

(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
07. November 2019 (07.11.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/210901 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/16 (2006.01) H02K 15/02 (2006.01)
H02K 1/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2019/100304

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. April 2019 (03.04.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 110 615.7
03. Mai 2018 (03.05.2018) DE

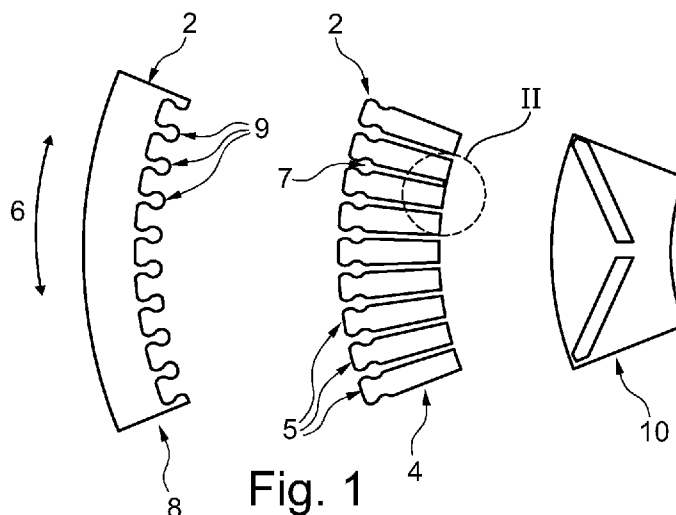
(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) **Erfinder:** **ANGRICK, Carsten**; Kniebisstr. 4, 77767 Appenweier (DE). **GRAMANN, Matthias**; Lilienweg, 77871 Renchen (DE). **OEHLER, Fabian**; Luisenstraße / 59, 68199 Mannheim (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** ELECTRICAL MACHINE COMPRISING A STATOR RING WHICH IS CONSTRUCTED FROM TOOTHED RIM SECTIONS WHICH ARE CONNECTED BY MEANS OF PLASTIC DEFORMATION SECTIONS, AND PRODUCTION METHOD FOR A STATOR

(54) **Bezeichnung:** ELEKTROMASCHINE MIT AUS ÜBER PLASTISCHE VERFORMUNGSABSCHNITTE VERBUNDENEN ZAHNKRANZABSCHNITTEN AUFGEBAUTEM STATORRING UND HERSTELLVERFAHREN FÜR EINEN STATOR



(57) **Abstract:** The invention relates to an electrical machine comprising a stator (1) which has a stator ring (2) which is designed for receiving one or more windings (3), wherein the stator ring (2) has a toothed rim (4) with toothed rim sections (5) which are subdivided in the circumferential direction (6) by slots (7) which are open to the outside, wherein the toothed rim sections (5) which are separate from one another are connected to one another by means of in each case one plastic deformation section. Furthermore, the invention also relates to a method for producing a stator (1), wherein toothed rim sections (5) which are separate from one another are punched out from a sheet metal blank without cutting in a partial manufacturing step and the toothed rim sections (5) are then connected to one another by means of one or more plastic deformation steps.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Elektromaschine mit einem Stator (1), der einen Statorring (2) zur Aufnahme von einer oder mehrerer Wicklungen (3) vorbereitet ist, wobei der Statorring (2) einen Zahnkranz (4) mit Zahnkranzabschnitten (5) aufweist, die in Umfangsrichtung (6) durch nach außen offene Nuten (7) unterteilt sind, wobei die voneinander separaten Zahnkranzabschnitte (5) über jeweils einen plastischen Verformungsabschnitt miteinander verbunden sind. Ferner betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zum

(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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Herstellen eine Stators (1), wobei in einem Teilfertigungsschritt aus einem Blechrohling voneinander separate Zahnkranzabschnitte (5) spanlos herausgestanzt werden und danach die Zahnkranzabschnitte (5) über einen oder mehrere plastische Verformungsschritte miteinander verbunden werden.

Elektromaschine mit aus über plastische Verformungsabschnitte verbundenen Zahnkranzabschnitten aufgebautem Statorring und Herstellverfahren für einen Stator

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektromaschine, wie einen Elektromotor oder einen Generator, beispielsweise einen Rotor als Innen- oder Außenläufer aufweisend, mit einem Stator, der einen Statorring zur Aufnahme von einer oder mehrerer Wicklungen, etwa nach Art einer Wickelmatte/Wicklungsmatte, vorbereitet ist, wobei der Statorring einen Zahnkranz mit Zahnkranzabschnitten/Zahnkranzsegmenten aufweist, die in Umfangsrichtung durch nach außen offene Nuten unterteilt sind. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Stators insbesondere für eine Elektromaschine.

Der Einsatz einer Wellenwicklung als Wicklungstechnologie bietet bei der Entwicklung von Hochleistungs-Elektromotoren Vorteile hinsichtlich der maximalen Performance im Vergleich zu einer konzentrierten Wicklung und Vorteile hinsichtlich der Anzahl an Schweißstellen und Skin- und Proximityeffekten im Vergleich zu einem Hairpin Design, also unter Umsetzung einer Hairpin Technologie.

Hierbei ist unter einem Skineffekt eine Widerstandserhöhung stromdurchflossener Leiter bei hohen Frequenzen zu verstehen, wobei der Skineffekt auf der Tatsache beruht, dass bei hohen Frequenzen die Stromdichte in einem Leiter nicht mehr konstant ist, da der Strom zur Oberfläche des Leiters hin verdrängt wird. Der Proximityeffekt bezeichnet den Anstieg des ohmschen Widerstands für Wechselstrom einer Wicklung gegenüber der Einzelwindung, wobei dieser zwischen von Wechselstrom durchflossenen eng benachbarten Leitern auftritt. Die Hairpin Technologie stellt eine Methode dar, bei der die einzelnen Segmente wie Haarnadeln aussehen und einzeln in die Nuten gesteckt werden, wobei hierbei ein höherer Kupferfüllfaktor und somit eine höhere Energieeffizienz erreicht werden kann, was wiederum zu einem geringeren Materialverbrauch führt.

Aktuelle Wellenwicklungs-Designs sind aufgrund der radialen Einführung der Drähte von Innen vor allem im Design der Nutöffnung am Zahn stark eingeschränkt. Dies führt zu erhöhtem Torqueripple, d.h. zu erhöhten Drehmomentschwankungen, und erhöhten Leistungsverlusten im Vergleich zu einem Design mit optimierter Nutöffnung.

5

Aus dem Stand der Technik sind bereits Statoren, insbesondere für Elektromotoren bekannt. Unter anderem offenbart die DE 1 488 682 A ein Verfahren zum Herstellen eines lamellierten Ständerblechpaketes für elektrische Maschinen, das aus einem inneren, mit nach außen offenen Nuten versehenen Zahnkranz und einem äußeren, auf die offenen Nuten aufgebrachten magnetischen Jochring besteht, wobei der Zahnkranz und Jochring durch wendelförmiges Hochkantwickeln je eines Blechstreifens gebildet sind.

10

Bekannte Verfahren bei der Fertigung solcher Elektromaschinen nutzen einen Komplettschnitt für den Stator um die Wickelmatte dann mehrlagig „einzuwickeln“. Durch die Notwendigkeit des Komplettschnittes ist dann konsequenterweise der nicht nutzbare Anteil des Blechrohrlings extrem hoch, da beispielsweise aus einer rechteckigen Blechrolle nur ein Kreisring heraus gestanzt wird. Eventuell kann bei einem Innenläufer dann der innere Kreis für die Erstellung des Rotors verwendet werden, wodurch der Anteil des nutzbaren Materials erhöht wird. Die Fertigung eines Außenläufers verhält sich entsprechend, nur dass hierbei der äußere Bereich für den Rotor genutzt wird.

15

20

Aus dem Stand der Technik ist ferner bekannt dass am Beispiel eines Innenläufers der Stator radial getrennt wird, so dass die Stabwellenwicklung radial von außen eingebracht wird. Dabei muss beim Einbringen der Wickelmatte der innere Teil des Stators stabil sein, beispielsweise auf einem drehbaren Dorn geführt sein. Dazu können Zahnkranzabschnitte, im Nachhinein auch als „Einzelzähne“ bezeichnet, in diesem Dorn in geeigneter Art befestigt sein. Gelingt dieses, so können diese Einzelzähne mit sehr wenig nicht nutzbaren Materialanteil aus der Blechrolle gestanzt werden.

25

30

Ferner ist eine weitere Methode aus dem Stand der Technik bekannt, die darin besteht, dass der Innenring aus in einem Stanzhub gefertigten Einzelzähnen besteht und jedes n-te Blech aus dem gleichen Werkzeug als Komplettschnitt die Einzelzähne verbindet. Nachteilig hierbei ist allerdings die nicht zufriedenstellende Ausnutzung des
5 Blechs/Materials.

Ein Nachteil des aktuellen Wellenwicklungs-Designs ist beispielsweise das Einbringen von Wickelmatten radial von Innen in einen Stator-Vollschnitt und das Fixieren mit Nutverschlusskeilen. Des Weiteren ermöglichen typenspezifische Werkzeuge und
10 Vorrichtungen ein ideales radiales Einbringen, so dass Beschädigungen des Drahtes im Zusammenbau vermieden werden können. Diese Werkzeuge müssen jedoch für jeden Typ neu hergestellt werden und bewirken somit besonders im zeitkritischen Aufbau von Mustern starke Einschränkungen. Hierbei entspricht die Nutöffnung des Stator-Vollschnitts für diesen Prozess mindestens der Drahtbreite.

Es ist also die Aufgabe der Erfindung, die Nachteile aus dem Stand der Technik zu beheben oder zumindest zu mildern, und insbesondere eine Stabwellenwicklung zur Verfügung zu stellen, bei welcher die Fertigung eines Motors mit dieser Stabwellenwicklung bezüglich der Ausnutzung des vorhandenen Materials erheblich verbessert
20 wird, um somit eine maximierte Nutenauslegung für Elektromaschinen mit automatisierten Stabwellenwicklungen zu erreichen, wobei die bisherigen Einschränkungen bezüglich des Designs der Nutöffnungen zumindest teilweise oder besser vollständig aufgehoben werden sollen, um den Produktionsprozess zu vereinfachen.

Die Aufgabe der Erfindung wird bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die voneinander separaten Zahnkranzabschnitte über jeweils einen plastischen Verformungsabschnitt miteinander verbunden sind. Das heißt, dass durch das Ausstanzen von einzelnen Zahnkranzabschnitten/Zahnkranzsegmenten weniger Materialverschnitt entsteht. Auch bei der Verbindung der einzelnen Zahnkranzabschnitte miteinander ist kein weiteres Material notwendig. Gleiches gilt für die Verbindung der einzeln vorliegenden Rotorabschnitte/Rotorsegmente miteinander oder als Verbindung zum Rotorträger.
30

In anderen Worten, hat der innere Teil des Stators eine oder mehrere Verbindungsstellen, die dann die einzelnen Zahnkranzabschnitte nach dem Verformungsabschnitt, ebenfalls wie beim äußeren Teil, überlappend wie beispielsweise eine Mauer, als ein
5 Teil zusammenhält bzw. zusammenhalten. Man könnte auch sagen, dass man viele unterschiedliche Herstellverfahren sinnvoll einsetzen kann, bei der jedes einzelne Verfahren die gewünschte Funktion erfüllt aber auch in Kombination möglich ist. Die Verbindung der Zähne des inneren Teils des Stators kann zielgerichtet über eine formschlüssige Pressverbindung erreicht werden.

10

Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beansprucht und werden nachfolgend näher erläutert.

15

In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, wenn der plastische Verformungsabschnitt auf der radialen Innenseite des Zahnkranzes vorhanden ist und/oder den Nutgrund stellt. Dadurch ist ein stabiler und geschlossener Innenring ausgebildet, der eine weitere Verarbeitung ermöglicht, wobei der Ring die einzelnen Zahnkranzabschnitte miteinander verbindet und gleichzeitig das Ende einer Nutöffnung, das heißt den Nutgrund, bildet. Außerdem ermöglicht eine derartige Anordnung, Öffnungen der
20 ausgestanzten Nuten radial nach Außen zeigen zu lassen. Durch die geschlossenen Nuten kann weiter der Torqueripple und die Leistungsverluste reduziert werden.

20

Auch ist es bevorzugt, wenn auf der radialen Innenseite des Zahnkranzes aus dem Material der Zahnkranzabschnitte ein in Umfangsrichtung durchgehendes Elektroblech geschaffen ist. Durch die Verwendung eines solchen Elektroblechs ist es möglich, den inneren Teil des Statorrings stabil und geschlossen auszubilden. Des Weiteren wird ermöglicht, dass ein solches Blech aus einer oder mehreren Schichten/Lagen ausgebildet sein kann. Somit kann bezüglich der Dicke des Elektroblechs auf einfache Weise eine typenspezifische Anpassung vorgenommen werden. In anderen Worten realisiert eine stoffschlüssige Verbindung, dass das Elektroblech „durchgehend“ ausgebildet ist. Ein magnetischer Kurzschluss kann ab einer bestimmten
30

Dünne des Elektroblechs vermieden werden, da sich dieses bei dieser bestimmten Dünne in Sättigung befindet und somit weist das Elektroblech ein Verhalten gemäß einer Luftschicht auf.

- 5 Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn ein vom Zahnkranz separater Jochkranz den Zahnkranz zu dem Statorring vervollständigt. Durch einen derart geänderten Aufbau des Statorrings, kann durch die Teilung von Jochkranz und Zahnkranz eine Wellenwicklung radial von außen eingebracht werden.
- 10 Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn zwischen dem radial außen angeordneten Jochkranz und dem dazu innerhalb angeordneten Zahnkranz ein Formschluss und/oder Kraftschluss vorhanden ist. Somit entspricht eine Anzahl der Nuten einer Anzahl an radial nach innen vorstehenden Kompressionsvorsprüngen. Auf diese Weise ist es möglich, beim Aufsetzen des Jochkranzes auf den Statorring durch Presskraft mit Hilfe der Kompressionsvorsprünge eine höhere Dichte innerhalb der Nuten zu erreichen. Anders ausgedrückt, ergibt sich durch das zusätzliche radiale Pressen ein besserer Nutfüllfaktor und damit eine höhere Performance. Des Weiteren sind keine Nutverschlusskeile notwendig, da die Fixierung des Drahtes sichergestellt ist.
- 15
- 20 Es ist bevorzugt, wenn die nach Außen offene Nut in einem Bereich ihrer Öffnung eine Einführphase besitzt. Die Einführphase einer jeden Nut dient zum einen zur Führung der in die Nutöffnungen einzuführenden Wicklungen/Drähte, zum anderen bietet diese Schutz für diese Wicklungen und/oder Drähte.
- 25 Zweckmäßigerweise sind die Kompressionsvorsprünge auf die Form der Einführphasen angepasst. Somit können diese Kompressionsvorsprünge eine optimale Presskraft auf die in der Nut angeordneten Wicklungen/Drähte ausüben, wodurch diese radial verdichtet werden und somit ein verbesserter Wärmekontakt zwischen den Zahnkranzabschnitten und den Wicklungen/Drähten erreicht wird. Anders ausgedrückt, besteht eine bessere thermische Anbindung, wodurch eine höhere Dauerleistung möglich ist. Dies hat weiter zur Folge, dass der Nutfüllfaktor erhöht werden kann. In ande-
- 30

ren Worten heißt das, dass die die Einführphasen den Vorgang des Einführens der Wicklungen/Drähte unterstützt und eine Beschädigung des Drahtes durch die an den Öffnungen des Zahnkranzes vorgesehenen Einführphasen bestmöglich ausschließt.

- 5 Auch ist es von Vorteil, wenn die Nuten durch Zahnflanken je eines Zahnkranzabschnittes definiert sind, wobei die Zahnflanken einer Nut nach radial innerhalb schräg aufeinander zu laufen. Das heißt, dass die Zahnflanken in der Nut einen konischen Verlauf aufweisen, durch welchen die in die Nuten eingeführten Wicklungen/Drähte wiederum radial verdichtet werden.

10

Es ist weiter bevorzugt, wenn der Statorring mit einer oder mehrerer Wickelmatten in den Nuten zum Stator ergänzt ist. Dadurch können die Wickelmatten in einem separaten Herstellungsprozess erzeugt werden, und schließlich in jeweils eine Nut eingeführt werden, wodurch das Fertigen des Statorrings deutlich vereinfacht wird.

15

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Stators insbesondere für eine Elektromaschine gemäß einem der vorhergehenden Aspekte.

- Es ist vorteilhaft, wenn in einem Teilfertigungsschritt aus einem Blechrohling vonei-
20 nander separate Zahnkranzabschnitte spanlos herausgestanzt werden und danach die Zahnkranzabschnitte über einen oder mehrere plastische Verformungsschritte miteinander verbunden werden. Dazu wird der äußere Teil des Stators als separates Bauteil aus Einzelbogenblechen wie eine Mauer aufgebaut, das heißt, über die erste Schicht Blechlage oder auch Blechpaket (mehrere Bleche paketierte) wird die nächste
25 Schicht (Einzelblech oder Blechpaket) die die Fuge überbrückt und somit die Zahnkranzabschnitte verbindet, „aufgeschichtet“ / hinzugefügt. Das kann durch Stanzpaketierungsnocken oder auch Kleben oder Schweißen erfolgen.

- In anderen Worten, werden die einzelnen Zahnkranzabschnitte aus einem Blechroh-
30 ling gestanzt und anschließend segmentweise miteinander verbunden. Eine derartige Verbindung wird durch Vercrimpen/Bördeln der einzelnen Zahnkranzabschnitte mitei-

nander erreicht. Hierbei wird das Segment, welches aus mehreren Zahnkranzabschnitten bestehen kann, verdreht und erneut gestanzt. Vorteilhafterweise wird das Segment nicht um ein ganzes Segment verdreht, um bei der Vercrimpung eine versetzte Anordnung der entstehenden Elektrobleche zu erreichen, beispielsweise entsprechend dem Mauerbau um ein halbes Segment. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis eine typenspezifisch passende Dicke erreicht ist. Ein versetztes Verdrehen bietet zudem mehr Stabilität. Da beim Vercrimpen Material aus dem Zahnkranzabschnitt verwendet wird, ist kein zusätzliches Material zu verwenden.

- 5
10
15
- Im Weiteren wird durch das Stanzen jeweils der äußere Teil des Stators, der innere Teil des Stators sowie der Rotor als eine ringförmige Baugruppe, durch die beschriebenen Verbindungsarten geschaffen. Der Stator wird durch das überlappende Aufsetzen der Bleche oder Blechpakete verbunden. Im Falle des Rotors wird ein Formschluss eingesetzt. Eine weitere Möglichkeit ist, den Rotor durch einzelne Segmente aufzubauen, die so paketiert werden, dass sie den gesamten Rotor zusammenstellen.

- Somit kann bei dieser Methode der nicht verwendbare Teil des Bleches minimiert werden. Bekannte Fertigungsschritte werden hierbei zu einer Gesamtfertigung von Jochkranz, Zahnkranz und/oder Rotor vereint. Man kann also bekannte Fertigungsschritte mit den erfindungsgemäßen Fertigungsschritten kombinieren. Die Gesamtfertigung (d.h. Fertigungskombination) besteht zum einen aus dem Verdrehen des Blechpaketes vor dem neuen „Aufstanzen“ (d.h. Schaffen von plastischen Verbindungsabschnitten / -bereichen) der nächsten Lage. Das Verdrehen wird beispielsweise schon angewendet, um auch Bleche im Stapel verarbeiten zu können, die aus Randzonen der Blechrolle erstellt sind. Die Randzonen können teilweise verschiedene Blechstärken aufweisen. Dadurch, dass verschiedene Blechstärken verwendbar sind, kann sich beim „nicht-Verdrehen“ ein „schiefer Turm“ ergeben. Durch das Verdrehen wird dieser Effekt ausgeglichen.
- 20
25

- 30
- Zum anderen wird der Formschluss wie bei einem Puzzle verwendet, der einzelne Zähne oder Bereiche mit anderen verbindet. Durch die vorgestellte Gesamtfertigung / Fertigungskombination kann die Anzahl an Prozessschritten reduziert werden. Somit

kann die Gesamtfertigung / Fertigungskombination folgende Schritte umfassen:

- Stanzhub äußerer Bereich Stator/Jochkranz- Weiterdrehen äußerer Teil Stator/Jochkranz- Stanzhub innerer Teil Stator/Zahnkranz

- Weiterdrehen innerer Teil Stator/Zahnkranz

5 - Stanzhub Rotor

- Weiterdrehen Rotor

Die Reihenfolge kann sinngemäß getauscht werden, solange der Drehpunkt so angeordnet ist, dass im Layout des Bleches minimaler Abfall erzeugt wird. Des Weiteren

10 muss nicht nach jedem Stanzhub weiter gedreht werden, sondern es können wie oben beschriebene Blechpakete erzeugt werden, bevor weiter gedreht wird. Um zumindest eine erste Schicht des Elektroblechs erzeugen zu können, sollten die Zahnkranzabschnitte gehalten werden. Dies wird beispielsweise mit magnetischen Mittel bewirkt, oder durch Kleben einer Folie, die abgezogen wird, oder durch den Einsatz von Unterdruck erreicht. Es sind verschiedene Varianten möglich, wobei der Blechvorschub

15 sowie die Lage der Drehpunkte aufeinander synchronisiert sein sollten.

Es ist ferner bevorzugt, wenn direkt nach einem Wicklungsherstellungsschritt die Wicklungen in Nuten zwischen den Zahnkranzabschnitten eingebracht werden. Hierbei

20 bei ist der Wicklungsherstellungsschritt ein zu den Fertigungsschritten des Stators separater Schritt, so dass der Prozess hinsichtlich der zeitkritischen Werkzeugherstellung im Musterbau und der Anzahl an Prozessschritten optimiert werden kann. Es kann nämlich die Wickelmatte direkt aus der Wickelvorrichtung in den nach Außen offenen Zahnkranz eingebracht werden.

25

Die Erfindung wird nachfolgend mit Hilfe einer Zeichnung erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine graphische Explosionsdarstellung eines Ausschnitts eines Statorrings und eines Rotors;

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung des Details II aus Fig. 1 im Bereich eines Elektrobleches zwischen zwei Zahnkranzabschnitten;

Fig. 3 eine graphische Darstellung eines Ausschnitts eines Statorrings und eines Rotors;

5 Fig. 4 ein Verfahren zum Herstellen der Verbindungsstellen zwischen einzelnen Segmenten, und

Fig. 5 vier Schritte des Fertigungsprozesses des Stators.

Die Figuren sind lediglich schematischer Natur und dienen ausschließlich dem Verständnis der Erfindung. Die gleichen Elemente sind mit denselben Bezugszeichen
10 versehen.

Fig. 1 zeigt eine Explosionsdarstellung eines Stators 1 mit einem Statorring 2 zur Aufnahme von einer oder mehreren Wicklungen 3 (siehe Fig. 5) vorbereitet ist. Der
15 Statorring 2 weist einen Zahnkranz 4 mit Zahnkranzabschnitten 5 auf, die in Umfangsrichtung 6 durch nach radial außen offene Nuten 7 unterteilt sind. Der Zahnkranz 4 zeigt separate Zahnkranzabschnitte 5, welche unabhängig voneinander dargestellt sind.

20 Der Zahnkranz 4 bildet zusammen mit dem Jochkranz 8 den Statorring 2. Der Jochkranz 2 weist Kompressionsvorsprünge 9 auf, welche in einer zu den Nuten 7 passenden Form des Zahnkranzes 4 ausgebildet sind, um diese aufzunehmen. Radial innerhalb des Statorrings 2 befindet sich der Rotor 10, welcher sich in dem Stator 1 dreht. Es ist also ein Ausschnitt des Statorrings 2 und des Rotors 10 in Fig. 1 dargestellt.
25

Fig. 2 ist eine vergrößerte Darstellung des in Fig. 1 als Detail II markierten Abschnittes und zeigt ein Elektroblech 11 zwischen zwei Zahnkranzabschnitten 5. Dieses Elektroblech 11 stellt somit die plastischen Verbindungsabschnitte und verbindet die jeweils
30 einzelnen Zahnkranzabschnitte 5 durch Crimpen miteinander. Zum besseren Ver-

ständnis sind die im Elektroblech 11 enthaltenen plastischen Verbindungsabschnitte mit dem Bezugszeichen 17 versehen.

Durch diese Elektrobleche 11 wird ein durchgehender, geschlossener Ring radial innerhalb des Statorrings 2 gebildet, um Stabilität zu bieten und eine Weiterverarbeitung zu ermöglichen. Die Elektrobleche 11 können unterschiedliche Anzahl an Schichten und somit Dicken aufweisen.

Fig. 3 ist eine Darstellung eines Ausschnitts eines Statorrings 2 und eines Rotors 10. Der Rotor 10 ist radial innerhalb des Statorrings 2 angeordnet. Radial außerhalb des Rotors 10 ist der Zahnkranz 4 gezeigt, welcher den Rotor 10 umgibt. An radial äußerster Stelle des Stators 1 befindet sich der Jochkranz 8, dessen Kompressionsvorsprünge 9 formschlüssig an den Nutöffnungen 7 anliegen.

Fig. 4 zeigt ein Verfahren zum Herstellen der Verbindungsstellen von einzelnen Segmenten. Der Jochkranz 8, der Zahnkranz 4 und der Rotor 10 sind in Fig. 4 in mehreren verschiedenen Segmenten dargestellt, welche in Umfangsrichtung 6 angeordnet sind und einen Ring bilden. Die Segmente weisen jeweils die gleiche Größe auf. Links in der Figur 4 ist der noch auszustanzende Bereich 12 dargestellt. Bereits ausgestanzte Bereiche 13 werden segmentweise sowohl für den Jochkranz 8 als auch den Zahnkranz 4 und den Rotor 10 besonders betont dargestellt. Um die jeweils einzelnen Segmente, oder auch die einzelnen Zahnkranzabschnitte 5 miteinander zu verbinden, wird der gesamte Ring in Richtung des Pfeils 14 verdreht und schließlich eine zusätzlich Schicht eines Elektroblechs 11 (siehe Fig. 2 und 5) in die Nuten 7 gestanzt. Zurückkommend auf Fig. 4 ist zu erkennen, dass die Verdrehung auch weniger als ein ganzes Segment sein kann.

Fig. 5 gibt die Schritte des Fertigungsprozesses des Stators 1 wieder. In der ersten Abbildung von links der insgesamt vier Abbildungen aus Fig. 5 ist nur der Statorkranz 4 abgebildet. Diese Abbildung zeigt die Zahnkranzabschnitte 5, sowie die jeweils dazwischenliegenden Nuten 7. Am jeweiligen Nutgrund sind die Elektrobleche 11 mit den durch sie gestellten plastischen Verbindungsabschnitten dargestellt, welche einen

inneren geschlossenen Ring bilden und die einzelnen Zahnkranzabschnitte 5 zusammenhalten.

Am radial äußeren Ende einer jeden Nut 7 ist der anliegende Zahnkranzabschnitt 5 stärker abgeschrägt. Diese Abschrägungen bilden die Einführphasen 15, welche sowohl zum Führen als auch zum Schutz des Drahtes vorgesehen sind.

Die zweite Abbildung der Fig. 5 von links stellt einen nachfolgenden Fertigungsprozessschritt dar. In die dafür vorgesehenen Nuten 7 werden Wickelmatten 16 eingelegt/eingeführt, welche die einzelnen Wicklungen 3 beinhalten. Die Wickelmatten 16 werden in einem separaten Herstellungsprozess gefertigt, welcher parallel zu den übrigen Fertigungsprozessschritten durchgeführt wird, und können somit ohne einen weiteren zeitintensiven Zwischenfertigungsprozessschritt direkt verwendet werden. Durch die vorstehend beschriebenen Einführphasen 15 an den radial äußeren Enden der Zahnkranzabschnitte 5 können die vorgefertigten Wickelmatten 16 in die Nuten 7 unbeschadet eingeführt werden. Zusätzlich werden die Wickelmatten 16 durch den konischen Verlauf der Nut 7 verdichtet.

Die dritte Abbildung von links der Fig. 5 zeigt in einem letzten Fertigungsprozessschritt das Aufsetzen des Jochkranzes 8 auf den Zahnkranz 4, wobei die Kompressionsvorsprünge 9 passgenau in die Einführphasen 15 des Zahnkranzes 4 eingelegt werden und die Wickelmatten 16 durch Aufpressen weiter verdichtet werden.

Die vierte Abbildung von links der Fig. 5 stellt den fertiggestellten Stator 1 dar, welcher aus dem Zahnkranz 4 mit den Zahnkranzabschnitten 5, den eingesetzten Wickelmatten 16 und dem Jochkranz 8 besteht.

Bezugszeichenliste

- 1 Stator
- 2 Statorring
- 3 Wicklung
- 4 Zahnkranz
- 5 Zahnkranzabschnitt
- 6 Umfangsrichtung
- 7 Nut
- 8 Jochkranz
- 9 Kompressionsvorsprünge
- 10 Rotor
- 11 Elektroblech
- 12 Auszustanzender Bereich
- 13 Ausgestanzter Bereich
- 14 Pfeil
- 15 Einführphase
- 16 Wickelmatte
- 17 Plastischer Verformungsabschnitt

Patentansprüche

- 5 1. Elektromaschine mit einem Stator (1), der einen Statorring (2) zur Aufnahme von einer oder mehrerer Wicklungen (3) vorbereitet ist, wobei der Statorring (2) einen Zahnkranz (4) mit Zahnkranzabschnitten (5) aufweist, die in Umfangsrichtung (6) durch nach außen offene Nuten (7) unterteilt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die voneinander separaten Zahnkranzabschnitte (5) über jeweils einen plastischen Verformungsabschnitt (17) miteinander verbunden
- 10 sind.
2. Elektromaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der plastische Verformungsabschnitt (17) auf der radialen Innenseite des Zahnkranzes (4) vorhanden ist und/oder den Nutgrund stellt.
- 15 3. Elektromaschine gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf der radialen Innenseite des Zahnkranzes (4) aus dem Material der Zahnkranzabschnitte (5) ein in Umfangsrichtung (6) durchgehendes Elektroblech (11) geschaffen ist.
- 20 4. Elektromaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein vom Zahnkranz (4) separater Jochkranz (8) den Zahnkranz (4) zu dem Statorring (2) vervollständigt.
- 25 5. Elektromaschine gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem radial außen angeordneten Jochkranz (8) und dem dazu innerhalb angeordneten Zahnkranz (4) ein Formschluss und/oder Kraftschluss vorhanden ist.
- 30 6. Elektromaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die nach außen offene Nut (7) in einem Bereich ihrer Öffnung eine Einführphase (15) besitzt.

- 5 7. Elektromaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (7) durch Zahnflanken je eines Zahnkranzabschnittes (5) definiert sind, wobei die Zahnflanken einer Nut (7) nach radial innen schräg aufeinander zu laufen.
- 10 8. Elektromaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Statorring (2) mit einer oder mehreren Wickelmatten (16) in den Nuten (7) zum Stator (1) ergänzt ist.
- 15 9. Verfahren zum Herstellen eines Stators (1) insbesondere für eine Elektromaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in einem Teilfertigungsschritt aus einem Blechrohling voneinander separate Zahnkranzabschnitte (5) spanlos herausgestanzt werden und danach die Zahnkranzabschnitte (5) über einen oder mehrere plastische Verformungsschritte miteinander verbunden werden.
- 20 10. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei direkt nach einem Wicklungsherstellungsschritt die Wicklungen (3) in Nuten (7) zwischen den Zahnkranzabschnitten (5) eingebracht werden.

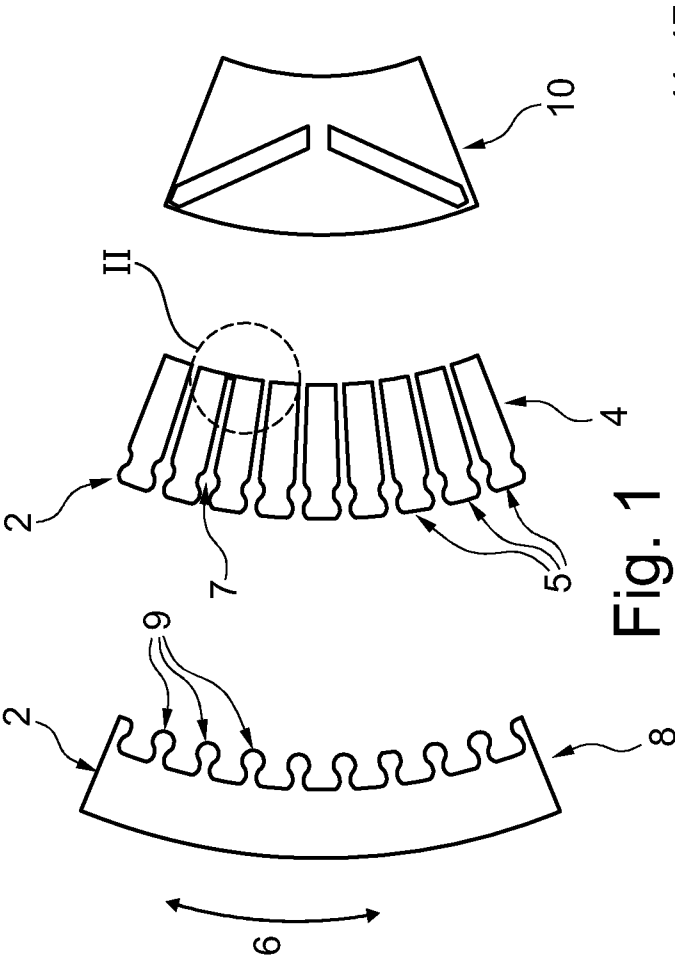


Fig. 1

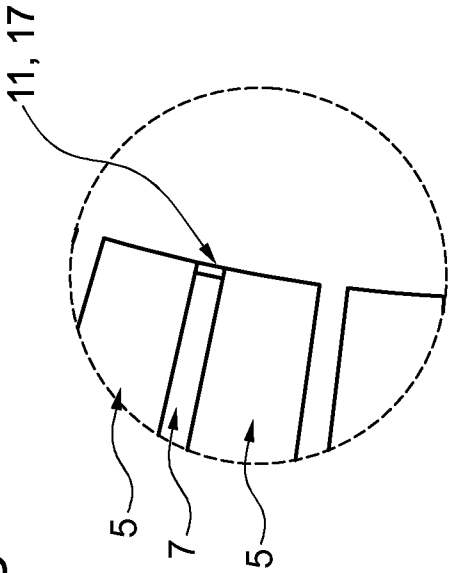


Fig. 2

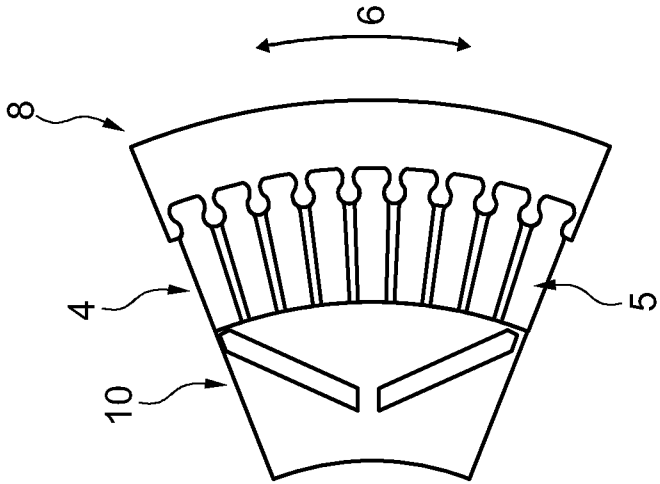
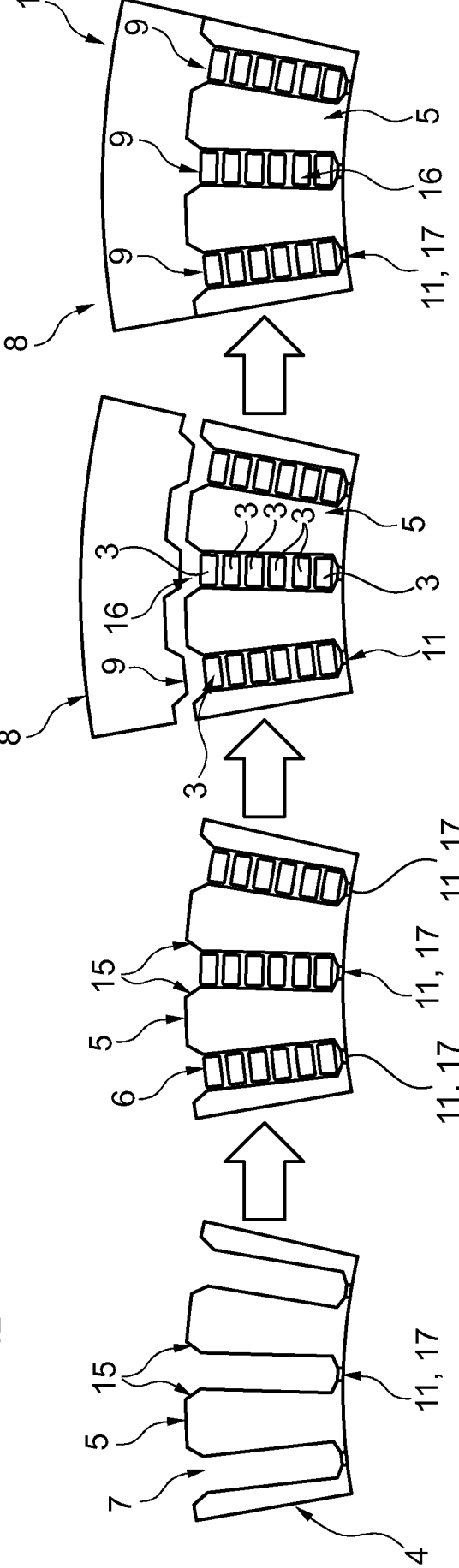
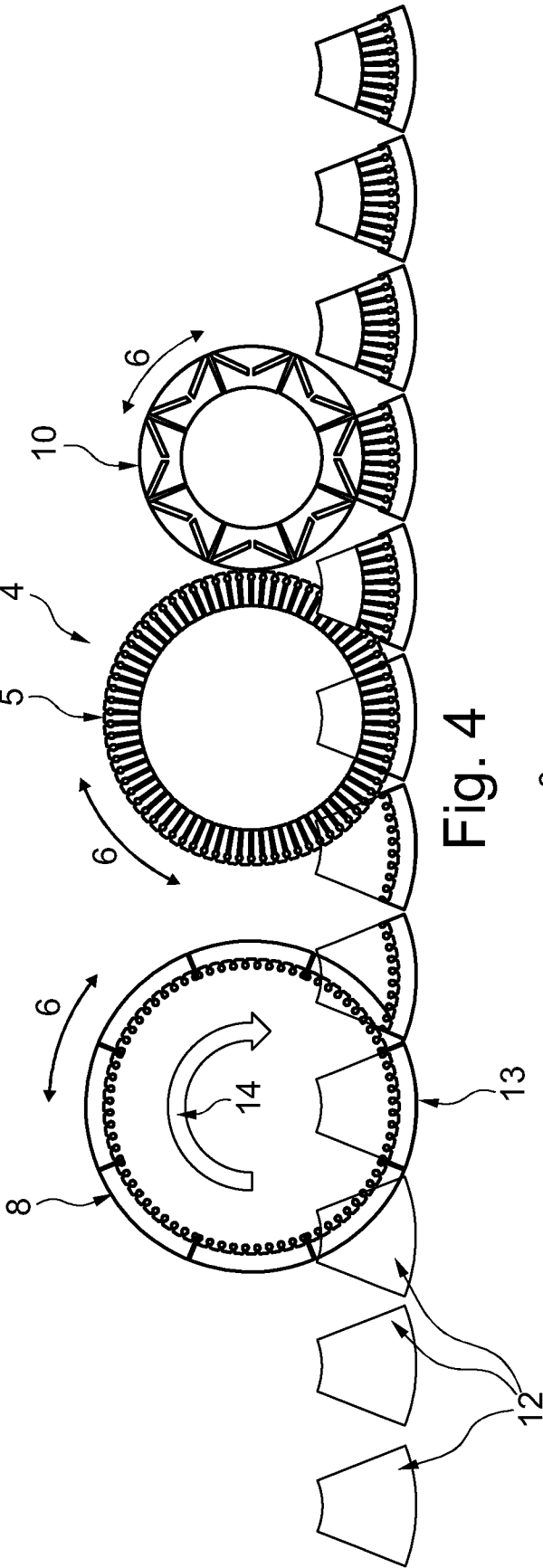


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2019/100304

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 1/16**(2006.01)i; **H02K 1/18**(2006.01)i; **H02K 15/02**(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)

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	JP 2017070015 A (AISIN AW CO; HAYASHI KOGYOSHO:KK) 06 April 2017 (2017-04-06) abstract; figures 1-20 paragraphs [0013] - [0035]	1-10
X	US 2012007463 A1 (TANIGUCHI MAKOTO [JP] ET AL) 12 January 2012 (2012-01-12) abstract; figures 1-11 paragraphs [0035] - [0044]	1-10
X	EP 3026791 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 01 June 2016 (2016-06-01) paragraphs [0011] - [0025]; figures 1-5, 9-17	1-10
X	DE 19951179 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 26 April 2001 (2001-04-26) abstract; figures 1-11 paragraphs [0020], [0021]	1-10
X	US 2011101816 A1 (KONDOU KEIJI [JP] ET AL) 05 May 2011 (2011-05-05) abstract; figures 1-15 paragraphs [0027] - [0029]	1-10



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 May 2019

Date of mailing of the international search report

16 May 2019

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

Ganchev, Martin

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2019/100304

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3827141 A (HALLERBACK S) 06 August 1974 (1974-08-06) abstract; figure 12	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2019/100304

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2017070015	A	06 April 2017	JP	6484535	B2	13 March 2019
				JP	2017070015	A	06 April 2017
US	2012007463	A1	12 January 2012	JP	5440423	B2	12 March 2014
				JP	2012019576	A	26 January 2012
				US	2012007463	A1	12 January 2012
EP	3026791	A1	01 June 2016	CN	105409094	A	16 March 2016
				EP	3026791	A1	01 June 2016
				JP	5959747	B2	02 August 2016
				JP	WO2015011939	A1	02 March 2017
				US	2016181876	A1	23 June 2016
				WO	2015011939	A1	29 January 2015
DE	19951179	A1	26 April 2001	NONE			
US	2011101816	A1	05 May 2011	JP	2011097769	A	12 May 2011
				US	2011101816	A1	05 May 2011
US	3827141	A	06 August 1974	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02K1/16 H02K1/18 H02K15/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) 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	JP 2017 070015 A (AISIN AW CO; HAYASHI KOGYOSH0:KK) 6. April 2017 (2017-04-06) Zusammenfassung; Abbildungen 1-20 Absätze [0013] - [0035]	1-10
X	US 2012/007463 A1 (TANIGUCHI MAKOTO [JP] ET AL) 12. Januar 2012 (2012-01-12) Zusammenfassung; Abbildungen 1-11 Absätze [0035] - [0044]	1-10
X	EP 3 026 791 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 1. Juni 2016 (2016-06-01) Absätze [0011] - [0025]; Abbildungen 1-5, 9-17	1-10
	----- -/-	
☒ 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. Mai 2019		16/05/2019
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 Ganchev, Martin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 51 179 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 26. April 2001 (2001-04-26) Zusammenfassung; Abbildungen 1-11 Absätze [0020], [0021] -----	1-10
X	US 2011/101816 A1 (KONDOU KEIJI [JP] ET AL) 5. Mai 2011 (2011-05-05) Zusammenfassung; Abbildungen 1-15 Absätze [0027] - [0029] -----	1-10
A	US 3 827 141 A (HALLERBACK S) 6. August 1974 (1974-08-06) Zusammenfassung; Abbildung 12 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2019/100304

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 2017070015	A	06-04-2017	JP	6484535 B2		13-03-2019
			JP	2017070015 A		06-04-2017

US 2012007463	A1	12-01-2012	JP	5440423 B2		12-03-2014
			JP	2012019576 A		26-01-2012
			US	2012007463 A1		12-01-2012

EP 3026791	A1	01-06-2016	CN	105409094 A		16-03-2016
			EP	3026791 A1		01-06-2016
			JP	5959747 B2		02-08-2016
			JP	W02015011939 A1		02-03-2017
			US	2016181876 A1		23-06-2016
			WO	2015011939 A1		29-01-2015

DE 19951179	A1	26-04-2001	KEINE			

US 2011101816	A1	05-05-2011	JP	2011097769 A		12-05-2011
			US	2011101816 A1		05-05-2011

US 3827141	A	06-08-1974	KEINE			
