

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 51038/2020  
(22) Anmeldetag: 27.11.2020  
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2022

(51) Int. Cl.: **H02K 3/34** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
JP 2019193434 A  
WO 2014115018 A2  
JP 2004064989 A  
DE 112013004258 T5  
US 2016065035 A1

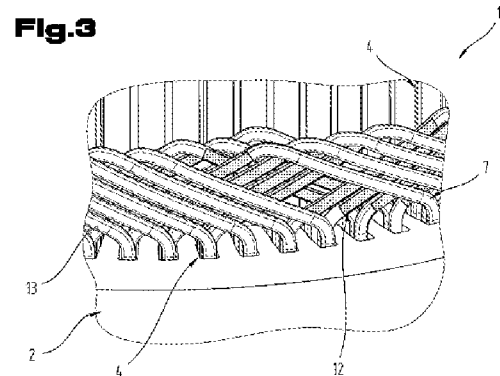
(73) Patentinhaber:  
Miba eMobility GmbH  
4663 Laakirchen (AT)

(72) Erfinder:  
Eilenberger Andreas Dr.techn.  
3552 Lengendorf (AT)

(74) Vertreter:  
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt  
GmbH  
4580 Windischgarsten (AT)

### (54) Maschinenbauteil für eine elektrische Maschine

(57) Die Erfindung betrifft ein Maschinenbauteil (1) für eine elektrische Maschine umfassend einen Bauteilkörper (2), in dem Nuten (4) ausgebildet sind, wobei in den Nuten (4) elektrische Leiter (7) angeordnet sind, die an axialen Enden der Nuten (4) aus dem Nuten (4) herausragen, und in zumindest einem herausragenden Bereich einander kreuzend angeordnet sind, und wobei die elektrischen Leiter (7) im Bereich außerhalb der Nuten mit zusätzlichen Isolierelementen (12) elektrisch gegeneinander isoliert sind, wobei die zusätzlichen Isolierelemente (12) ausschließlich zwischen den elektrischen Leitern (7) angeordnet und streifenförmig ausgebildet sind. Die zusätzlichen Isolierelemente (12) weisen eine Klebeschicht auf und sind damit auf Oberflächen von elektrischen Leitern (7) anhaftend angeordnet.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Maschinenbauteil für eine elektrische Maschine umfassend einen Bauteilkörper, in dem Nuten ausgebildet sind, wobei in den Nuten elektrische Leiter angeordnet sind, die an axialen Enden der Nuten aus den Nuten herausragen, und in zumindest einem herausragenden Bereich einander kreuzend angeordnet sind, und wobei die elektrischen Leiter im Bereich außerhalb der Nuten mit zusätzlichen Isolierelementen elektrisch gegeneinander isoliert sind, wobei die zusätzlichen Isolierelemente ausschließlich zwischen den elektrischen Leitern angeordnet und streifenförmig ausgebildet sind.

**[0002]** Weiter betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine umfassend einen Stator und einen Rotor.

**[0003]** Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Maschinenbauteils für eine elektrische Maschine durch Bereitstellen eines Bauteilkörpers, in dem Nuten ausgebildet werden, wobei in den Nuten elektrische Leiter so angeordnet werden, dass sie an axialen Enden der Nuten aus den Nuten herausragen, und in zumindest einem herausragenden Bereich einander kreuzend angeordnet werden, und wobei die elektrischen Leiter im Bereich außerhalb der Nuten mit zusätzlichen Isolierelementen elektrisch gegeneinander isoliert werden, wobei die zusätzlichen Isolierelemente ausschließlich zwischen den elektrischen Leitern angeordnet und streifenförmig ausgebildet werden.

**[0004]** Damit in einem Stator oder einem Rotor einer elektrischen Maschine die Spannungs- und Teilentladefestigkeit zwischen zwei sich kreuzenden Formstäben einer Steckwicklung unterschiedlicher Phase im Wickelkopf erfüllt werden kann, ist eine entsprechende Isolierung vorzusehen. Da diese Isolierstärke in der Nut oft nicht erforderlich ist und jene Isolierstärke den Kupferfüllfaktor wesentlich negativ beeinflusst, ist es von Vorteil in der Nut in Abhängigkeit der maximal auftretenden Spannungsdifferenzen zwischen zwei benachbarten Leitern eine geringere Isolationsstärke umzusetzen. Außerhalb der Nut werden zu Erhöhung der Isolierstärke auf den Wicklungen zusätzliche Isolierelemente angebracht.

**[0005]** Eine derartige Ausführung beschreibt beispielsweise die DE11 2013 004 258 T5. Aus dieser Druckschrift ist eine umlaufende elektrische Maschine bekannt, enthaltend einen Anker mit einem ringförmigen Ankerkern, in welchem Nuten am Umfang angeordnet sind; und eine Ankerwicklung, welche an dem Ankerkern befestigt ist, wobei die Ankerwicklung eine Vielzahl von Wicklungskörpern enthält, welche jeweils durch Wickeln eines Leiterdrahts, welcher mit einem Isolierüberzug überzogen ist, gebildet sind, und Isolierelemente, welche von dem Isolierüberzug verschieden ist.

**[0006]** Die EP 1 401 085 A2 beschreibt einen Elektromotor, umfassend: einen Stator mit Schlitzen; Spulen, die entlang der Schlitze des Statorkerns angeordnet sind, um Spulenkanten zu bilden, die von den Enden des Statorkerns vorstehen; und Isolierfolien zum Isolieren von proximalen Abschnitten der Spulenkanten, wobei jede der Isolierfolien einen Umhüllungsabschnitt zum Umfalten einer oder mehrerer Spulen derselben Phase aufweist und Einfügungsabschnitte, die in einen Schlitz oder Schlitze des Statorkerns eingeführt werden.

**[0007]** Die JP 2019-193434 A beschreibt einen isolierten Draht zur Verwendung in einer an einem Stator montierbaren Spule, der einen Leiter und eine am Außenumfang des Leiters vorgesehene Isolierbeschichtung umfasst. Diese besteht aus einem wärmehärtbaren Harz. Die Isolierbeschichtung wird lokal dicker hergestellt, um damit einerseits Teilentladungen in Bereichen zu vermeiden und andererseits den Raumfüllfaktor mit dem elektrischen Leiter zu erhöhen.

**[0008]** Aus der WO 2014/115018 A2 ist ein Stator bekannt, umfassend einen Statorkern, in dem Schlitze in einer Umfangsrichtung in einem vorbestimmten Abstand voneinander ausgebildet sind, und eine mehrphasige Statorspule, die aus einem ersten Flachdraht einer ersten Phase und einem zweiten Flachdraht einer zweiten Phase, die sich von der ersten Phase unterscheidet, ausgebildet ist, wobei der erste und zweite Flachdraht jeweils einen rechteckigen Querschnitt aufweisen, wobei der erste Flachdraht und der zweite Flachdraht mit einer Isolierschicht be-

schichtet sind und die mehrphasige Statorspule durch die Schlitze um den Stator Kern herum gewickelt ist, wobei der erste Flachdraht und der zweite Flachdraht jeweils eine Einführsektion aufweisen, die in die Schlitze eingeführt ist, der erste Flachdraht und der zweite Flachdraht jeweils eine Spulenendsektion aufweisen, die aus einer Endsektion des Stator Kerns herausragt, und eine erste Isolierschicht einer benachbarten Sektion des ersten Flachdrahtes dicker als eine zweite Isolierschicht des ersten Flachdrahtes ist, die benachbarte Sektion auf einer ersten flachen Oberfläche des ersten Flachdrahtes benachbart zu dem zweiten Flachdraht an der Spulenendsektion des ersten Flachdrahtes positioniert ist und die zweite Isolierschicht sich in einem anderen Bereich als der Spulenendsektion des ersten Flachdrahtes befindet, wobei die erste Isolierschicht durch Aufbringen oder Auftropfen von Isoliermaterial nur auf die benachbarte Sektion derart ausgebildet wird, dass die erste Isolierschicht der benachbarten Sektion, die auf der ersten flachen Oberfläche des ersten Flachdrahtes positioniert ist, dicker als die zweite Isolierschicht ist, die sich zusätzlich auf einer nicht benachbarten Sektion des ersten Flachdrahtes befindet, wobei die nicht benachbarte Sektion in der Längsrichtung des ersten Flachdrahtes auf den anderen drei Oberflächen positioniert ist, die sich in dem gleichen Bereich der Spulenendsektion wie die benachbarte Sektion befinden.

**[0009]** Die JP 2004-064989 A beschreibt einen Stator Kern mit mehreren Schlitzen und mehreren im Wesentlichen U-förmigen Leitersegmenten, die in den Schlitzen montiert sind, die Spulenenden an beiden Enden des Stator Kerns bilden, und die Verbindungsenden miteinander verbunden sind. Es ist ein Pulverbeschichtungsfilm zum Verhindern einer Entladung an der äußeren Umfangsfläche der Spule am Spulenendabschnitt vorgesehen.

**[0010]** Die US 2016/065035 A1 beschreibt eine rotierende elektrische Maschine, umfassend ein Gehäuse, einen Rotor, der an einer Drehwelle befestigt ist, die drehbar von dem Gehäuse getragen wird, um innerhalb des Gehäuses angeordnet zu sein, einen Anker mit einem ringförmigen Ankern Kern, in dem Schlitze in Umfangsrichtung angeordnet sind, um sich radial nach innen zu öffnen; und eine Ankerwicklung, die aus mehreren Spulen besteht, die jeweils durch Biegen und Formen eines Leiterdrahtes hergestellt werden und die an dem Ankern Kern montiert sind, wobei der Anker so angeordnet ist, dass er koaxial zu dem Rotor ist, um den Rotor zu umgeben, und von dem Gehäuse gehalten wird, wobei die rotierende elektrische Maschine so installiert ist, dass eine Mittelachse der rotierenden Welle horizontal ist, und ein flüssiges Kühlmittel auf ein Spulenende der Ankerwicklung von einer Kühlmittelansaugöffnung geblasen wird, die an dem Gehäuse ausgebildet ist, um die Ankerwicklung zu kühlen, worin die Kühlmittelansaugöffnung an einer Position an dem Gehäuse ausgebildet ist, die vertikal über dem Spulenende liegt, und ein streifenförmiges Isolierpapier so eingefügt ist, dass eine Dickenrichtung in einer radialen Richtung zwischen radial benachbarten Leiterabschnitten eines Abschnitts des Leiterdrahts liegt, der das Spulenende bildet, und so angeordnet, dass es sich in Umfangsrichtung über eine Position erstreckt, die vertikal ist unterhalb der Kühlmittelansaugöffnung innerhalb des Spulenendes.

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein eine elektrische Wicklung aufweisendes Bauteil zu verbessern.

**[0012]** Die Aufgabe der Erfindung wird bei dem eingangs genannten Maschinenbauteil dadurch gelöst, dass die zusätzlichen Isolierelemente eine Klebeschicht aufweisen und damit auf Oberflächen von elektrischen Leitern anhaftend angeordnet sind.

**[0013]** Zudem wird die Aufgabe der Erfindung mit der eingangs genannten elektrischen Maschine gelöst, die das erfindungsgemäße Maschinenbauteil umfasst.

**[0014]** Weiter wird die Erfindung mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, nach dem vorgesehen ist, dass die zusätzlichen Isolierelemente mit einer Klebeschicht versehen werden und damit auf Oberflächen von elektrischen Leitern anhaftend angeordnet werden.

**[0015]** Von Vorteil ist dabei, dass trotz des Einsatzes einer zusätzlichen elektrischen Isolation das Maschinenbauteil kompakt gehalten werden kann, da die zusätzlichen Isolierelemente nur dort zum Einsatz kommen, wo dies zur Verbesserung von Spannungs- und Teilentladefestigkeiten von Vorteil ist. Im Vergleich zum voranstehend genannten Stand der Technik werden die

zusätzlichen Isolierelemente also nicht mehr vollumfänglich um die elektrischen Leiter angeordnet. Neben der elektrischen Wirksamkeit der zusätzlichen Isolierelemente kann damit auch eine Verbesserung der mechanischen Festigkeit des Wickelkopfes des Maschinenbauteils erreicht werden. Zudem ist mit der Anordnung der zusätzlichen Isolierelemente ausschließlich zwischen den elektrischen Leitern aufgrund des geringeren Materialverbrauchs eine Kostenreduktion erzielbar. Durch die Reduktion des Isolationsmaterials kann darüber hinaus der Kupferfüllfaktor erhöht werden. Zudem kann mit der Anordnung der zusätzlichen elektrischen Isolierelemente ausschließlich zwischen den elektrischen Leitern eine verbesserte Kühlung des Wickelkopfs erreicht werden, da das Kühlmittel die elektrischen Leiter in dem Wickelkopf besser umspülen kann, insbesondere auch zwischen die elektrischen Leiter einströmen bzw. eindringen kann.

**[0016]** Zur weiteren Verbesserung des reduzierten Bauraumbedarfs ist vorgesehen, dass die zusätzlichen Isolierelemente streifenförmig ausgebildet sind. Es ist damit möglich, die Isolierelemente ausschließlich entlang der elektrischen Leiter anzuordnen.

**[0017]** Von Vorteil ist auch, dass die zusätzlichen Isolierelemente auf Oberflächen von elektrischen Leitern anhaftend angeordnet sind, da damit aufgrund der verringerten Gefahr des Verrutschens der zusätzlichen Isolierelemente deren Flächenausdehnung reduziert werden kann.

**[0018]** Eine weitere Reduktion des Bauraumbedarfs kann nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung dadurch erreicht werden, dass die Anzahl an zusätzlichen Isolierelementen maximal der Hälfte der Anzahl an elektrischen Leitern entspricht.

**[0019]** Ebenfalls zur Bauraumreduzierung kann gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die zusätzlichen Isolierelemente eine Schichtdicke von maximal 400 µm aufweisen.

**[0020]** Zur einfacheren Anordnung der zusätzlichen Isolierelemente kann nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die elektrischen Leiter als Formstäbe mit zumindest annähernd viereckigen Querschnitt ausgebildet sind.

**[0021]** Bevorzugt ist nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen, dass zwischen jeweils zwei elektrischen Leitern nur ein zusätzliches Isolierelement angeordnet ist. Es weist also nicht jeder elektrischen Leiter im Kreuzungsbereich ein zusätzliches Isolierelement auf, sondern können die zusätzlichen Isolierelemente auf nur einer von zwei übereinander liegenden Lagen der elektrischen Leiter angeordnet werden. Es ist damit auch eine Vereinfachung der Montage des Wickelkopfs erreichbar, da ein größerer Anteil an elektrischen Leitern nicht mit den zusätzlichen Isolierelementen ausgerüstet wird, womit Bearbeitungszeit eingespart werden kann.

**[0022]** Bevorzugt sind die zusätzlichen Isolierelemente gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung zwischen übereinander und/oder nebeneinander liegenden elektrischen Leitern angeordnet.

**[0023]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

**[0024]** Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

**[0025]** Fig. 1 ein Maschinenbauteil mit einem Teil von elektrischen Leitern in einer Schrägansicht;

**[0026]** Fig. 2 das Maschinenbauteil nach Fig. 1 in Seitenansicht;

**[0027]** Fig. 3 einen Ausschnitt des Maschinenbauteils in Bereich des Wickelkopfs;

**[0028]** Fig. 4 einen Ausschnitt einer Ausführungsvariante eines Maschinenbauteils in Bereich des Wickelkopfs.

**[0029]** 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 wer-

den 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.

**[0030]** Die Fig. 1 bis 3 zeigen ein Maschinenbauteil 1 für eine elektrische Maschine. Die elektrische Maschine ist insbesondere ein Motor, kann aber auch anders ausgeführt sein, wie beispielsweise als Generator. Das Maschinenbauteil 1 kann insbesondere ein Stator oder ein Rotor der elektrischen Maschine sein, wobei sowohl der Stator als auch der Rotor einer elektrischen Maschine durch das Maschinenbauteil 1 gebildet sein können.

**[0031]** Das in den Fig. 1 bis 3 dargestellte Maschinenbauteil 1 ist als Stator der elektrischen Maschine ausgebildet. Die nachfolgenden Ausführungen sind daher entsprechend zu adaptieren, falls das Maschinenbauteil 1 als Rotor ausgeführt ist. Da diese Adaptierung, wie beispielsweise die Anordnung von Nuten, dem Fachmann bekannt ist, wird im Folgenden nicht extra darauf hingewiesen. Diese Adaptierungen sind daher mitzulesen.

**[0032]** Das Maschinenbauteil 1 weist einen Bauteilkörper 2 auf. Der Bauteilkörper 2 ist insbesondere ein Blechpaket, kann aber auch anders ausgebildet sein. Der Bauteilkörper 2 weist in der dargestellten Ausführungsvariante die Form eines Hohlzylinders auf. Im Bauteilkörper 2 sind nebeneinander in einer Umfangsrichtung 3 verteilt Nuten 4 ausgebildet. Beginnend an einer inneren Oberfläche 5 erstrecken sich die Nuten 4 radial nach außen. In Richtung einer Längsmittelachse 6 (Rotationsachse) erstrecken sich die Nuten 4 durch den gesamten Bauteilkörper 2.

**[0033]** In den Nuten 4 sind elektrische Leiter 7 angeordnet, insbesondere eingesteckt. Pro Nut 4 kann nur ein elektrischer Leiter 7 angeordnet sind. Vorzugsweise sind jedoch pro Nut 4 mehrere elektrische Leiter 7 vorhanden, die dies auch aus Fig. 1 erkennbar ist. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis in Fig. 1 nur ein Teil der elektrischen Leiter 7 exemplarisch dargestellt ist.

**[0034]** Der Bauteilkörper 2 weist eine erste Stirnfläche 8 und ein dieser in Richtung der Längsmittelachse 6 gegenüberliegende zweite Stirnfläche 9 auf.

**[0035]** Die elektrischen Leiter 7 weisen Leiterenden 10 auf, mit denen sie an axialen Ende der Nuten 7, die jeweils in den Stirnflächen 8, 9 ausgebildet sind, aus den Nuten 7 herausragen. Die Leiterenden 10 von gleichen Phasen werden dabei zusammengeführt. Dies kann beispielsweise durch so weiters Umbiegen der Leiterenden 10 erfolgen, dass sich die Leiterenden 10 von einer Nut 7 bis in eine andere Nut 7 (phasenabhängig) erstrecken, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Es ist aber auch möglich, dass die Leiterenden 10 Endbereiche 11 aufweisen, an denen zwei Leiterenden 10 entsprechen phasenabhängig aneinander anliegen um in diesen Endbereichen 11 elektrisch leitend miteinander verbunden zu werden, insbesondere stoffschlüssig, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist, die einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 1 zeigt.

**[0036]** Zur Ausbildung einer kompakten Wicklung/Anordnung der elektrischen Leiter 7 (d.h. eines kompakten Wickelkopfs) sind die Leiterenden 10 in und gegen die Umfangsrichtung 3 umgebogen. Die konkrete Ausführung der Wicklung ist dabei abhängig vom gewünschten Wickelschema, das je nach Ausführung des Maschinenbauteils 1 unterschiedlich sein kann. Derartige Wickelschemata sind aus dem Stand der Technik bekannt, sodass darauf zur Vermeidung von Wiederholungen nicht weiter darauf eingegangen wird. Es sei daher auf den einschlägigen Stand der Technik dazu verwiesen.

**[0037]** Durch das Umbiegen der Leiterenden 10 überkreuzen sich die Leiterenden 10 (wie dies aus den Fig. 1 bis 4 erkennbar ist), womit die Gefahr der gegenseitigen Berührung besteht. Um dies zu verhindern, sind die an sich außen bereits mit einer elektrischen Isolation versehenen elektrischen Leiter 7 in Bereich der Leiterenden mit zusätzlichen Isolierelementen 12 versehen, wie dies am besten aus den Fig. 3 und 4 zu ersehen ist. Anders als im Stand der Technik sind diese zusätzlichen Isolierelemente 12 (auch als Phasenisolierung oder Wickelkopfisolierung bezeichnbar) aber nicht hülsenförmig ausgebildet bzw. angeordnet, sondern sind diese ausschließlich zwischen den elektrischen Leitern 7 angeordnet. Mit anderen Worten ausgedrückt

sind zumindest die radial äußersten Oberflächen 13 der radial äußersten Lage 14 und die radial innersten Oberflächen der radial innersten Lager der elektrischen Leiter 7 frei von den zusätzlichen elektrischen Isolierelementen 12.

**[0038]** Die Anordnung der zusätzlichen Isolierelement 12 kann zwischen zwei in radialer Richtung übereinander liegender elektrischer Leiter 7 (wie in den Fig. 3 und 4 dargestellt) und/oder zwischen elektrischen Leitern 7, die in einer Lage von elektrischen Leitern 7 gleicher radialer Höhe unmittelbar nebeneinander liegen, vorgesehen sein. Die zusätzlichen Isolierelemente 12 sind also im so genannten Wickelkopf zwischen elektrischen Leitern 7 unterschiedlicher Phase vorgesehen.

**[0039]** Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass üblicherweise auch in den Nuten 7 elektrische Isolierelemente vorgesehen werden, beispielsweise aus Papier. Es kann dabei vorgesehen werden, dass die zusätzlichen elektrischen Isolierelemente 12 einen Teil der elektrischen Isolierelemente in den Nuten 7 bilden. Vorzugsweise sind die zusätzlichen elektrischen Isolierelemente 12 aber zusätzlich zu der vorhandenen bzw. verwendeten elektrischen Isolation der elektrischen Leiter 7 im Nutbereich vorgesehen.

**[0040]** Die zusätzlichen Isolierelemente 12 können sich über zumindest annähernd den gesamten Bereich der in Bezug auf die Umfangsrichtung 3 schräg umgebogenen elektrischen Leiter 7 erstrecken, wobei dieser Bereich bevorzugt den gesamten Überdeckungsbereich der einander kreuzenden Leiterenden 10 der elektrischen Leiter 7 abdeckt. Die zusätzlichen Isolierelemente 12 können aber auch auf die Kreuzungsbereiche der einander kreuzenden elektrischen Leiter 7 beschränkt sein, oder sie können sich über die Leiterenden 10 hinaus bis in die Nuten 7 hinein erstrecken und dort einen Teil der Nutenisolation bilden. Letzteres ist aber dann nicht die bevorzugte Ausführungsvariante, wenn für die Nutenisolation eine geringere Schichtdicke an Isoliermaterial ausreichend ist als im Bereich der Leiterenden 10.

**[0041]** Die Schichtdicke der zusätzlichen Isolierelemente 12 kann insbesondere maximal 400  $\mu\text{m}$ , insbesondere zwischen 80  $\mu\text{m}$  und 300  $\mu\text{m}$ , betragen.

**[0042]** Die zusätzlichen Isolierelemente 12 prinzipiell aus jedem geeigneten Material bestehen. Beispielsweise können sie aus einem Polyamid, eine Polyimid, PEEK, PPS, PPSU, PESU, PAI, PEI, PTFE, Mica, oder einer Materialkombinationen ähnlichen elektrische isolierenden Werkstoffen sein.

**[0043]** Die zusätzlichen Isolierelemente 12 weisen eine Klebeschicht auf, sodass sie auf der Oberfläche der elektrischen Leiter 7 anhaftend angeordnet werden können.

**[0044]** Die zusätzlichen Isolierelemente 12 sind streifenförmig ausgebildet, beispielsweise aus einem Klebeband hergestellt.

**[0045]** Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die Anzahl an zusätzlichen Isolierelementen 12 maximal der Hälfte der Anzahl an elektrischen Leitern 7 entspricht. Insbesondere kann die Anzahl an zusätzlichen Isolierelementen 12 zwischen  $N/2$  und  $N/9$  betragen, wobei  $N$  die Gesamtanzahl an elektrischen Leiterenden 10 ist, die aus den Nuten 4 herausragen.

**[0046]** Vorzugsweise kann dabei vorgesehen sein, dass von einander überkreuzenden elektrischen Leitern 7 die jeweils radial äußeren Oberflächen der radial weiter innen liegenden Lage an elektrischen Leitern 7 mit den zusätzlichen Isolierelementen 12 versehen werden. Es ist aber auch möglich, dass die radial innen liegenden Oberflächen der jeweils radial äußeren Lage an elektrischen Leitern 7 mit den zusätzlichen Isolierelementen 12 versehen werden.

**[0047]** Es ist auch möglich, dass sowohl die radial äußeren Oberfläche der inneren Lage an elektrischen Leitern 7 und die radial inneren Oberflächen der radial äußeren Lage an elektrischen Leitern 7 mit den zusätzlichen Isolierelementen 12 versehen werden. In der bevorzugten Ausführungsvariante des Maschinenbauteils ist jedoch vorgesehen, dass zwischen jeweils zwei elektrischen Leitern 7 nur jeweils ein zusätzliches Isolierelement 12 angeordnet ist.

**[0048]** In der bevorzugten Ausführungsvariante sind die elektrischen Leiter 7 als Formstäbe mit

zumindest annähernd viereckigen Querschnitt ausgebildet (als sogenannte Hairpins). Die elektrischen Leiter 7 können aber auch einen runden Querschnitt aufweisen.

**[0049]** Die zusätzlichen elektrischen Isolierelemente 12 sind vorzugsweise nicht breiter als die elektrischen Leiter 7 an der Oberfläche, an der die elektrischen Isolierelemente 12 angeordnet werden, wie dies aus den Fig. 3 und 4 ersichtlich ist.

**[0050]** Weiter sind die elektrischen Isolierelemente 12 vorzugsweise als Streifen ausgeführt, die gegen die Umfangsrichtung geneigt zwischen den Leitern angeordnet sind. Der Neigungswinkel richtet sich dabei nach den elektrischen Leitern 7. Sind diese in Richtung der Längsmittelachse 6 verlaufend angeordnet, verlaufen auch die streifenförmigen zusätzlichen Isolierelemente 12 in dieser Richtung (also in einem Winkel von 90 ° zur Umfangsrichtung). Sind die elektrischen Leiter 7 gegen die in der Umfangsrichtung 3 geneigt, folgen die zusätzlichen Isolierelemente 12 auch dieser Neigung. Generell kann also gesagt werden, dass vorzugsweise die elektrischen Isolierelement dem Verlauf der elektrischen Leiter 7 in den Leiterenden 10 folgend angeordnet werden.

**[0051]** In der bevorzugten Ausführungsvariante sieht die Erfindung insbesondere vor, dass die Phasenisolation bevorzugt jeweils einseitig und für jeden elektrischen Leiter 7 separat mittels eines Streifen realisiert wird.

**[0052]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus das Maschinenbauteil nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt ist.

## BEZUGSZEICHENLISTE

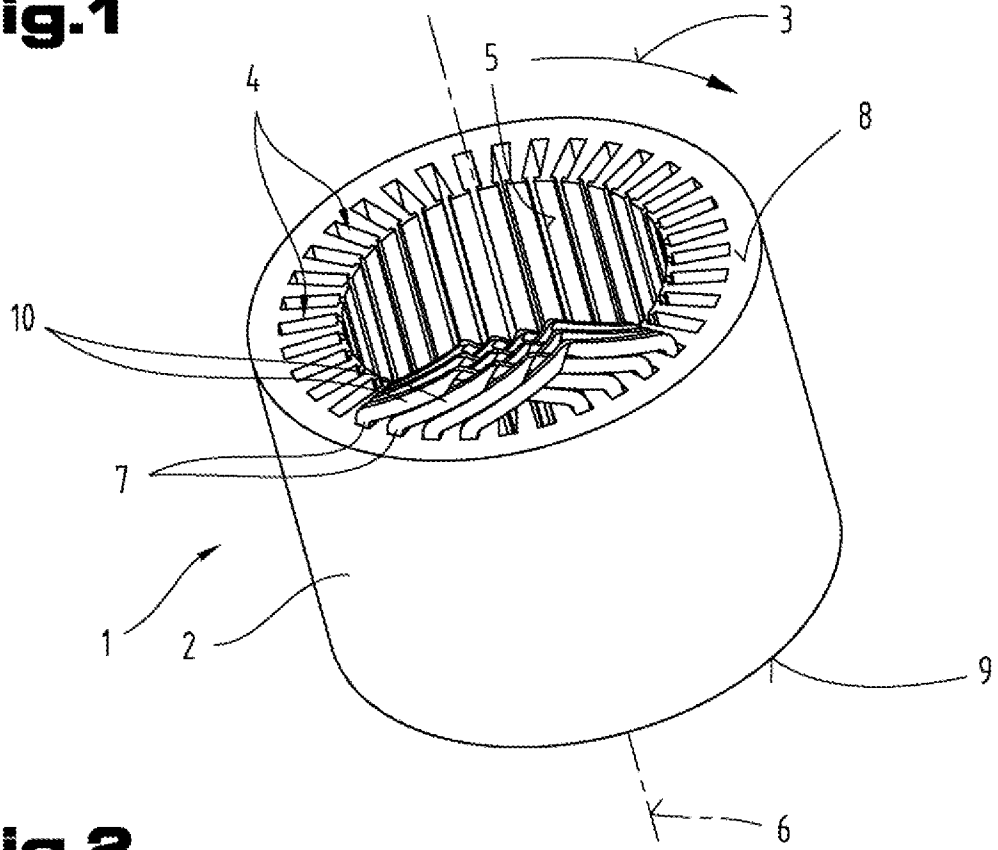
- 1 Maschinenbauteil
- 2 Bauteilkörper
- 3 Umfangsrichtung
- 4 Nut
- 5 Oberfläche
- 6 Längsmittelachse
- 7 Leiter
- 8 Stirnfläche
- 9 Stirnfläche
- 10 Leiterende
- 11 Endbereich
- 12 Isolierelement
- 13 Oberfläche
- 14 Lage

## Patentansprüche

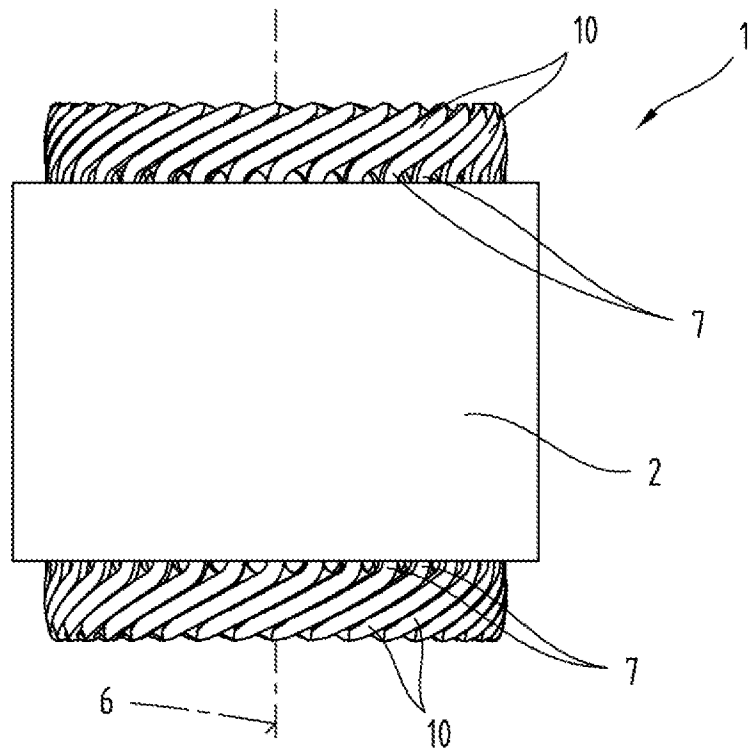
1. Maschinenbauteil (1) für eine elektrische Maschine umfassend einen Bauteilkörper (2), in dem Nuten (4) ausgebildet sind, wobei in den Nuten (4) elektrische Leiter (7) angeordnet sind, die an axialen Enden der Nuten (4) aus dem Nuten (4) herausragen, und in zumindest einem herausragenden Bereich einander kreuzend angeordnet sind, und wobei die elektrischen Leiter (7) im Bereich außerhalb der Nuten mit zusätzlichen Isolierelementen (12) elektrisch gegeneinander isoliert sind, wobei die zusätzlichen Isolierelemente (12) ausschließlich zwischen den elektrischen Leitern (7) angeordnet und streifenförmig ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zusätzlichen Isolierelemente (12) eine Klebeschicht aufweisen und damit auf Oberflächen von elektrischen Leitern (7) anhaftend angeordnet sind.
2. Maschinenbauteil (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl an zusätzlichen Isolierelementen (12) maximal der Hälfte der Anzahl an elektrischen Leitern (7) entspricht.
3. Maschinenbauteil (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zusätzlichen Isolierelemente (12) eine Schichtdicke von maximal 400 µm aufweisen.
4. Maschinenbauteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrischen Leiter (7) als Formstäbe mit zumindest annähernd viereckigen Querschnitt ausgebildet sind.
5. Maschinenbauteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen jeweils zwei elektrischen Leitern (7) nur ein zusätzliches Isolierelement (12) angeordnet ist.
6. Maschinenbauteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zusätzlichen Isolierelemente (12) zwischen übereinander und/oder nebeneinander liegenden elektrischen Leitern (7) angeordnet sind.
7. Elektrische Maschine umfassend einen Stator und einen Rotor, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stator und/oder der Rotor als Maschinenbauteil (1) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildet ist.
8. Verfahren zur Herstellung eines Maschinenbauteils (1) für eine elektrische Maschine durch Bereitstellen eines Bauteilkörpers (2), in dem Nuten (4) ausgebildet werden, wobei in den Nuten (4) elektrische Leiter (7) so angeordnet werden, dass sie an axialen Enden der Nuten (4) aus den Nuten (4) herausragen, und in zumindest einem herausragenden Bereich einander kreuzend angeordnet werden, und wobei die elektrischen Leiter (7) im Bereich außerhalb der Nuten (4) mit zusätzlichen Isolierelementen (12) elektrisch gegeneinander isoliert werden, wobei die zusätzlichen Isolierelemente (12) ausschließlich zwischen den elektrischen Leitern (7) angeordnet und streifenförmig ausgebildet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zusätzlichen Isolierelemente (12) mit einer Klebeschicht versehen werden und damit auf Oberflächen von elektrischen Leitern (7) anhaftend angeordnet werden.

## Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

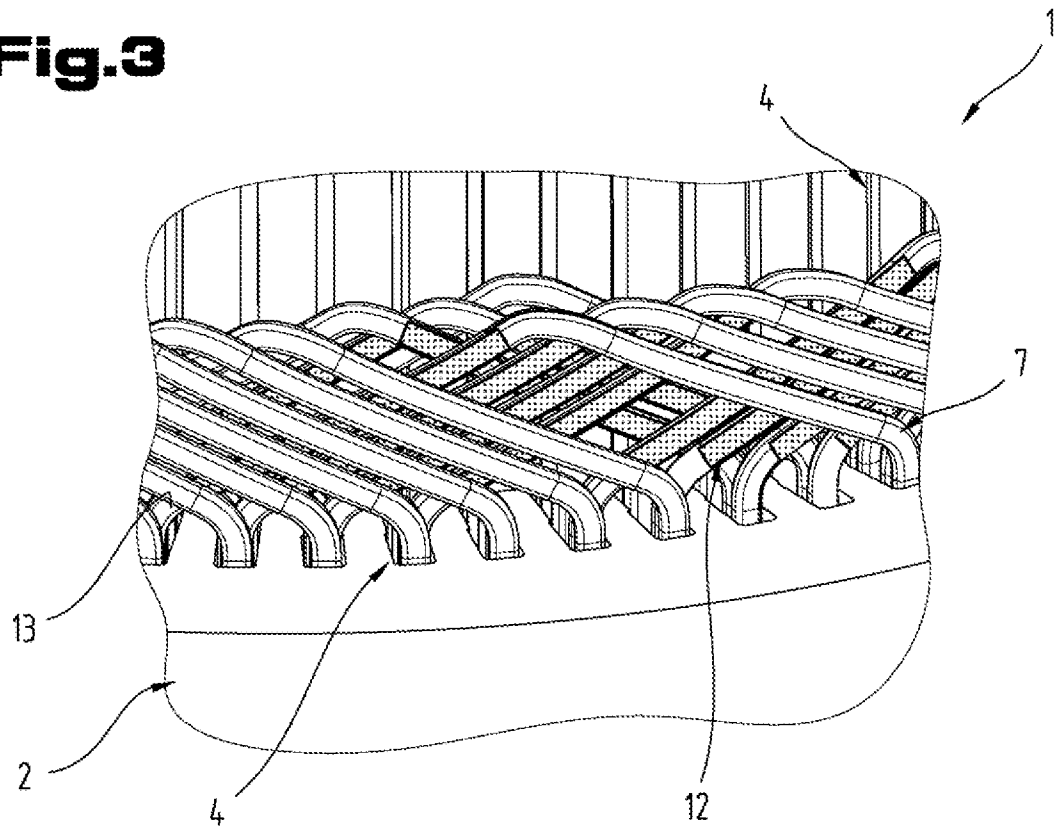
**Fig.1**



**Fig.2**



**Fig.3**



**Fig.4**

