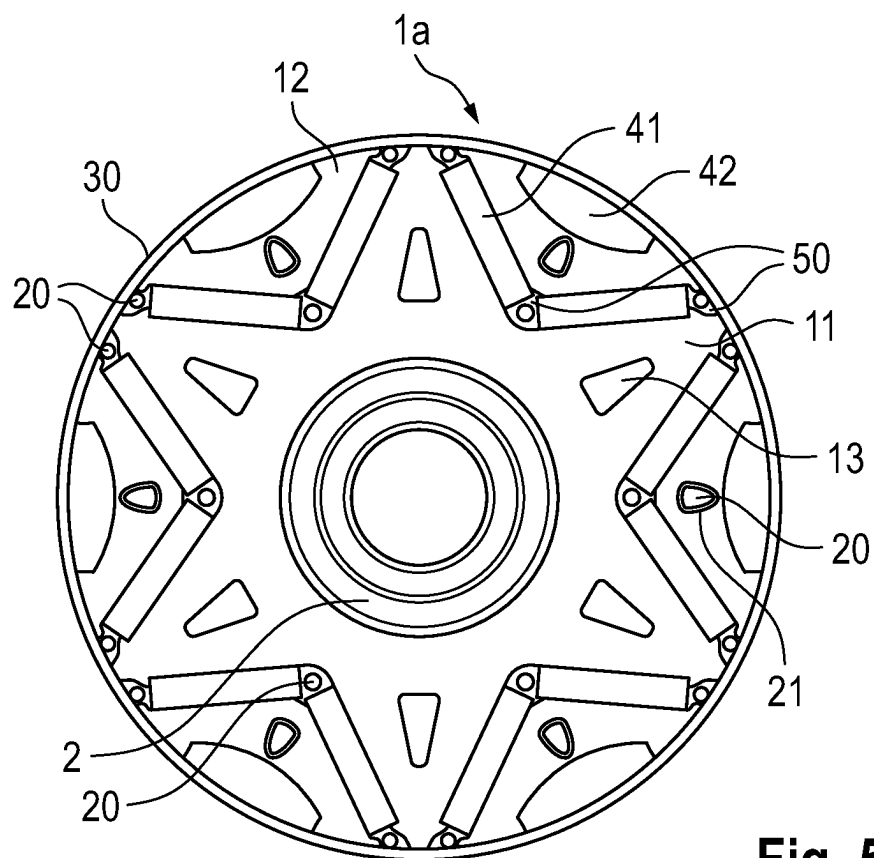


Fig. 5

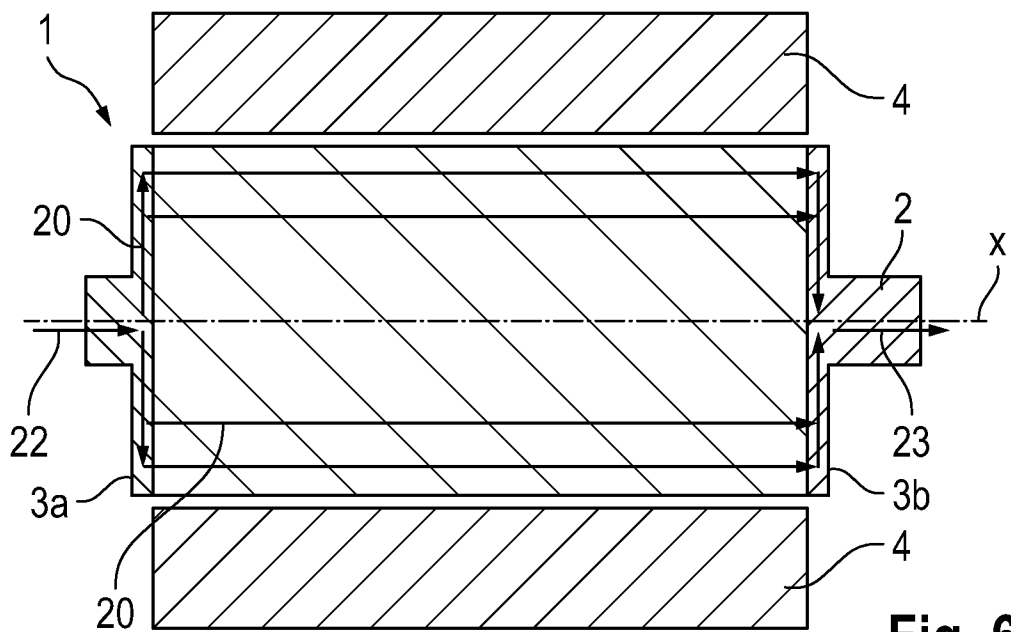


Fig. 6

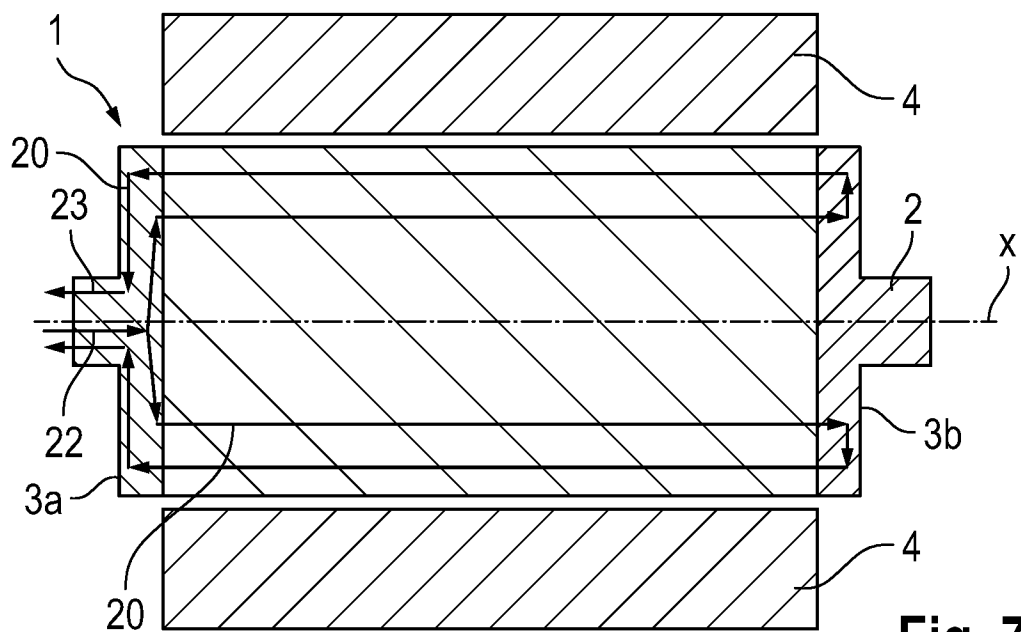


Fig. 7