

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Januar 2023 (12.01.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/281115 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01F 41/04 (2006.01) H02K 15/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/069257

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Juli 2022 (11.07.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 117 783.9
09. Juli 2021 (09.07.2021) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastr. 27 C, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **PSYK, Verena**; Reichenhainer Straße 88, 09126 Chemnitz (DE). **POHL, Niclas**; Reichenhainer Straße 88, 09126 Chemnitz (DE). **BACH, Mirko**; Reichenhainer Straße, 09126 Chemnitz (DE).

(74) Anwalt: **GRÜNECKER PATENT- UND RECHTSANWÄLTE PARTG MBB**; Leopoldstr. 4, 80802 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

(54) Title: COIL HAVING INCREASED SLOT FILL FACTOR AND METHOD FOR FORMING SAID COIL

(54) Bezeichnung: SPULE MIT ERHÖHTEM NUTFÜLLFAKTOR UND VERFAHREN ZU DEREN UMFORMUNG

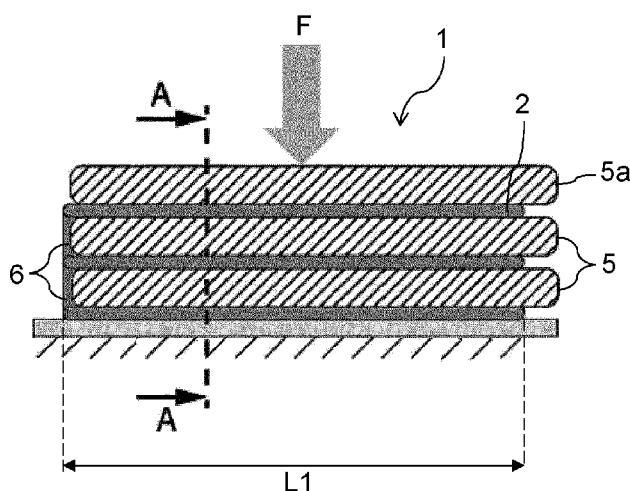


Fig. 2A

(57) Abstract: The present invention relates to an electrically conductive coil (1) and to a method for forming said coil, comprising: - a step A of providing a coil (1) made of a conductor material (2) with a plurality of windings (3) extending around a coil axis (S); - a step B of arranging at least one pressing element (5) between the windings (3); and - a step C of forming the coil (1) by applying a pressing force acting along the coil axis (S), so that the pressing force is transferred from winding (3) to winding (3) by means of the interposed pressing element (5) and the conductor cross-section (4) of the windings (3) is changed as a result of the pressing force.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung umfasst eine elektrisch leitende Spule (1) bzw. ein Verfahren zu deren Umformung, umfassend einen Schritt A des Bereitstellens einer Spule (1) aus einem Leitermaterial (2) mit einer Mehrzahl von sich um eine Spulennachse (S) erstreckenden Windungen (3), einem Schritt B des Anordnens wenigstens eines Presselements (5) zwischen den Windungen (3), und einem Schritt C des Umformens der Spule (1) durch Aufbringen einer entlang der Spulennachse (S) wirkenden Presskraft, sodass die Presskraft von Windung (3) zu Windung (3) über das zwischenliegende Presselement (5) übertragen wird und der Leiterquerschnitt (4) der Windungen (3) infolge der Presskraft verändert wird.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Spule mit erhöhtem Nutfüllfaktor und Verfahren zu deren Umformung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Spule mit erhöhtem Nutfüllfaktor und ein Verfahren zu deren Umformung. Das Verfahren betrifft das Umformen einer elektrisch leitenden Spule zur Verwendung in elektrischen Maschinen, wie beispielsweise Hochleistungsmotoren, Industriemotoren oder Fahrzeugmotoren.

Spulen sind wichtige Bauelemente der Elektrotechnik. Je nach Klasse und Bauform des Motors weisen die Spulen unterschiedliche Geometrien, Wickelformen und Windungszahlen auf. Die Form und Anordnung der Leiterdrahtlagen in einer solchen Spule hat großen Anteil auf die Raumnutzung innerhalb der Spule und somit auf die Energiedichte des Motors. Um die Raumnutzung von beispielsweise in Nuten angeordneten Windungen zu erhöhen und somit die Effizienz und Leistungsfähigkeit von Elektromotoren bei gleicher Baugröße zu steigern, wird angestrebt, den Nutfüllfaktor zu erhöhen. Als Nutfüllfaktor bezeichnet man in der Spulenwickeltechnik das Verhältnis der Summe der Leiterquerschnittsflächen in der Nut zur Nutquerschnittsfläche.

Herkömmlicherweise werden Windungen mit Runddrähten ausgeführt. Spulen mit Runddraht, welcher in Nuten geführt wird, weisen aufgrund der runden Leiterform eine geringe Raumnutzung auf, da sich hierbei durch die unvermeidbaren Zwischenräume aufgrund der runden Gestalt eine relativ schlechte Nutfüllung ergibt. Das Verhältnis der Summe der Leiterquerschnittsflächen in der Nut zur Nutquerschnittsfläche (Nutfüllfaktor) ist dementsprechend gering.

Das Umformen des Kreisquerschnitts zu einem angenäherten Rechteckquerschnitt mit einer an die jeweilige Lage in der Nut angepassten Breite hat sich zu einer zielführenden Lösung zur Erhöhung des Nutfüllfaktors entwickelt. Die Windungen werden hierbei derart umgeformt, dass sich Kanten des Rechteckquerschnitts aneinander anlegen können und somit Zwischenräume vermieden werden können. Die Umformung geschieht beispielsweise, indem über ein Prägewerkzeug axialer Druck in Richtung der Spulenachse auf die äußersten Windungen der Spule aufgebracht wird. Hierbei werden die Drahtlagen aneinandergepresst und umgeformt.

Beschreibung des Stands der Technik

Umformverfahren zum Umformen von Leiterquerschnittsflächen in eine Querschnittsform abweichend von einem Kreisquerschnitt sind im Stand der Technik bekannt. Einerseits bestehen Umformverfahren, welche vor dem Wicklungsschritt einer Spule den Spulendraht in einem Umformungsschritt in einen Spulendraht mit rechteckigem Draht-Querschnitt überführen und der umgeformte Spulendraht zur Herstellung der Spule

anschließend gewickelt wird. Andererseits wird durch Aufbringen eines Pressdrucks in axialer Richtung der Spulenlängsachse auf die Spule in der bereits gewickelten Spulenendform eine Verdichtung der Windungen in einer Nut erzielt.

Ein Umformverfahren für elektrisch leitende Spulen ist beispielsweise aus der Offenlegungsschrift DE 102 60 313 A1 bekannt. Das Patentdokument zeigt ein Verfahren zur Erhöhung der Effizienz elektrischer Maschinen durch einen höheren Nutfüllfaktor. Zu diesem Zweck werden Schlitze mit runden Litzendrähten gefüllt, deren Querschnitte verformt werden können. Dabei passen sie sich an beliebige geformte Schlitze an, wodurch es möglich wird, hohe Nutfüllfaktoren zu erzielen. Die Litzendrähte können mit geeigneten Verdichtungswerkzeugen in die Schlitze gedrückt werden. Der Nutfüllfaktor kann auch dadurch erhöht werden, dass die Litzendrähte eine Anzahl unterschiedlicher Querschnitte und Geometrien aufweisen.

Oben beschriebene Fixierungsanordnung bringt allerdings auch einige Nachteile mit sich: Die Formänderung der Drahtlagen bei direktem Kontakt führt zu Gratbildung und nicht unkontrollierbaren Deformationen der Drahtlagen durch die Scherkräfte bei der Verformung der Leiterquerschnitte der Drahtlagen. Dies führt zu inhomogener Verteilung der Leitungsbahnen und Unregelmäßigkeiten im Stromfluss durch die Spule.

Ein weiteres Umformverfahren für elektrisch leitende Spulen ist aus dem Patentdokument DE 199 05 747 bekannt. Darin ist ein Verfahren zur Herstellung einer Spule mit einem rechteckigen Draht beschrieben. Erst wird ein Runddraht durch eine Zuführvorrichtung bereitgestellt und durch eine Walze in einen rechteckigen Draht mit einem rechteckigen Querschnitt umgeformt, um anschließend den rechteckigen Draht mittels eines Wicklungsformmotors auf eine Wicklungsform aufzuwickeln, um eine Spule mit einem rechteckigen Draht zu erzeugen.

Hierbei treten die Nachteile auf, dass es durch den nachgeschalteten Wicklungsprozess zu nicht zufriedenstellender Maßhaltigkeit der Windungen kommt und sich durch die Umformung der rechteckigen Drahtlagen Falten bilden können. Zudem ist ein derartiger Umformprozess aufgrund der Vielzahl an Bearbeitungsschritten fehleranfällig und nicht wirtschaftlich.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme zu lösen und ein zuverlässiges, schnelles und simples Umformverfahren bereitzustellen, welches hohe Stückzahlen zu wirtschaftlichen Kosten liefert.

Zur Lösung der vorstehend definierten Aufgabe offenbart die vorliegende Erfindung ein Umformverfahren nach Anspruch 1. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Umformung einer elektrisch leitenden Spule umfasst einen Schritt A des Bereitstellens einer Spule aus einem

Leitermaterial mit einer Mehrzahl von sich um eine Spulenachse erstreckenden Windungen, einen Schritt B des Anordnens wenigstens eines Presselements zwischen den Windungen und einen Schritt C des Umformens der Spule durch Aufbringen einer entlang der Spulenachse wirkenden Presskraft, sodass die Presskraft von Windung zu Windung über das zwischenliegende Presselement übertragen wird und der Leiterquerschnitt der Windungen infolge der Presskraft verändert wird.

Hierdurch ergibt sich der vorteilhafte Effekt, dass durch den Einsatz von Presselementen, die zwischen den Drahtlagen eingelegt werden, der direkte Kontakt zwischen den Drahtlagen vermieden wird, wenn ein Pressdruck in axialer Richtung der Spulenlängsachse auf die Spule ausgeübt wird. Durch ein derartiges kontrolliertes Umformen kommt es nicht zu unkontrollierten Verformungen der Drahtlagen, da diese nun alle in Kontakt zu einem Presselement sind. In Folge dessen können sich Abweichungen in der Geometrie einer Wicklung nicht mehr ungehindert auf die Folgende übertragen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstände der abhängigen Ansprüche.

Es kann von Vorteil sein, wenn die Spule in Schritt A aus Runddraht gewickelt wird, und vorzugsweise in eine zylindrische, konische, trapezoidale oder pyramidale Form. Dies hat zur Folge, dass herkömmliche Spulen mit bekanntem runden Leiterquerschnitt verwendet werden können. Die zylindrische, konische trapezoidale oder pyramidale Form der Spule bietet die Möglichkeit der formgerechten Anpassung an herkömmliche Bauarten von elektrischen Maschinen. Ein Runddraht kann im Gegensatz zu einem Rechteckdraht in jede Richtung gleich gut gebogen werden. Durch Verwendung eines Runddrahts kann die Gefahr der Faltenbildung, d.h. der Aufdickung an der inneren Faser der Windung oder Ausdünnung an der äußeren Faser der Windung, oder gar Risse bei größerem Breite zu Höhe Verhältnis der Windung infolge des Drahtbiegens weitgehend eliminiert werden.

Es kann sich als nützlich erweisen, wenn das Presselement in Schritt B zwischen ebenen Windungsabschnitten der Windungen angeordnet wird, die sich vorzugsweise jeweils in einer senkrecht zur Spulenachse ausgerichteten Ebene erstrecken. Dadurch kann das Presselement leicht zwischen den Drahtlagen eingeschoben werden und nach der Umformung eine zur Spulenachse senkrecht stehende Geometrie der umgeformten Drahtlagen gewährleisten. Die Presskraft wirkt in axialer Richtung und idealerweise auf alle umzuformenden Windungsabschnitte gleichmäßig sowie gleichzeitig. Dadurch ergibt sich eine gleichmäßige Verformung der umzuformenden Leiterquerschnitte. Dies wird durch die entsprechende Spulengeometrie nach dieser Ausführung begünstigt. Bevorzugt erstreckt sich zudem jeder ebene Windungsabschnitt bei Projektion auf eine senkrecht zur Spulenachse ausgerichtete Ebene über mindestens 50%, bevorzugt mindestens 75% des Umfangs der

jeweiligen Windung. In anderen Worten ist es also möglich, lediglich Teilbereiche des gesamten Windungsumfangs umzuformen. Dies erhöht die Gestaltungsfreiheiten des Presselements und erleichtert die Handhabung dessen.

Es kann hilfreich sein, wenn in Schritt C die Presskraft auf ein auf der äußersten Windung angeordnetes Presselement aufgebracht wird, wobei vorzugsweise die Presskraft erhöht wird, bis die Presselemente sich untereinander kontaktieren. Dadurch vereinfacht sich die Handhabung des Umformvorgangs, da keine weiteren Zwischenelemente benötigt werden. Durch das Kontaktieren der Presselemente durch Erhöhung der Presskraft, kann eine Presshöhe der Windungen vorgegeben werden und garantiert werden, dass die Abmessung der umgeformten Windungen zwischen den Presselementen eine vorgegebene Größe einnehmen. Dadurch kann eine kontrollierte und wiederholgenaue Umformung der umzuformenden Windungsabschnitte erfolgen.

Es kann sich als vorteilhaft erweisen, dass in Schritt C unterschiedliche Windungsabschnitte derselben Windungen zeitgleich oder zeitlich versetzt zueinander umgeformt werden, vorzugsweise unter Verwendung von unterschiedlichen Presskräften und/oder Presselementen. Somit ist eine Aufteilung der Umformung der Windungen sowohl zeitlich als auch örtlich möglich. Dies erhöht wiederum die Gestaltungsfreiheiten des Umformungsprozesses und begünstigt eine gleichmäßige Umformung der Windungen.

Es kann nützlich sein, wenn in Schritt C zuerst ein erster Teilbereich der Spule mit axial übereinanderliegenden Windungsabschnitten umgeformt wird und nach zwischenzeitlicher Aufhebung der Presskraft und ggf. nach Austausch der Presselemente ein zweiter Teilbereich der Spule mit axial übereinanderliegenden Windungsabschnitten umgeformt wird. Durch das zeitlich versetzte Umformen von verschiedenen Windungsabschnitten kann eine Faltenbildung vermieden werden.

Es kann praktisch sein, wenn in Schritt C eine Verformung des Leiterquerschnitts entlang und/oder quer zur Spulenachse durch das Presselement begrenzt wird. Somit kann eine Geometrie der Windungen vorgegeben werden und garantiert werden, dass die Abmessung der umgeformten Windungen zwischen den Presselementen eine vorgegebene Größe einnehmen. Zudem wird verhindert, dass das Material der Drahtlagen bei der Umformung unkontrolliert zu den Seiten der Windungen verdrängt wird.

Es kann sich als sinnvoll erweisen, wenn die in Schritt C aufgebrachten Presskräfte durch unabhängig voneinander weggesteuerte Kompressionskräfte, vorzugsweise durch eine kraftverteilende Wippe oder unabhängig voneinander weggesteuerte Achsen aufgebracht werden und/oder eine Kompressionskraft jeweils auf die äußersten Windungen aufgebracht wird, wobei bevorzugt zusätzlich zu den Presselementen Basis- und/oder Deckelemente

jeweils auf den äußersten Windungen angeordnet werden. Somit kann bei zeitversetztem Umformen ein Zwischenschritt des Umbauens der Umformvorrichtung vermieden werden, was Zeit spart. Durch die Basis- und/oder Deckelelemente können jeweils auf den äußersten Windungen ungewollte Quetschungen und Verformungen vermieden werden und auch die Außenseiten der äußersten Windungen durch die Basis- und/oder Deckelelemente definiert werden.

Es kann aber auch von Nutzen sein, wenn das Presselement wenigstens eines der folgenden Merkmale aufweist. Das Presselement umfasst einen vorzugsweise plattenförmigen Grundkörper. Dies dient der einfachen und kostengünstigen Gestaltung der Pressplatten. Das Presselement kann auch verschiedene austauschbare Distanzstücke umfassen, wobei jeweils wenigstens eines der Distanzstücke austauschbar mit dem Grundkörper koppelbar ist, wobei durch Austausch des Distanzstücks ein unterschiedlicher axialer Abstand zwischen benachbarten Presselementen einstellbar ist. Das Presselement ist vorzugsweise aus Kunststoff und/oder Metall hergestellt. Derartige Materialien sind kostengünstig verfügbar und leicht formbar. Zudem ist das Presselement vorzugsweise aus einem härteren Material als das Leitermaterial hergestellt. So ist das Presselement vorzugsweise auch hinreichend formbeständig, sodass sich bei Kontakt zwischen dem Presselement und den umzuformenden Windungen unter Einwirkung der Presskraft ausschließlich die Windungen verformen und nicht das Presselement. Dadurch ist dasselbe Presselement wiederverwendbar und in mehreren Pressvorgängen nutzbar. Durch die austauschbaren Distanzstücke kann der gewünschte Mindestabstand zwischen zwei Windungen bzw. die axiale Presshöhe der Windung variabel einstellbar definiert werden. Das Presselement kann auch dazu ausgebildet sein, um eine Verformung des Leiterquerschnitts wenigstens einer der Windungen entlang der Spulenachse und/oder quer zur Spulenachse zumindest abschnittsweise zu begrenzen. Somit kann ein Grad der Verformung des Leiterquerschnitts eines Windungsabschnitts definiert werden. Das Presselement kann auch eine Aufnahme für einen umzuformenden Windungsabschnitt umfassen, wobei die Aufnahme vorzugsweise rinnenförmig ausgebildet ist oder durch einzelne Führungselemente gebildet wird. Somit kann bei Aufbringung der Presskraft eine Verschiebung der Drahtlagen durch das Presselement vermieden werden und die Drahtlagen an einer vordefinierten Position gehalten werden. Das Presselement kann auch eine Form für einen umzuformenden Windungsabschnitt bilden, wobei die Form vorzugsweise der Negativform eines bestimmungsgemäß umgeformten Windungsabschnitts entspricht. Durch die Form kann die Außenform der umgeformten Drahtlagen eindeutig definiert werden und komplexere Formen können vorgegeben werden. Das Presselement kann zudem eine Aussparung umfassen, um einen Stufensprung als Übergang zwischen benachbarten Windungen zu gewährleisten. Somit können bereits geformte Spulen und deren Stufensprünge leicht umfasst werden, um während des Umformschritts keinen Einfluss auf die

bereits vorgegebene Geometrie der gesamten Spule zu nehmen. Außerdem kann das Presselement mindestens ein vorzugsweise austauschbares Führungselement umfassen, vorzugsweise einen Stift oder eine Nut, zur Bildung einer Form, um die umzuformende Windung gegen horizontale Verschiebung und Verkipfung zu sichern. Somit ist das Presselement während des Umformschritts gesichert und kann die Drahtlagen adäquat umformen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann dazu angewendet werden, um eine Spule für eine elektrische Maschine, vorzugsweise einen Hochleistungsmotor, Industriemotor oder Fahrzeugmotor herzustellen. Somit kann durch den erhöhten Nutfüllfaktor der umgeformten Spulen eine kompaktere Bauweise bzw. eine höhere Leistungsdichte der elektrischen Maschine erreicht werden.

Weitere bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich durch Kombinationen der Merkmale, die in der Beschreibung, den Ansprüchen und den Figuren offenbart sind.

Kurze Beschreibung der Figuren

Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Spule mit einer Mehrzahl an Windungen mit einem kreisförmigen Leiterquerschnitt.

Fig. 2A eine Längsansicht einer Anordnung aus einer Spule und Presselementen während eines Umformprozesses.

Fig. 2B eine Schnittansicht entlang der Schnittlinie A-A der Anordnung aus Fig. 2A in Querrichtung der Spule während eines Umformprozesses.

Fig. 3A eine Längsansicht einer Spule mit auf einem ersten Teilabschnitt der Spule angeordneten Presselementen vor dem Umformprozess.

Fig. 3B eine Schnittansicht in Querrichtung der Spule entlang der Schnittlinie A-A aus Fig. 3A vor dem Umformprozess.

Fig. 4A eine Längsansicht einer Spule mit auf einem ersten Teilabschnitt der Spule angeordneten Presselementen nach dem Umformprozess.

Fig. 4B eine Schnittansicht in Querrichtung der Spule entlang der Schnittlinie A-A aus Fig. 4A nach dem Umformprozess.

Fig. 5A eine Längsansicht einer Spule mit auf einem zweiten Teilabschnitt der Spule angeordneten Presselementen vor dem Umformprozess.

Fig. 5B eine Schnittansicht in Querrichtung der Spule entlang der Schnittlinie A-A aus Fig. 3A vor dem Umformprozess.

Fig. 6A eine Längsansicht einer Spule mit auf einem zweiten Teilabschnitt der Spule angeordneten Presselementen nach dem Umformprozess.

Fig. 6B eine Schnittansicht in Querrichtung der Spule entlang der Schnittlinie A-A aus Fig. 6A nach dem Umformprozess.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Spule 1, welche in Schritt A des erfindungsgemäßen Umformverfahrens bereitgestellt wird. Die Spule 1 umfasst eine Mehrzahl von aus Leitermaterial 2 gewundenen Windungen 3, die sich um eine Spulenachse S erstrecken. Das Leitermaterial 2 weist vorzugsweise einen runden Leiterquerschnitt 4 auf, kann aber auch vieleckig oder oval ausgeprägt sein. Die Windungen 3 sind punktsymmetrisch um die Spulenachse S gewunden und weisen eine rechteckförmige Grundfläche mit einer Längsseite L1 und einer Breitseite B1 auf. Die Windungen 3 können auch trapezförmig ausgebildet sein.

Fig. 1 zeigt auch ein Achsensystem aus einer X-Richtung, einer Y- Richtung und einer Z-Richtung. Hierbei zeigt die Längsseite der Spule L1 in die Y-Richtung, die Breitseite der Spule B1 in die X-Richtung und die Spulenachse S in die Z-Richtung. Die Windungen 3 verlaufen vorzugsweise abschnittsweise eben und parallel zueinander. Die Spule 1 weist pro Windung einen Stufensprung 6 auf. Mit Stufensprung 6 ist der Übergang von einer Windung 3 auf die nächsthöhere bzw. nächstniedrigere Windung 3 gemeint, welche die Spulenform erzeugen.

Die Spule 1, welche in Schritt A des erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellt wird, ist nicht auf die in Fig. 1 dargestellte Form begrenzt, sondern kann z.B. auch eine zylindrische, konische, trapezoidale oder pyramidale Form annehmen. Die Spule 1 kann insbesondere auch eine trapezförmige oder kreisförmige Grundfläche aufweisen. Entlang der Spulenachse S kann die Spule 1 kegelförmig oder pyramidal(-stumpfförmig) aufgebaut sein. Ebenso kann der Leiterquerschnitt 4 des Leitermaterials entlang einer Windung 3 nichtrunde und abschnittsweise unterschiedliche Querschnittsflächen aufweisen. In Fig. 1 befindet sich der Stufensprung 6 an einer der beiden Breitseite der Spule B1. Der Stufensprung 6 kann aber auch auf einer der Längsseite der Spule L1 oder in einer der Ecken der Windungen 3 angeordnet sein.

Bei Projektion auf eine senkrecht zur Spulenachse S ausgerichtete Ebene können sich Windungen 3 vollständig überdecken. Eine Windung 3, insbesondere die unterste und oberste Windung 3 kann sich von den weiteren Windungen unterscheiden.

In Schritt A des erfindungsgemäßen Verfahrens wird also zunächst die oben genannte Spule 1 aus einem Leitermaterial 2 mit einer Mehrzahl von um die Spulenachse S erstreckenden Windungen 3 bereitgestellt.

In Schritt B des erfindungsgemäßen Verfahrens wird sodann wenigstens ein Presselement 5 zwischen den Windungen 3 angeordnet.

Fig. 2A zeigt eine Längsansicht einer Anordnung aus der Spule 1 und Presselementen 5 nach Schritt B. Fig. 2A zeigt Presselemente 5, welche zwischen den Windungen 3 angeordnet sind. Als Presselemente 5 werden vorzugsweise Platten 5 verwendet. Je eine Platte 5 wird zwischen zwei benachbarten Windungen 3 angeordnet, vorzugsweise derart, dass alle Platten 5 parallel und senkrecht zur Spulenachse S ausgerichtet sind.

Die Presselemente 5 werden zwischen den vorzugsweise ebenen und parallel angeordneten Windungsabschnitten der Windungen 3 angeordnet und können in der X-Y-Ebene über zumindest eine Seite der Spule 1 herausragen. Jedes Presselement 5 umfasst vorzugsweise eine Aussparung (nicht dargestellt) auf, um einen Stufensprung 6 als Übergang zwischen benachbarten Windungen 3 aufzunehmen.

Jedes Presselement 5 kann verschiedene austauschbare Distanzstücke (nicht dargestellt) umfassen. Jeweils eines der Distanzstücke ist austauschbar mit dem Grundkörper 5a koppelbar. Durch Austausch des Distanzstücks kann ein unterschiedlicher axialer Mindestabstand zwischen benachbarten Presselementen 5 eingestellt werden. Jedes Presselement 5 ist ausgebildet, um eine Verformung des umzuformenden Leiterquerschnitts 4 der Windungen 3 entlang der Spulenachse S und quer zur Spulenachse S zu begrenzen. Dazu umfasst jedes Presselement 5 beispielsweise eine rinnenförmig Aufnahme für einen umzuformenden Windungsabschnitt. Alternativ dazu kann die Aufnahme durch einzelne ggf. austauschbare Führungselemente gebildet werden. Diese Aufnahme kann die umzuformende Windung 3 gegen horizontale Verschiebung und Verkipfung sichern und zugleich eine Negativform eines bestimmungsgemäß umgeformten Windungsabschnitts bilden. Dabei kann sowohl die Oberseite, als auch die Unterseite eines Presselements 3 mit einer Negativform ausgestattet sein. Die benötigten Presselemente 3 weisen einen einfachen und ggf. identischen Aufbau auf und sind damit kostengünstig. Auch eine Variation der Spulengeometrie der Spule 1 lässt sich durch die oben genannten Ausführungen ohne größeren Aufwand mit dem gleichen Presselement 5 umsetzen.

Das Umformverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet einen dritten Verfahrensschritt C des Umformens der Spule 1 durch Verpressen der Windungen 3 mit den zwischenliegenden Presselementen 5 entlang der Spulenachse S unter Veränderung des Leiterquerschnitts 4 der Windungen 3. Eine in Fig. 2A durch einen Pfeil dargestellte Kompressionskraft F zur Umformung wird vorzugsweise in Richtung parallel zur Spulenachse S von oben auf die Spule 1 jeweils auf die äußersten Windungen 3 aufgebracht. Bevorzugt werden zusätzlich zu den Presselementen 5 Basis- und/oder Deckelelemente 5a jeweils auf den äußersten Windungen 3 angeordnet. In dem in Fig. 2A gezeigten Beispiel wird lediglich eine Deckelplatte 5a verwendet und die Spule 1 an der Unterseite gegen einen Boden gepresst und daran umgeformt. Die Kompressionskraft F wird vorzugsweise durch eine Presse mit einem Gesenk aufgebracht, in der die Spule 1 umgeformt wird.

Fig. 2B zeigt eine Schnittansicht entlang der Schnittlinie A-A der Anordnung aus Fig. 2A in Querrichtung der Spule während eines Umformprozesses. Der Leiterquerschnitt 4 der Windungen 3 wird durch die Kompressionskraft F mithilfe der Presselemente 5 verändert und weist nach dem Umformungsprozess einen veränderten Leiterquerschnitt 4' auf. Hier hat der veränderte Leiterquerschnitt 4' einen nahezu rechteckigen (Racetrack-förmigen) Leiterquerschnitt 4'. Um eine vollständige Umformung der Drahtlagen zu erreichen, wird in Schritt C die Presskraft auf ein auf der äußersten Windung 3 angeordnetes Presselement 5 aufgebracht, wobei die Presskraft erhöht wird, bis die Presselemente 5 sich untereinander kontaktieren. Der Mindestabstand der Presselemente 5 kann vorab durch verschiedene austauschbare Distanzstücke (nicht dargestellt) eingestellt werden.

Durch die Umformung in Schritt C wird die Kontaktfläche jeder Windung 3 zu einem damit in Kontakt stehenden Presselement 5 vergrößert. Zugleich werden der Abstand zweier benachbarter Windungen 3 sowie der Abstand zweier benachbarter Presselemente 5 entlang der Spulenachse S verringert. Die Abmessung des Leiterquerschnitts 4 jeder Windung 3 entlang der Spulenachse S wird kleiner und die Abmessung des Leiterquerschnitts 4 jeder Windung 3 in einer senkrecht zur Spulenachse S ausgerichteten Ebene wird größer. Dabei kann die Querschnittsfläche der Windung 3 unverändert bleiben und ist vorzugsweise entlang der gesamten Spule 1 konstant.

Der Umformprozess kann einstufig oder mehrstufig erfolgen. Ein mehrstufiger Umformprozess wird nachstehend beschrieben.

Fig. 3A zeigt eine Längsansicht der Spule 1 mit in einem ersten Teilabschnitt L1a der Spule 1 angeordneten Presselementen 5 vor dem Umformprozess. Die Presselemente 5 erstrecken sich nur im ersten Teilabschnitt L1a, während der andere Teilabschnitt L1b der Spule 1 kein Presselement 5 aufweist. Fig. 3B zeigt eine Schnittansicht in Querrichtung der

Spule 1 entlang der Schnittlinie A-A aus Fig. 3A vor dem Umformprozess. In Fig. 3A und 3B ist erkennbar, dass sich die Presselemente 5 über die gesamte Breitseite B1, aber nur über etwa die halbe Längsseite L1 der Spule 1 erstrecken.

Fig. 4A zeigt eine Längsansicht der Spule 1 mit in einem ersten Teilabschnitt L1a der Spule 1 angeordneten Presselementen 5 nach der Umformung. Durch eine Presskraft F_a wird der runde Leiterquerschnitt 4 im ersten Teilabschnitt L1a umgeformt. Der Teilabschnitt L1a erstreckt sich auf der Längsseite der Spule L1 bis zur Spulenachse S, kann sich aber ebenfalls über einen kürzeren oder längeren Abschnitt erstrecken. Fig. 4B zeigt eine Schnittansicht in Querrichtung der Spule 1 entlang der Schnittlinie A-A aus Fig. 4A nach bzw. der Umformung. Hier ist der Leiterquerschnitt 4 in einen nahezu rechteckigen (Racetrack-förmigen) Leiterquerschnitt 4' umgeformt. Der verbleibende Abschnitt der Windungen 3 bleibt vorerst unverändert und behält den runden Leiterquerschnitt 4.

Analog zu Fig. 3A und 3B zeigen die Fig. 5A und 5B eine Längsansicht der Spule 1 mit in einem zweiten Teilabschnitt L1b der Spule 1 angeordneten Presselementen 5 vor der Umformung und eine Schnittansicht in Querrichtung der Spule 1 entlang der Schnittlinie A-A aus Fig. 5A. Die Presselemente 5 erstrecken sich nur über den zweiten Teilabschnitt L1b, während der Rest der Längsseite der Spule L1 nicht mit einem Presselement 5 beaufschlagt wird. Das Presselement 5 kann dabei, wie in Fig. 5A gezeigt ist, über den zweiten Teilabschnitt L1b hinweg erstrecken und teilweise in den bereits umgeformten ersten Teilabschnitt L1a hineinragen. In Fig. 5B ist erkennbar, dass sich die Presselemente 5 über die gesamte Breitenseite der Spule B1 erstrecken.

Analog zu Fig. 4A und 4B zeigen die Fig. 6A und 6B eine Längsansicht der Spule 1 mit in einem zweiten Teilabschnitt L1b der Spule 1 angeordneten Presselementen 5 nach der Umformung und eine Schnittansicht in Querrichtung der Spule 1 entlang der Schnittlinie A-A aus Fig. 6A. Durch eine Presskraft F_b wurde der runde Leiterquerschnitt 4 im ersten Teilabschnitt L1b umgeformt.

Die in den Fig. 3A bis 6B gezeigten Umformungsschritte der unterschiedlichen Windungsabschnitte L1a, L1b derselben Windungen 3 finden zeitlich versetzt statt, ggf. unter Verwendung von unterschiedlichen Presskräften und/oder Presselementen 5. In diesem mehrstufigen Umformprozess wird in Schritt C also zuerst ein erster Teilbereich der Spule 1 mit axial übereinanderliegenden Windungsabschnitten L1a umgeformt und nach zwischenzeitlicher Aufhebung der Presskraft sowie nach Austausch oder Verschiebung der Presselemente 5 ein zweiter Teilbereich der Spule 1 mit axial übereinanderliegenden Windungsabschnitten L1b umgeformt.

Die Aufteilung des Umformvorgangs auf die beiden Windungsabschnitte L1a, L1b der Spule 1 vermeidet eine unerwünschte Faltenbildung in der Mitte der Drahtlagen. Die Faltenbildung ist in der Längsdehnung des Drahtes begründet, welche zwangsläufig mit der gewünschten Verbreiterung verknüpft ist.

Das Verfahren zur Umformung der Spule 1 kann auch so gestaltet sein, dass die in Schritt C aufgebrachten Presskräfte durch unabhängig voneinander weggesteuerte Kompressionskräfte, vorzugsweise durch eine kraftverteilende Wippe oder unabhängig voneinander weggesteuerte Achsen aufgebracht werden und/oder eine Kompressionskraft jeweils auf die äußersten Windungen 3 aufgebracht wird. Dies ermöglicht ein zeitnahes aber unabhängig voneinander durchgeführtes Umformen der Windungsabschnitte. Zudem kann die Kompressionskraft abhängig von der Geometrie des jeweiligen Windungsbereichs angepasst werden. Ein Bereich, der beispielsweise Aussparungen für den Stufensprung 6 der Windungen 3 aufweist, benötigt weniger Kompressionskraft, da die Menge an Drahtlagen in diesem Bereich geringer ist. Außerdem kann die Umformung der Spule 1 auch so gestaltet sein, dass die in Schritt C aufgebrachten Presswege durch unabhängig voneinander weggesteuerte Kompressionsvorrichtungen unterschiedlich lang und frei einstellbar sein können. Da Spulen 1 auf verschiedenen Seiten unterschiedliche Anzahlen von Windungen aufweisen können, können somit durch die Aufteilung auch die resultierenden Umformwege frei gestaltet werden.

Das Verfahren zur Umformung der Spule 1 eignet sich für die Herstellung von Spulen 1 für jede Art von elektrischer Maschine, vorzugsweise Hochleistungsmotoren, Industriemotoren oder Fahrzeugmotoren. Durch die Umformung des Leiterquerschnitts 4 der Windungen 3 in der Spule 1 kann der Nutfüllfaktor erhöht werden und die Baugröße der elektrischen Maschine minimiert bzw. deren Leistungsdichte durch eine höhere Anzahl an Windungen maximiert werden.

Das Verfahren zur Umformung der Spule 1 kann durch eine Presse mit einem Gesenk durchgeführt werden. Hierbei können dem Umformungsschritt der Spule 1 weitere Herstellungsschritte vor- oder nachgeschaltet werden. Bereits bestehende Verfahren zur Wicklung der Spule 1 können beibehalten und damit vorhandene Prozessketten lediglich durch das vorliegende Verfahren erweitert werden.

Die Merkmale verschiedener Implementierungsausführungsformen können kombiniert werden, um weitere Ausführungsformen der Erfindung zu bilden.

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----|--|
| 1 | Spule |
| 2 | Leitermaterial |
| 3 | Windung |
| 4 | Leiterquerschnitt |
| 4' | veränderten Leiterquerschnitt |
| 5 | Presselement |
| 6 | Stufensprung |
| S | Spulenachse |
| L1 | Längsseite der Spule |
| L1a | Erster Teilabschnitt der Längsseite der Spule |
| L1b | Zweiter Teilabschnitt der Längsseite der Spule |
| B1 | Breitenseite der Spule |
| F | Kompressionskraft |

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Umformung einer elektrisch leitenden Spule (1), umfassend:

Schritt A: Bereitstellen einer Spule (1) aus einem Leitermaterial (2) mit einer Mehrzahl von sich um eine Spulenachse (S) erstreckenden Windungen (3).

Schritt B: Anordnen wenigstens eines Presselements (5) zwischen den Windungen (3).

Schritt C: Umformen der Spule (1) durch Aufbringen einer entlang der Spulenachse (S) wirkenden Presskraft, sodass die Presskraft von Windung (3) zu Windung (3) über das zwischenliegende Presselement (5) übertragen wird und der Leiterquerschnitt (4) der Windungen (3) infolge der Presskraft verändert wird.
2. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spule (1) in Schritt A aus Runddraht gewickelt wird, vorzugsweise in eine zylindrische konische, trapezoidale oder zylindrische Form.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Presselement (5) in Schritt B zwischen ebenen Windungsabschnitten (L1a, L1b) der Windungen (3) angeordnet wird, die sich vorzugsweise jeweils in einer senkrecht zur Spulenachse (S) ausgerichteten Ebene erstrecken, wobei sich bevorzugt jeder ebene Windungsabschnitt (L1a, L1b) bei Projektion auf eine senkrecht zur Spulenachse (S) ausgerichtete Ebene über mindestens 50%, bevorzugt mindestens 75% des Umfangs der jeweiligen Windung (3) erstreckt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in Schritt C die Presskraft auf ein auf der äußersten Windung (3) angeordnetes Presselement (5) aufgebracht wird, wobei vorzugsweise die Presskraft erhöht wird, bis die Presselemente (5) sich untereinander kontaktieren.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt C unterschiedliche Windungsabschnitte (L1a, L1b) derselben Windungen (3) zeitgleich oder zeitlich versetzt zueinander umgeformt werden, vorzugsweise unter Verwendung von unterschiedlichen Presskräften und/oder Presselementen (5).
6. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt C zuerst ein erster Teilbereich der Spule (1) mit axial übereinanderliegenden Windungsabschnitten (L1a) umgeformt wird und nach zwischenzeitlicher Aufhebung der Presskraft und ggf. nach Austausch der Presselemente (5) ein zweiter Teilbereich

der Spule (1) mit axial übereinanderliegenden Windungsabschnitten (L1b) umgeformt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt C eine Verformung des Leiterquerschnitts (4) entlang und/oder quer zur Spulenachse (S) durch das Presselement (5) begrenzt wird.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in Schritt C aufgebrachten Presskräfte durch unabhängig voneinander weggesteuerte Kompressionskräfte, vorzugsweise durch eine kraftverteilende Wippe oder unabhängig voneinander weggesteuerte Achsen aufgebracht werden und/oder eine Kompressionskraft jeweils auf die äußersten Windungen (3) aufgebracht wird, wobei bevorzugt zusätzlich zu den Presselementen (5) Basis- und/oder Deckelelemente (5c) jeweils auf den äußersten Windungen (3) angeordnet werden.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Presselement (5) wenigstens eines der folgenden Merkmale aufweist:
 - a. Das Presselement (5) umfasst einen vorzugsweise plattenförmigen Grundkörper (5a).
 - b. Das Presselement (5) umfasst verschiedene austauschbare Distanzstücke (5b), wobei jeweils wenigstens eines der Distanzstücke (5b) austauschbar mit dem Grundkörper (5a) koppelbar ist, wobei durch Austausch des Distanzstücks (5b) ein unterschiedlicher axialer Abstand zwischen benachbarten Presselementen (5) einstellbar ist.
 - c. Das Presselement (5) ist aus Kunststoff und/oder Metall hergestellt.
 - d. Das Presselement (5) besteht aus einem härteren Material als das Leitermaterial.
 - e. Das Presselement (5) ist ausgebildet, um eine Verformung des Leiterquerschnitts (4) wenigstens einer der Windungen (3) entlang der Spulenachse (S) und/oder quer zur Spulenachse (S) zumindest abschnittsweise zu begrenzen.
 - f. Das Presselement (5) umfasst eine Aufnahme für einen umzuformenden Windungsabschnitt, wobei die Aufnahme vorzugsweise rinnenförmig ausgebildet ist oder durch einzelne Führungselemente gebildet wird.

- g. Das Presselement (5) bildet eine Form für einen umzuformenden Windungsabschnitt, wobei die Form vorzugsweise der Negativform eines bestimmungsgemäß umgeformten Windungsabschnitts entspricht.
 - h. Das Presselement (5) umfasst eine Aussparung (7), um einen Stufensprung (8) als Übergang zwischen benachbarten Windungen (3) zu gewährleisten.
 - i. Das Presselement (5) umfasst mindestens ein vorzugsweise austauschbares Führungselement, vorzugsweise ein Stift oder eine Nut, zur Bildung einer Form, um die umzuformende Windung (3) gegen horizontale Verschiebung und Verkipfung zu sichern.
10. Elektrische Maschine, vorzugsweise Hochleistungsmotor, Industriemotor oder Fahrzeugmotor umfassend eine Spule (1), hergestellt gemäß dem Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche.

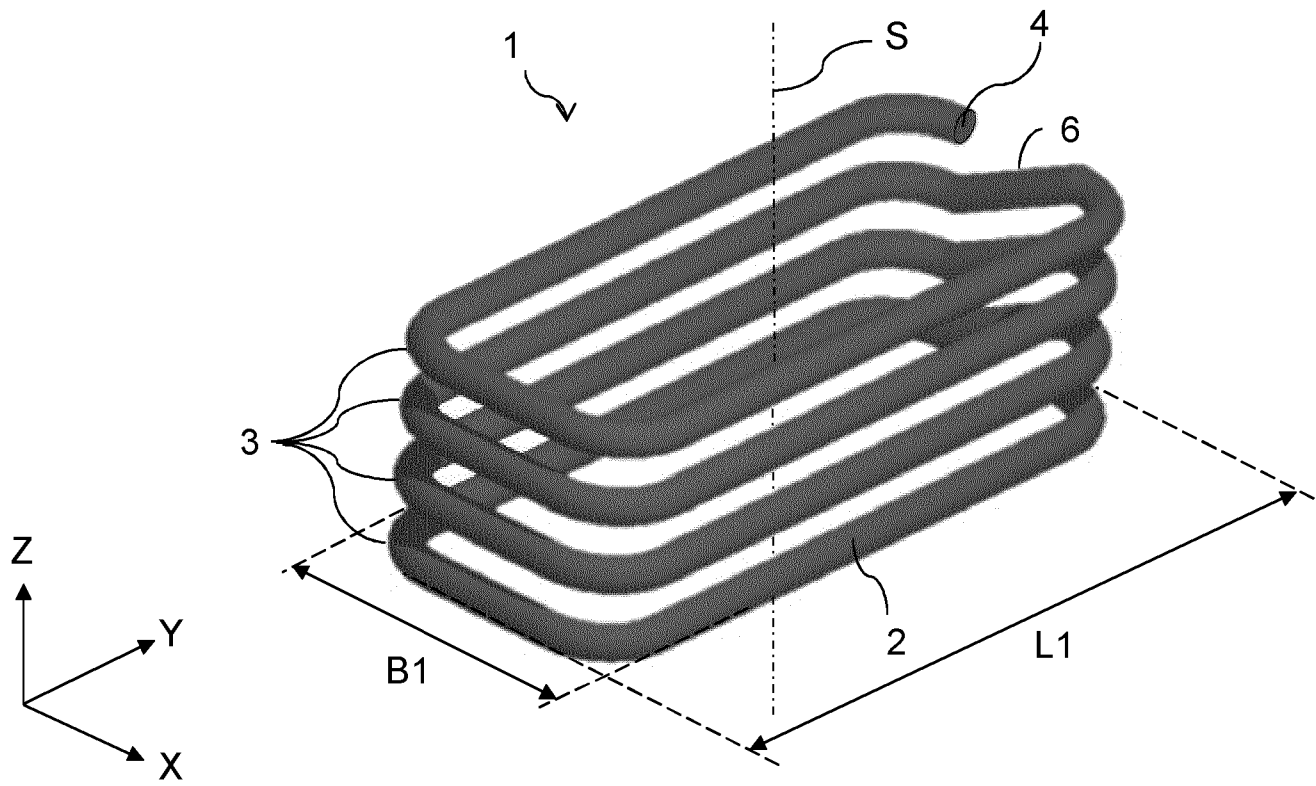


Fig. 1

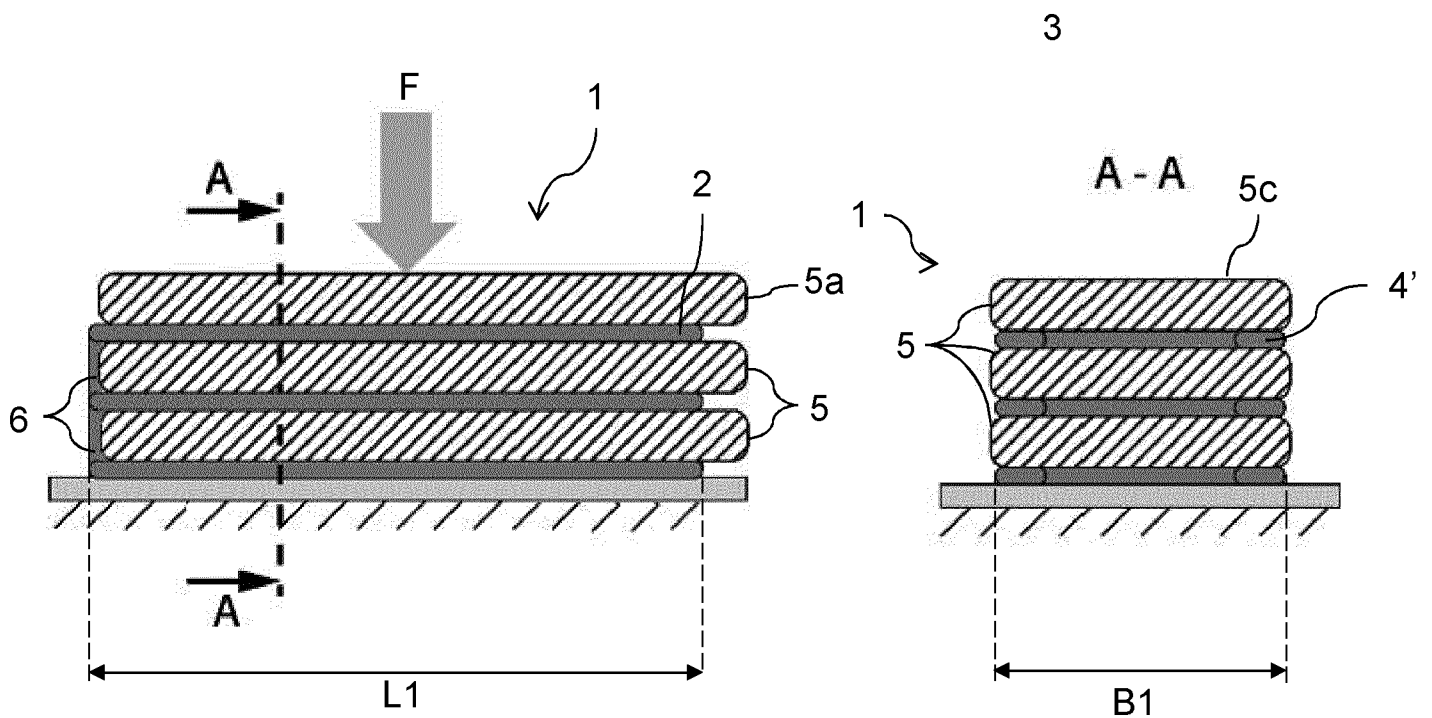


Fig. 2A

Fig. 2B

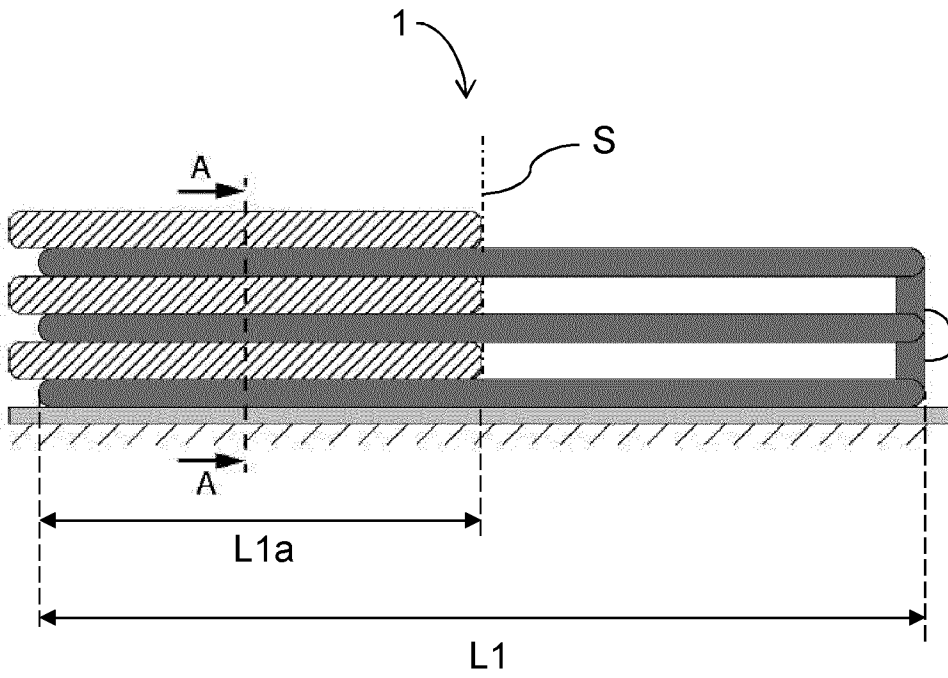


Fig. 3A

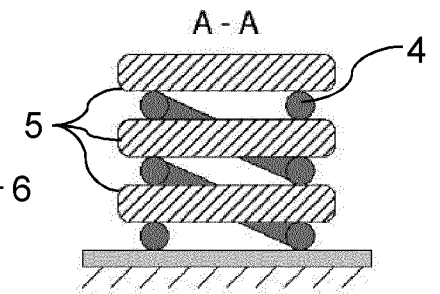


Fig. 3B

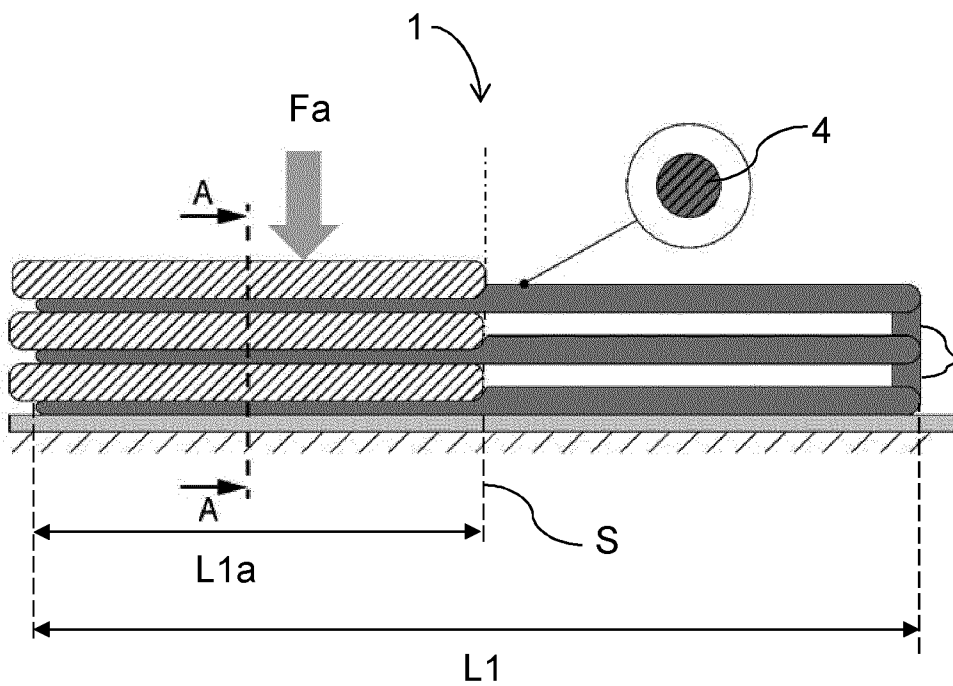


Fig. 4A

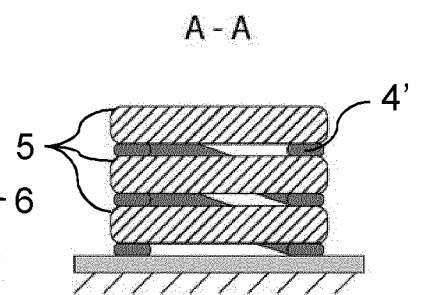


Fig. 4B

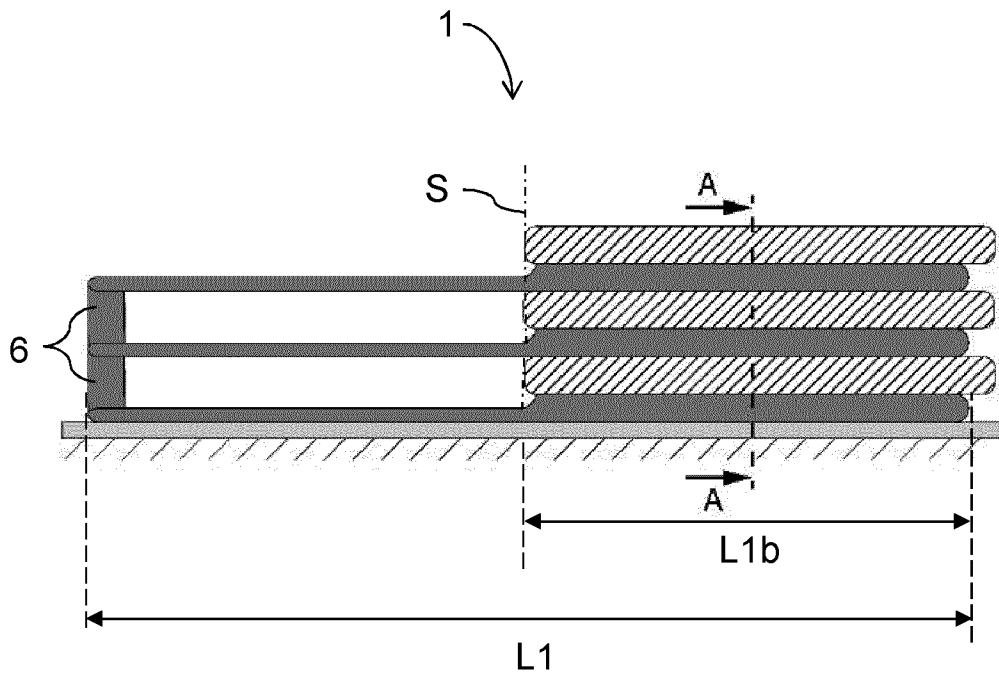


Fig. 5A

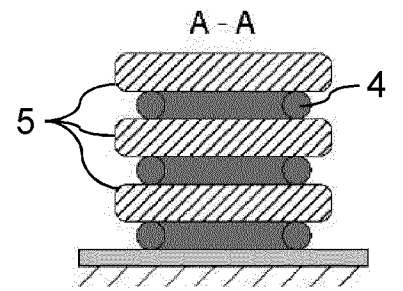


Fig. 5B

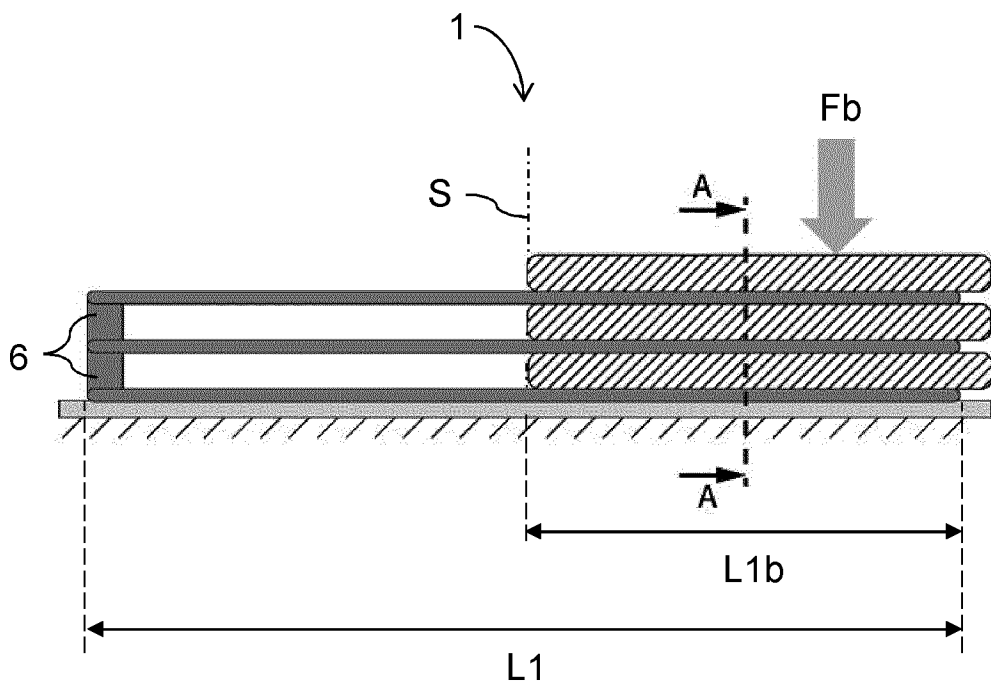


Fig. 6A

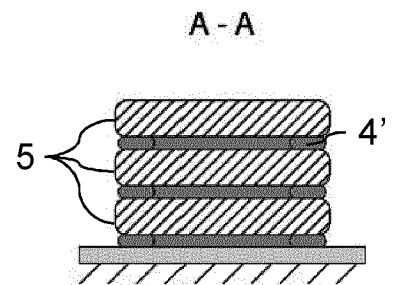


Fig. 6B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/069257

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01F 41/04(2006.01)i; H02K 15/04(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01F; H02K Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BACH MIRKO ET AL. "Integration of Forming Manufacturing Technology into the Component Production of Innovative Electric Motor Concepts" 2020 10TH INTERNATIONAL ELECTRIC DRIVES PRODUCTION CONFERENCE (EDPC), IEEE, 08 December 2020 (2020-12-08), pages 1-8 DOI: 10.1109/EDPC51184.2020.9388210 XP033892869 paragraph [0VII]; figures 12-17 Summary	1-10
X A	US 2005258704 A1 (OOHASHI ATSUSHI [JP] ET AL) 24 November 2005 (2005-11-24) paragraphs [0042] - [0045]; figures 3,4 paragraph [0001]	1-6,9,10 7
X A	US 2019333697 A1 (WERNER MARKUS [DE]) 31 October 2019 (2019-10-31) abstract; figures 1-9 paragraphs [0042] - [0050]; figures 10A, 10B paragraph [0002]	1-5,8-10 6,7
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 November 2022		Date of mailing of the international search report 25 November 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Reder, Michael Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/069257

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2005258704	A1	24 November 2005	CN	1669201	A	14 September 2005
				EP	1578002	A1	21 September 2005
				JP	WO2004062065	A1	18 May 2006
				KR	20050014919	A	07 February 2005
				US	2005258704	A1	24 November 2005
				WO	2004062065	A1	22 July 2004
US	2019333697	A1	31 October 2019	CN	110088861	A	02 August 2019
				EP	3542379	A2	25 September 2019
				US	2019333697	A1	31 October 2019
				WO	2018091718	A2	24 May 2018

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01F41/04 H02K15/04 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01F H02K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BACH MIRKO ET AL: "Integration of Forming Manufacturing Technology into the Component Production of Innovative Electric Motor Concepts", 2020 10TH INTERNATIONAL ELECTRIC DRIVES PRODUCTION CONFERENCE (EDPC), IEEE, 8. Dezember 2020 (2020-12-08), Seiten 1-8, XP033892869, DOI: 10.1109/EDPC51184.2020.9388210 [gefunden am 2021-03-26] Absatz [OVII]; Abbildungen 12-17 Zusammenfassung -----	1-10
X	US 2005/258704 A1 (OOHASHI ATSUSHI [JP] ET AL) 24. November 2005 (2005-11-24)	1-6, 9, 10
A	Absätze [0042] - [0045]; Abbildungen 3, 4 Absatz [0001] ----- -/--	7
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. November 2022		25/11/2022
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Reder, Michael

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2019/333697 A1 (WERNER MARKUS [DE])	1-5, 8-10
	31. Oktober 2019 (2019-10-31)	
A	Zusammenfassung; Abbildungen 1-9	6, 7
	Absätze [0042] - [0050]; Abbildungen 10A,	
	10B	
	Absatz [0002]	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/069257

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005258704 A1	24-11-2005	CN 1669201 A	14-09-2005
		EP 1578002 A1	21-09-2005
		JP WO2004062065 A1	18-05-2006
		KR 20050014919 A	07-02-2005
		US 2005258704 A1	24-11-2005
		WO 2004062065 A1	22-07-2004
US 2019333697 A1	31-10-2019	CN 110088861 A	02-08-2019
		EP 3542379 A2	25-09-2019
		US 2019333697 A1	31-10-2019
		WO 2018091718 A2	24-05-2018