

(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
16. Januar 2020 (16.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/011823 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 15/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/068480

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juli 2019 (10.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18183457.3 13. Juli 2018 (13.07.2018) EP

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESellschaft
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

(72) Erfinder: SEUFERT, Reiner; Frankenstraße 21, 97616
Salz (DE). VOLLMER, Rolf; Espenlaubstraße 13, 36129
Gersfeld (DE).

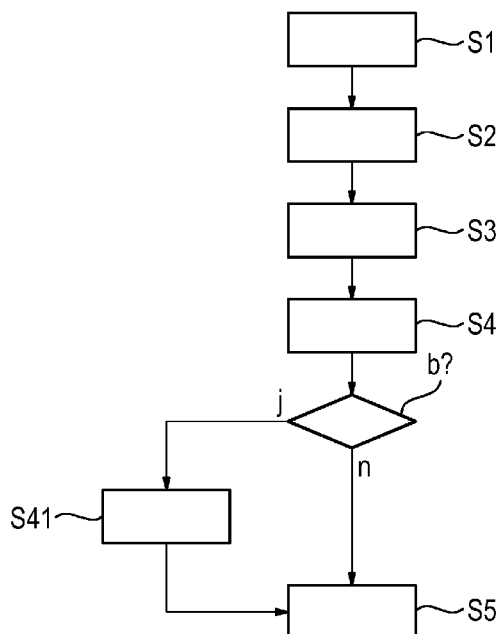
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A MATERIAL LAYER AND A MATERIAL LAYER STRUCTURE FOR A DYNAMO-ELECTRIC ROTARY MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER MATERIALLAGE UND EINES MATERIALLAGENGEFÜGES FÜR EINE DYNAMOELEKTRISCHE ROTATORISCHE MASCHINE

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a material layer (1) with a layer thickness (d) of between 0.5 and 500 μm , comprising the steps of: applying a suspension, comprising at least one binder and solid particles, through a template onto a base area to obtain a green body, driving out the binder from the green body, in particular by means of debinding, and creating a permanent cohesion of the solid particles by heating and/or by means of compaction, in particular by means of sintering. The invention also relates to a material layer (1), a method for producing a material layer structure (9) for a rotor (11) of a dynamoelectric rotary machine (15), a material layer structure (9), a rotor (11) of a dynamoelectric rotary machine (15) comprising such a material layer structure (9) and also a dynamoelectric rotary machine (15) comprising such a rotor (11).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Materiallage (1) mit einer Lagendicke (d) zwischen 0,5 und 500 μm mit den Schritten: Aufbringen einer Suspension, aufweisend wenigstens ein Bindemittel und Festteilchen, durch eine Schablone auf eine Grundfläche zum Erhalt eines Grünkörpers, Austreiben des Bindemittels aus dem Grünkörper, insbesondere mittels Entbinderung, Schaffen eines dauerhaften Zusammenhalts der Festteilchen durch Erwärmung und/oder mittels Verdichtung, insbesondere mittels Sinterung. Ferner betrifft die Erfindung eine Materiallage (1), ein Verfahren zur Herstellung eines Materiallagengefüges (9) für einen Rotor (11) einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine (15), ein Materiallagengefüge (9), einen Rotor

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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Materiallage und eines
Materiallagengefüges für eine dynamoelektrische rotatorische
5 Maschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer
Materiallage mit einer Lagendicke zwischen 0,5 und 500 μm .

10 Zum magnetischen Kreis einer dynamoelektrischen rotatorischen
Maschine gehören ein Stator und ein Rotor. Der Rotor und der
Stator stellen die leistungserzeugenden Komponenten, auch Ak-
tivteile genannt, der dynamoelektrischen rotatorischen Ma-
schine dar und werden bisher als Blechpakete gefertigt.

15 Die heutigen Blechpakete umfassen Bleche, welche aus gewalz-
ten Großblechen aus weichmagnetischem Material herausge-
schnitten bzw. gestanzt werden. Die Bleche werden anschlie-
ßend zum Blechpaket paketierte.

20 Bei einer konventionellen Fertigung von Großblechen durch
Walzen können keine Bleche gefertigt werden, die dünner als
100 μm sind. Zudem fällt beim Herausschneiden bzw. Stanzen
der Bleche aus den Großblechen Abfall an.

25 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Herstel-
lung von Blechen für dynamoelektrische rotatorische Maschinen
zu verbessern.

30 Die Lösung der Aufgabe gelingt durch ein Verfahren gemäß An-
spruch 1, d. h. ein Verfahren zur Herstellung einer Material-
lage mit einer Lagendicke zwischen 0,5 und 500 μm mit folgen-
den Schritten:

- Aufbringen einer Suspension, aufweisend wenigstens ein Bin-
35 demittel und Festteilchen, durch eine Schablone auf eine
Grundfläche zum Erhalt eines Grünkörpers,
- Austreiben des Bindemittels aus dem Grünkörper, insbesonde-
re mittels Entbinderung,

- Schaffen eines dauerhaften Zusammenhalts der Festteilchen durch Erwärmung und/oder mittels Verdichtung, insbesondere mittels Sinterung.

- 5 Ferner gelingt die Lösung der Aufgabe durch eine Materiallage gemäß Anspruch 8 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Materiallagengefüges für einen Rotor einer dynamoelektrischen rotatorischen gemäß Anspruch 13.
- 10 Die Lösung der Aufgabe gelingt überdies durch ein Materiallagengefüge gemäß Anspruch 15 für einen Rotor einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine, wobei das Materiallagengefüge eine Mehrzahl übereinander angeordneter Materiallagen aufweist, einen Rotor einer dynamoelektrischen rotatorischen
- 15 Maschine, aufweisend ein derartiges Materiallagengefüge, sowie eine dynamoelektrische rotatorische Maschine.

Die Materiallage hat vorteilhaft die bisherigen Funktionen eines konventionellen Blechs in einem konventionellen Rotor-Blechpaket inne und nimmt die Aufgaben eines Blechs wahr.

20

Vorteilhaft entspricht ein Umriss der Materiallage im Wesentlichen dem Umriss eines Blechs.

- 25 Die Materiallage ist vorteilhaft dünner hergestellt und/oder dünner herstellbar als ein Blech.

Das Materiallagengefüge hat vorteilhaft die bisherigen Funktionen eines Rotor-Blechpakets inne und nimmt die Aufgaben eines Rotor-Blechpakets wahr.

30

Die Materiallagen sind zur Schaffung des Materiallagengefüges übereinander angeordnet. Vorzugsweise sind die Materiallagen in Richtung einer Rotationsachse, in anderen Worten: entlang einer Rotationsachse, des Materiallagengefüges angeordnet.

35

Auch andere Anordnungen, bei welchen vorzugsweise wenigstens zwei Materiallagen benachbart sind, sind denkbar.

Die Materiallage weist vorzugsweise eine im Wesentlichen runde, im Wesentlichen mittig angeordnete Materialaussparung auf. Das Materiallagengefüge weist vorzugsweise eine zylindrische Materialaussparung entlang der Rotationsachse zur Anbindung an eine Welle auf.

Bei einer besonders stabilen Materiallagenausführung weist die Materiallage vorzugsweise eine Lagendicke zwischen 10 und 100 μm auf.

Die Suspension wird vorzugsweise mit einer Rakel aufgetragen.

Die Suspension weist wenigstens ein, insbesondere mittels Entbinderung, austreibbares Bindemittel und Festteilchen auf.

Das Bindemittel ist vorzugsweise ein organisches Bindemittel. Das Bindemittel ist vorzugsweise so beschaffen, dass es bei Erwärmung vollständig bzw. nahezu vollständig in gasförmige Bestandteile dissoziiert.

Die Festteilchen liegen vorzugsweise als Pulver vor. Ein Festteilchen umfasst vorzugsweise wenigstens ein magnetisch und/oder elektrisch leitfähiges Material.

Das Festteilchen weist vorzugsweise einen Durchmesser zwischen 0,1 und 100 μm auf.

Das Festteilchen weist in einer besonderen Ausführung vorzugsweise einen Durchmesser zwischen 0,5 und 10 μm auf. Je geringer der Durchmesser der Festteilchen ist, desto dünnere Materiallagen können hergestellt werden. Beispielsweise kann mittels einer Suspension, welche Festteilchen mit einem Durchmesser von 0,5 μm aufweist, eine 0,5 μm dünne Materiallage hergestellt werden.

Das Pulver kann Festteilchen ausschließlich eines Materials umfassen oder eine Pulvermischung, umfassend wenigstens zwei unterschiedliche Materialien, sein.

- 5 Das Pulver kann hinsichtlich Festigkeit, magnetischer Charakteristik, elektrischer Charakteristik und Wärmeleitung angepasst werden.

10 Die Festteilchen werden durch Erwärmung und/oder mittels Verdichtung, insbesondere mittels Sinterung, dauerhaft verbunden.

Die Sinterung ist vorzugsweise ein thermischer Prozess, der insbesondere von den eingesetzten Materialien abhängig ist.
15 Beispielsweise ist eine Temperatur bzw. ein Temperaturband von einer Legierung des Materials, anderen Zusätzen und einem gewünschten Ergebnis (nach der Sinterung) abhängig.

Die Schablone ist vorzugsweise eine Vorlage zum Übertragen gewünschter Formen und/oder Umrisse und/oder Muster und/oder Aussparungen etc. Die Schablone kann beliebig oft verwendet werden.
20

Mittels der Schablone kann genau die Form der Materiallage gebildet werden, die gewünscht ist. So entsteht kein Abfall.
25 Es können auch zwei oder mehr Schablonen für eine Materiallage verwendet werden.

Die Schablone kann schnell und günstig (insbesondere schneller als ein Stanzwerkzeug) modifiziert werden.
30

Es können auch filigrane Formen von der Schablone abgebildet werden. Die Materiallagen mit filigranen Formen sind besonders vorteilhaft für einen Leichtbau von dynamoelektrischen rotatorischen Maschinen, Kühlung und magnetische Streuung.
35

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird auf die Materiallage auf wenigstens einer Lagenseite ein Isolationsmaterial aufgebracht.

- 5 Vorzugsweise ist das Isolationsmaterial eine Keramik, insbesondere eine amagnetische Oxidkeramik, beispielsweise Zirkoniumoxid oder Aluminiumoxid.

Das aufgebrachte Isolationsmaterial dient vorzugsweise einer
10 elektrischen Isolation.

Das aufgebrachte Isolationsmaterial dient vorzugsweise einer elektrischen Isolation einer Materiallage gegenüber wenigstens einer weiteren Materiallage, wenn wenigstens zwei oder
15 mehr Materiallagen, insbesondere zur Schaffung eines Materiallagengefüges, übereinander angeordnet werden.

Das vorteilhaft aufgebrachte Isolationsmaterial verhindert also eine Stromführung von einer Materiallage auf eine andere
20 Materiallage.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird auf die Materiallage auf beiden Lagenseiten ein Isolationsmaterial aufgebracht.
25

Wird auf die Materiallage auf nur einer Lagenseite das Isolationsmaterial aufgebracht, ist die Materiallage dünner. Wird auf die Materiallage auf beiden Lagenseiten das Isolationsmaterial aufgebracht, ist die Materiallage besser isoliert.
30

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird auf die Materiallage ein Lack, insbesondere Backlack, aufgebracht.

35 Der Lack, insbesondere Backlack, kann das Isolationsmaterial sein. Jedoch können Lack und Isolationsmaterial auch zwei unterschiedliche Materialien sein.

Der vorteilhaft aufgebrachte Backlack ermöglicht eine besonders gute elektrische Isolation der Materiallage, insbesondere gegenüber einer benachbarten weiteren Materiallage in einem Materiallagengefüge.

5

Ferner ist die Materiallage, insbesondere mittels des Backlacks, mit der benachbarten Materiallage bzw. den benachbarten Materiallagen verfestigbar.

10 Der vorteilhaft aufgebrachte Backlack ermöglicht eine hohe Festigkeit und Steifigkeit des Materiallagengefüges, da die Materiallagen flächig verbunden sind. Dies reduziert auch Vibrationen und Geräusche.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfassen die Festteilchen Teilchen aus elektrisch und/oder magnetisch leitfähigem Material, insbesondere Metallteilchen.

Vorzugsweise ist das elektrisch leitfähige Material Silber,
20 Kupfer, Gold, Aluminium, Wolfram, Eisen und/oder Stahl und/oder deren Legierungen. Es sind jedoch auch andere elektrisch leitfähige Materialien denkbar.

Vorzugsweise ist das magnetisch leitfähige Material ein fer-
25 romagnetisches Material.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfassen die Festteilchen Teilchen aus weichmagnetischem Material.

30

Beispielsweise ist das weichmagnetische Material Eisen, Nickel, Kobalt und/oder deren Legierungen. Es sind jedoch auch andere magnetisch leitfähige, insbesondere ferromagnetische, Materialien denkbar.

35

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Suspension strukturviskos.

Dies hat den Vorteil, dass die Suspension während des Auftragens auf die Grundfläche zur Erzeugung des Grünkörpers, vorzugsweise mit der Rakel, weniger viskos ist und die gewünschte Form durch die Schablone optimal übertragen werden kann.

5 Ist das Auftragen beendet, behält der Grünkörper die gewünschte Form bei.

Die Erfindung betrifft überdies eine Materiallage, die auf die beschriebene Weise hergestellt ist, wobei die Material-
10 lage eine Lagendicke zwischen 0,5 und 500 µm, insbesondere zwischen 10 und 100 µm, aufweist, wobei die Materiallage ein weichmagnetisches Material aufweist, wobei die Materiallage auf wenigstens einer Lagenseite ein Isolationsmaterial auf-
weist.

15

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Materiallage auf beiden Lagenseiten ein Isolationsmaterial auf.

20 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Materiallage Lack, insbesondere Backlack, auf.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Materiallage mit wenigstens einer weiteren Material-
25 lage verfestigbar.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Materiallage eine im Wesentlichen mittig angeordnete Materialaussparung auf.

30

Vorzugsweise ist die Materialaussparung im Wesentlichen kreisrund. Die Materialaussparung ermöglicht eine Anbindung an eine Welle.

35 Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zur Herstellung des Materiallagengefüges für den Rotor der dynamoelektrischen rotatorischen Maschine mit folgenden Schritten:

- Additive Fertigung einer ersten Materiallage, wobei die erste Materiallage wenigstens eine Materialschicht umfasst,
- Aufbringen eines Isolationsmaterials auf die erste Materiallage,
- 5 - Additive Fertigung wenigstens einer weiteren Materiallage, wobei die wenigstens eine weitere Materiallage wenigstens eine Materialschicht umfasst,
- Aufbringen eines Isolationsmaterials auf die wenigstens eine weitere Materiallage,
- 10 - Zusammenfügen der ersten und der wenigstens einen weiteren Materiallage,
- Gegenseitiges Verfestigen der Materiallagen.

Die Materiallage umfasst wenigstens eine Materialschicht,
15 d.h. nur eine Schicht der Festteilchen. Die Materiallage ist dadurch besonders dünn. Um eine stabile Materiallage zu erhalten, sind jedoch zwei oder mehr Materialschichten übereinander vorteilhaft.

20 Das aufgebrachte Isolationsmaterial ist in einer bevorzugten Ausführungsform Lack, insbesondere Backlack. Das Aufbringen von Backlack gelingt leicht und durch Verbacken können zwei oder mehr Materiallagen gegenseitig verfestigt werden.

25 Das Isolationsmaterial, insbesondere der Backlack, und die Materiallage sind vorzugsweise stoffschlüssig verbunden.

In einer alternativen Ausführungsform ist das Isolationsmaterial Keramik.

30 Als Isolationsmaterial sind zudem Wasserglas sowie andere Gläser denkbar.

Auch andere Isolationsmaterialien sind möglich.

35 Das Aufbringen eines keramischen Isolationsmaterials gelingt besonders gut, wenn eine keramische Suspension, umfassend Keramik-Festteilchen und austreibbares Bindemittel, mit einer

Rakel auf die Materiallage aufgetragen wird. Die Keramik-Festteilchen liegen vorzugsweise als Keramik-Pulver vor.

Die Keramik-Festteilchen können Magnesiumoxid, Titandioxid,
5 Siliciumcarbid, Siliciumnitrid, Borcarbid, Bornitrid und/oder
Aluminiumnitrid aufweisen. Auch andere Materialien sind denk-
bar.

Bevorzugt wird jedoch eine Oxidkeramik, insbesondere Zirconium-
10 umoxid und/oder Aluminiumoxid.

Ein Keramik-Festteilchen weist vorzugsweise im Wesentlichen
einen Durchmesser zwischen 0,1 und 2 μm auf.

15 Je geringer der Durchmesser der Keramik-Festteilchen ist,
desto dünnere isolierte Materiallagen können hergestellt wer-
den. Beispielsweise kann mittels einer Suspension, welche
Festteilchen mit einem Durchmesser von 0,5 μm aufweist und
einer Suspension, die Keramik-Festteilchen mit einem Durch-
20 messer von 1 μm aufweist, eine 1,5 μm dünne einseitig iso-
lierte Materiallage bzw. eine 2,5 μm dünne beidseitig iso-
lierte Materiallage hergestellt werden.

Bei einer besonders dünnen Materiallageausführung weist die
25 Materiallage eine Lagendicke von 1 μm auf.

Die Keramik-Festteilchen bilden wenigstens eine Material-
schicht. Es sind jedoch auch zwei oder mehr Materialschichten
möglich.

30 Das Keramik-Pulver kann Keramik-Festteilchen ausschließlich
eines Materials umfassen oder eine Keramik-Pulvermischung,
umfassend wenigstens zwei unterschiedliche Keramik-
Materialien, sein.

35 Die Keramik-Festteilchen werden durch Erwärmung und/oder mit-
tels Verdichtung, insbesondere mittels Sinterung, dauerhaft
verbunden. Die Keramik-Festteilchen werden vorzugsweise mit

den Festteilchen durch Erwärmung und/oder mittels Verdichtung, insbesondere mittels Sinterung, dauerhaft verbunden. Die dauerhafte Verbindung ist vorzugsweise eine stoffschlüssige Verbindung.

5

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird mittels einer Mehrzahl an Materiallagen mit einer Lagendicke von 0,5 bis 500 µm ein Materiallagengefüge hergestellt.

10 Das Materiallagengefüge ist für einen Rotor einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine geeignet, wobei das Materiallagengefüge eine Mehrzahl in Richtung einer Rotorachse des Materiallagengefüges angeordnete Materiallagen aufweist.

15 Der Rotor der dynamoelektrischen rotatorischen Maschine weist ein derartiges Materiallagengefüge auf.

Die Erfindung betrifft ferner eine dynamoelektrische rotatorische Maschine aufweisend einen derartigen Rotor.

20

Die dynamoelektrische rotatorische Maschine umfasst einen Rotor mit einer Mehrzahl an übereinander angeordneten Materiallagen. Die Materiallagen sind vorzugsweise jeweils einzeln gegeneinander elektrisch isoliert ausgebildet. Die Anord-

25 nungsebenen sind dazu vorteilhaft parallel zur Richtung des magnetischen Flusses ausgebildet.

Da die Materiallagen nur eine sehr geringe Lagendicke aufweisen, werden Wirbelstromverluste deutlich reduziert. Denn ein

30 Wirbelstrom kann sich nur innerhalb der Lagendicke der Materiallage ausbilden, wodurch bei dünnen Materiallagen die Wirbelstromstärke erheblich reduziert ist.

Die Isolation zwischen den einzelnen Materiallagen verhindert, dass sich die Wirbelströme zu großen, verlustreichen

35 Wirbelströmen überlagern können.

Die Erfindung findet vorzugsweise Anwendung bei dynamoelektrischen rotatorischen Maschinen. Jedoch kann die Erfindung auch bei anderen Energiewandlern, wie z. B. Transformatoren, eingesetzt werden.

5

Die Erfindung ist überdies anwendbar für einen Stator einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine. Hierbei ersetzt vorzugsweise eine Mehrzahl an übereinander angeordneten Materiallagen ein konventionelles Stator-Blechpaket.

10

Die Erfindung eignet sich besonders gut für Motoren, die eine hohe Leistung bei geringem Gewicht fordern, insbesondere bei Flugzeugen, Helikoptern und Rennwagen der Formel E.

15 Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren gezeigten Ausführbeispiele näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

FIG 1 das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer
20 Materiallage mit einer Lagendicke zwischen 0,5 und 500 μm ,

FIG 2 die Materiallage,

FIG 3 die Materiallage in einer Seitenansicht,

FIG 4 ein Verfahren zur Herstellung eines Materiallagengefü-
25 ges für einen Rotor einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine,

FIG 5 einen Rotor der dynamoelektrischen rotatorischen Maschine und

FIG 6 eine Seitenansicht der dynamoelektrischen rotatorischen
30 Maschine.

35

FIG 1 zeigt das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Materiallage mit einer Lagendicke zwischen 0,5 und 500 μm .

Vorzugsweise beträgt die Lagendicke zwischen 10 und 100 μm für eine stabile Materiallage.

In einem Verfahrensschritt S1 wird eine Suspension aufweisend wenigstens ein Bindemittel und Festteilchen, durch eine Schablone auf eine Grundfläche zum Erhalt eines Grünkörpers aufgebracht. Aufgebracht bedeutet hierbei vorzugsweise: Auf
5 die Grundfläche wird die Suspension mit einer Rakel aufgebracht.

In einem Verfahrensschritt S2 wird das Bindemittel aus dem Grünkörper, insbesondere mittels Entbinderung, ausgetrieben.
10

In einem Verfahrensschritt S3 wird ein dauerhafter Zusammenhalt der Festteilchen durch Erwärmung und/oder mittels Verdichtung, insbesondere mittels Sinterung, geschaffen.

15 In einem Verfahrensschritt S4 wird auf eine Lagenseite Isolationsmaterial aufgebracht. Aufgebracht bedeutet hierbei vorzugsweise: Auf die Lagenseite wird Isolationsmaterial mit einer Rakel aufgebracht oder die Lagenseite wird mit einem Streichwerkzeug bestrichen oder die Lagenseite wird in ein
20 das Isolationsmaterial beinhaltende Gefäß eingetaucht.

Vorzugsweise ist das Isolationsmaterial Lack, insbesondere Backlack.

25 Es sind jedoch auch andere Isolationsmaterialien denkbar. Beispielsweise kann das Isolationsmaterial mittels einer keramischen Suspension, aufweisend wenigstens ein Bindemittel und keramische Festteilchen, auf die Lagenseite aufgebracht werden und das Bindemittel, insbesondere mittels Entbinde-
30 rung, ausgetrieben werden.

Zudem besteht die Möglichkeit, ein Isolationsmaterial in einem nicht gezeigten Verfahrensschritt S4a aufzubringen und zusätzlich Lack, insbesondere Backlack, in einem nicht ge-
35 zeigten Verfahrensschritt S4b aufzubringen.

Wenn beide Lagenseiten mit Isolationsmaterial und/oder Lack versehen werden sollen - mit b? und j gekennzeichnet - wird dies in einem Verfahrensschritt S41 bewerkstelligt.

- 5 Wenn nur eine Lagenseite mit Isolationsmaterial und/oder Lack versehen werden soll, wird im Verfahren mittels b? und n die Materiallage in einem Verfahrensschritt S5 fertiggestellt.

FIG 2 zeigt die Materiallage 1.

10

Die Materiallage 1 weist die Lagendicke d auf. Die Materiallage ist vorzugsweise einstückig.

15

Vorzugsweise weist jede Materiallage 1 auf wenigstens einer Lagenseite ein Isolationsmaterial auf. Die Figur zeigt eine Ausführung, wonach jede Materiallage 1 auf beiden Lagenseiten ein Isolationsmaterial aufweist. Das Isolationsmaterial ist in der Figur Lack, insbesondere Backlack. Dies entspricht einer bevorzugten Ausführung.

20

Vorzugsweise sind das Isolationsmaterial und die Materiallage stoffschlüssig verbunden.

25

Die Materiallage 1 weist auf einer oberen Lagenseite Lack 2 mit einer Isolationsdicke d2 und auf einer unteren Lagenseite Lack 3 mit einer Isolationsdicke d3 auf.

30

Es ist auch möglich, dass die Materiallage 1 ein andersartiges Isolationsmaterial und zusätzlich Lack aufweist. Es ist auch möglich, dass die Materiallage 1 ein andersartiges Isolationsmaterial auf einer Lagenseite und Lack auf der anderen Lagenseite aufweist. Es ist auch möglich, dass die Materiallage 1 eine Mischform aus andersartigem Isolationsmaterial und Lack aufweist.

35

Die Figur zeigt zudem eine mittig angeordnete Materialaussparung 5 (zur späteren Anbindung an eine Welle, siehe FIG 5).

Durch einen Mittelpunkt der Materialaussparung 5 führt eine Rotationsachse R.

Die beschriebenen Bezugszeichen sind auch für die folgenden
5 Figuren gültig, sofern sie in den Ausführungsbeispielen vorhanden sind, und werden aus Übersichtsgründen nicht erneut erläutert.

FIG 3 zeigt die Materiallage 1 in einer Seitenansicht.

10

Die Figur zeigt die dünnste Ausführung der Materiallage 1, da nur eine Schicht aus Festteilchen die Materiallage 1 bildet. Die Festteilchen sind in der Figur granulares Material. In anderen Worten: Die Festteilchen sind kleine Kügelchen, die
15 nebeneinander liegen und, vorzugsweise durch die in FIG 1 beschriebene Sinterung, miteinander verbunden sind.

Die Lagendicke d entspricht in der Figur einem Durchmesser eines Festteilchens.

20

Ebenso zeigt die Figur nur eine Schicht des Isolationsmaterials 2 auf der oberen Lagenseite und nur eine Schicht des Isolationsmaterials 3 auf der unteren Lagenseite. Die Isolationsdicke d2 und die Isolationsdicke d3 entsprechen in der Figur einem Durchmesser eines Keramik-Festteilchens oder eines
25 Lack-Festteilchens.

Es können jedoch auch zwei oder mehr Festteilchen übereinander die Materiallage 1 bilden. Es können auch zwei oder mehr
30 Keramik-Festteilchen übereinander die Isolation bilden. Es können auch zwei oder mehr Lack-Festteilchen übereinander die Isolation bilden.

FIG 4 zeigt ein Verfahren zur Herstellung eines Material-
35 lagengefüges für einen Rotor einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine.

In einem Verfahrensschritt S10 wird eine erste Materiallage additiv gefertigt, wobei die erste Materiallage wenigstens eine Materialschicht umfasst.

5 In einem Verfahrensschritt S11 folgt ein Aufbringen eines Isolationsmaterials auf die erste Materiallage. Das Isolationsmaterial ist hierbei vorzugsweise Lack, insbesondere Backlack. Das Isolationsmaterial kann jedoch auch Keramik oder ein anderer Stoff sein.

10

In einem Verfahrensschritt S12 wird wenigstens eine weitere Materiallage additiv gefertigt, wobei die wenigstens eine weitere Materiallage wenigstens eine Materialschicht umfasst.

15 In einem Verfahrensschritt S13 folgt ein Aufbringen eines Isolationsmaterials auf die wenigstens eine weitere Materiallage.

20 In einem Verfahrensschritt S14 werden die erste und die wenigstens eine weitere Materiallage zusammengefügt.

In einem Verfahrensschritt S15 werden die Materiallagen gegenseitig verfestigt. Wurde Backlack auf die Materiallagen in den Verfahrensschritten S11 bzw. S13 aufgebracht, werden die
25 Materiallagen durch Verbacken miteinander verfestigt.

Verbacken bedeutet hierbei: Die Materiallagen werden vorzugsweise mittels Druck und Wärme miteinander verklebt. Durch Druck und Wärme wird der Backlack weich, klebt die Material-
30 lagen aneinander und härtet aus. Dies hat gegenüber anderen Verbindungsmöglichkeiten wie Schweißen, Stanzpaketieren und Nieten den Vorteil, dass die Materiallagen keine werkstoffschädigenden Kontaktstellen aufweisen. Zudem wird ein Magnetfluss nicht gestört und es entstehen keine Materialspannungen
35 und Materialverformungen.

Das gezeigte Verfahren eignet sich auch für einen Stator einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine.

FIG 5 zeigt einen Rotor 11 der dynamoelektrischen rotatorischen Maschine.

- 5 Der Rotor 11 weist ein Materiallagengefüge 9 auf. Das Materiallagengefüge umfasst in der Figur eine Mehrzahl an entlang der Rotationsachse übereinander angeordneten Materiallagen 1. Das Materiallagengefüge 9 ist an eine Welle 7 angebunden.
- 10 Die Materiallage 1 ist in der Figur mit wenigstens einer weiteren Materiallage verfestigt. Die Figur zeigt eine Mehrzahl an miteinander verfestigten Materiallagen 1.

- Die Verfestigung gelingt besonders gut durch Backlack, da
- 15 dieser auf einfache Weise aufgebracht werden kann. Ein vornehmlich anschließendes Verbacken der Materiallagen 1 schafft eine stabile und robuste Verbindung.

- FIG 6 zeigt eine Seitenansicht der dynamoelektrischen rotatorischen Maschine 15.
- 20

- Die Maschine 15 weist den Rotor 11 auf, welcher die Welle 7 und das Materiallagengefüge 9 umfasst. Der Rotor 11 kann in einem Stator 12 gemäß der Rotationsachse R rotieren.
- 25

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Materiallage (1) mit einer Lagendicke (d) zwischen 0,5 und 500 µm mit folgenden Schritten:
- Aufbringen einer Suspension, aufweisend wenigstens ein Bindemittel und Festteilchen, durch eine Schablone auf eine Grundfläche zum Erhalt eines Grünkörpers,
 - Austreiben des Bindemittels aus dem Grünkörper, insbesondere mittels Entbinderung,
 - Schaffen eines dauerhaften Zusammenhalts der Festteilchen durch Erwärmung und/oder mittels Verdichtung, insbesondere mittels Sinterung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei auf die Materiallage (1) auf wenigstens einer Lagenseite ein Isolationsmaterial (2, 3) aufgebracht wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei auf die Materiallage auf beiden Lagenseiten ein Isolationsmaterial (2, 3) aufgebracht wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei auf die Materiallage (1) ein Lack, insbesondere Backlack, aufgebracht wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Festteilchen Teilchen aus elektrisch und/oder magnetisch leitfähigem Material, insbesondere Metallteilchen, umfassen.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Festteilchen Teilchen aus weichmagnetischem Material umfassen.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Suspension strukturviskos ist.

8. Materiallage (1), insbesondere hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

- wobei die Materiallage(1) eine Lagendicke (d) zwischen 0,5 und 500 μm , insbesondere zwischen 10 und 100 μm , aufweist,

5 - wobei die Materiallage(1) ein weichmagnetisches Material aufweist,

- wobei die Materiallage(1) auf wenigstens einer Lagenseite ein Isolationsmaterial (2, 3) aufweist.

10 9. Materiallage (1) nach Anspruch 8, wobei die Materiallage (1) auf beiden Lagenseiten ein Isolationsmaterial (2, 3) aufweist.

15 10. Materiallage (1) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei die Materiallage (1) Lack, insbesondere Backlack, aufweist.

11. Materiallage (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Materiallage(1) mit wenigstens einer weiteren Materiallage (1) verfestigbar ist.

20

12. Materiallage (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei die Materiallage (1) eine im Wesentlichen mittig angeordnete Materialaussparung (5), aufweist.

25 13. Verfahren zur Herstellung eines Materiallagengefüges (9) für einen Rotor (11) einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine (15) mit folgenden Schritten:

- Additive Fertigung einer ersten Materiallage (1), wobei die erste Materiallage (1) wenigstens eine Materialschicht umfasst,

30

- Aufbringen eines Isolationsmaterials (2, 3) auf die erste Materiallage (1),

- Additive Fertigung wenigstens einer weiteren Materiallage (1), wobei die wenigstens eine weitere Materiallage (1) wenigstens eine Materialschicht umfasst,

35

- Aufbringen eines Isolationsmaterials (2, 3) auf die wenigstens eine weitere Materiallage (1),

- Zusammenfügen der ersten und der wenigstens einen weiteren Materiallage (1),
- Gegenseitiges Verfestigen der Materiallagen(1).

5 14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei mittels einer Mehrzahl an Materiallagen (1) mit einer Lagendicke (d) von 0,5 bis 500 μm ein Materiallagengefüge (9) hergestellt wird.

10 15. Materiallagengefüge (9) für einen Rotor (11) einer dynamoelektrischen rotatorischen Maschine (15), wobei das Materiallagengefüge (9) eine Mehrzahl übereinander angeordneter Materiallagen (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 12 aufweist.

FIG 1

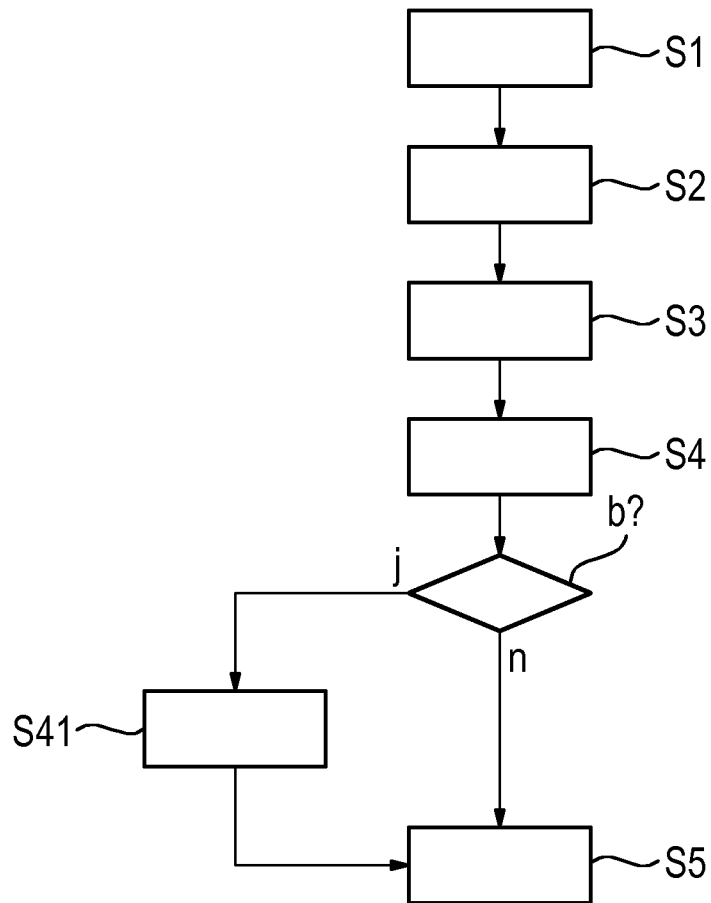


FIG 2

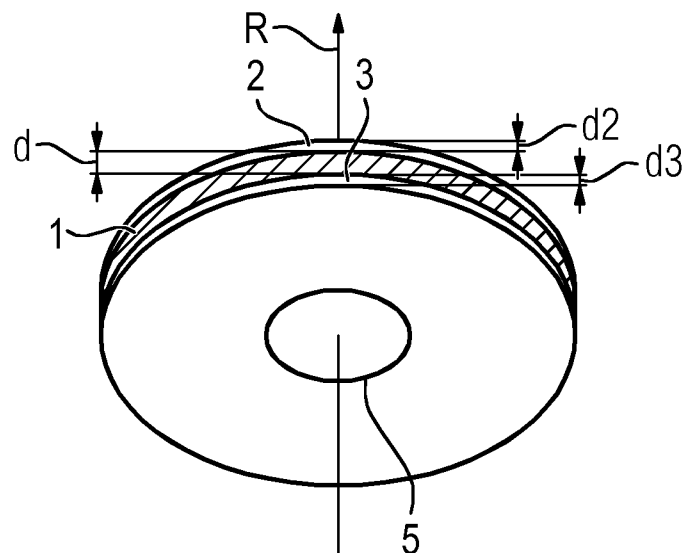


FIG 3

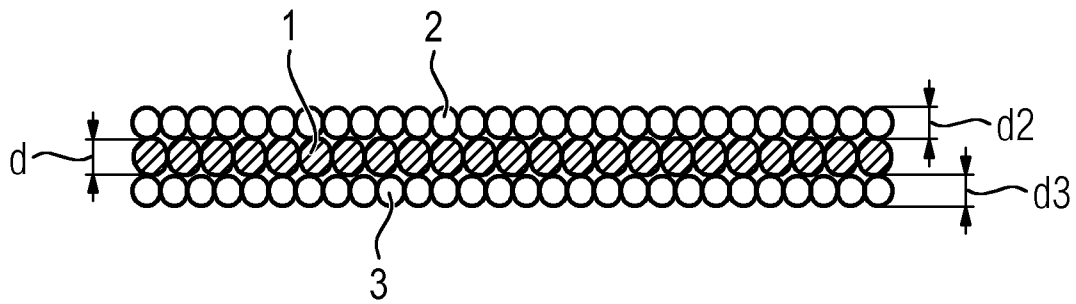


FIG 4

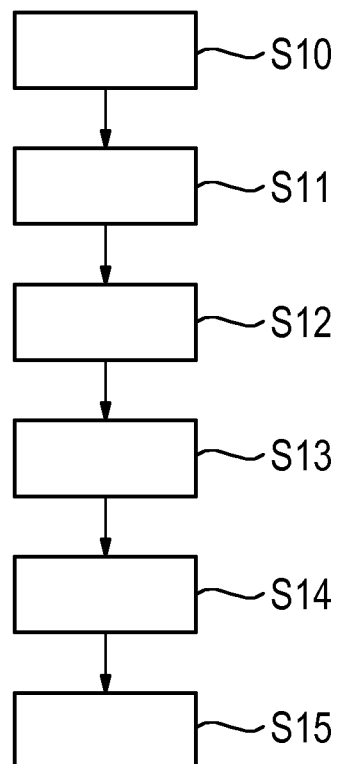


FIG 5

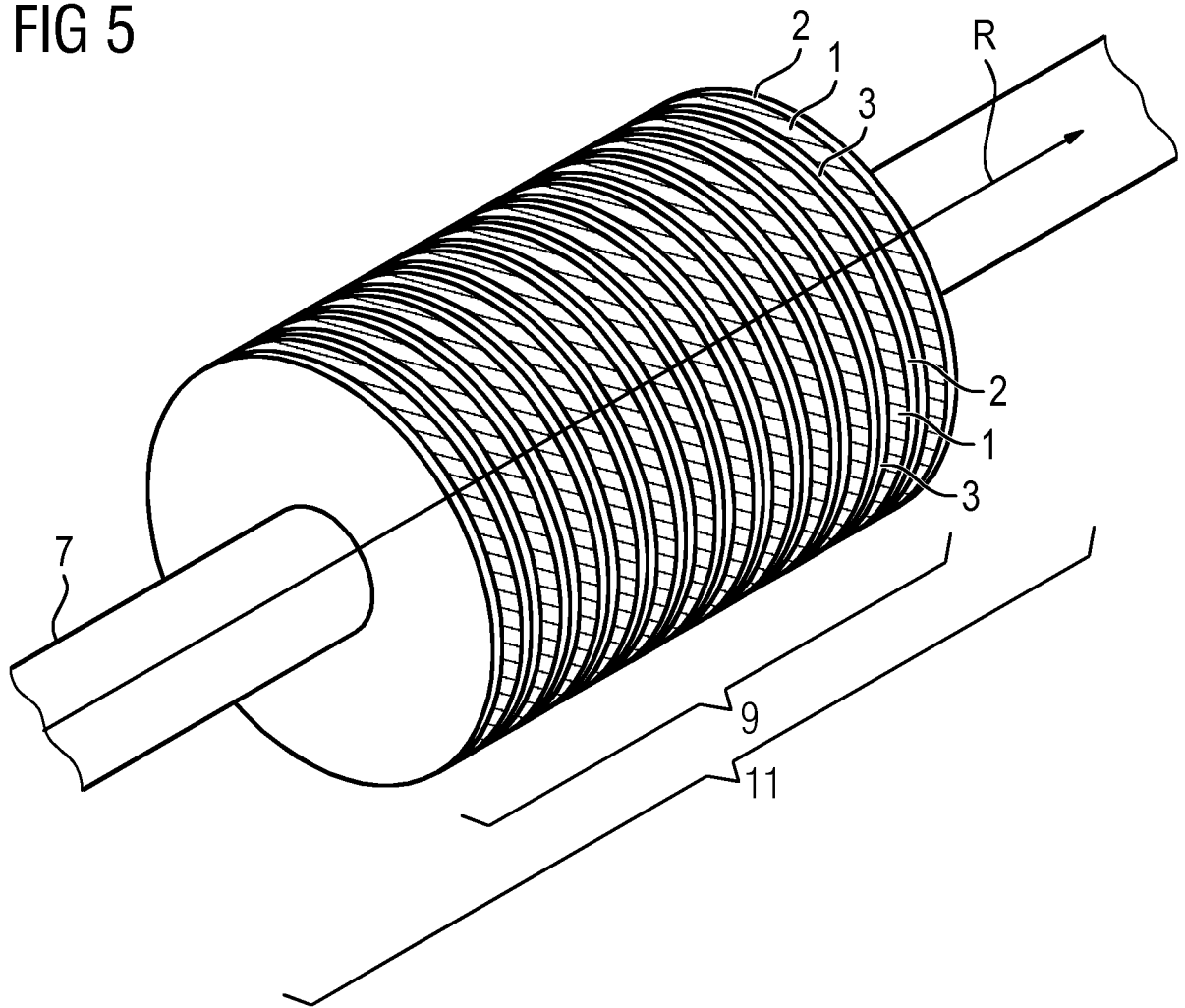
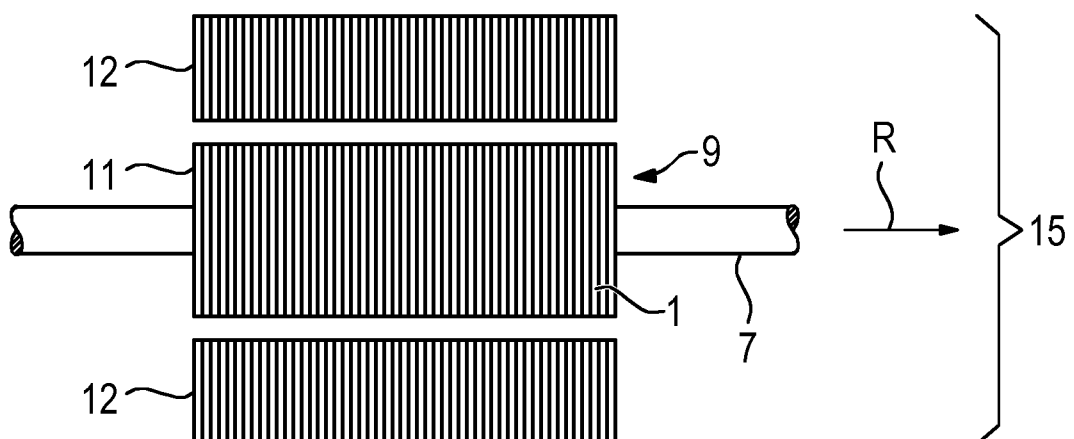


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2019/068480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K15/02
ADD.

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	EP 3 255 758 A1 (SIEMENS AG [DE]) 13 December 2017 (2017-12-13) paragraph [0005] - paragraph [0008] paragraphs [0016], [0019] figures 1, 2	8-15
A	----- WO 2013/126546 A1 (SMITH INTERNATIONAL [US]; SCHLUMBERGER CA LTD [CA]; SCHLUMBERGER SERVI) 29 August 2013 (2013-08-29) claims 1, 2 -----	1-7



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

20 August 2019

Date of mailing of the international search report

28/08/2019

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Maas, Erik

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2019/068480

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 3255758	A1	13-12-2017	BR 112018074051 A2	06-03-2019
			CN 109075630 A	21-12-2018
			EP 3255758 A1	13-12-2017
			EP 3440762 A1	13-02-2019
			JP 2019517768 A	24-06-2019
			WO 2017211477 A1	14-12-2017

WO 2013126546	A1	29-08-2013	CA 2865023 A1	29-08-2013
			CN 104246123 A	24-12-2014
			EP 2817485 A1	31-12-2014
			RU 2014138063 A	10-04-2016
			US 2015022051 A1	22-01-2015
			US 2017204665 A1	20-07-2017
			WO 2013126546 A1	29-08-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. 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	EP 3 255 758 A1 (SIEMENS AG [DE]) 13. Dezember 2017 (2017-12-13) Absatz [0005] - Absatz [0008] Absätze [0016], [0019] Abbildungen 1, 2	8-15
A	WO 2013/126546 A1 (SMITH INTERNATIONAL [US]; SCHLUMBERGER CA LTD [CA]; SCHLUMBERGER SERVI) 29. August 2013 (2013-08-29) Ansprüche 1, 2	1-7



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

20. August 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/08/2019

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

Maas, Erik

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/068480

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3255758	A1	13-12-2017	BR 112018074051 A2 06-03-2019 CN 109075630 A 21-12-2018 EP 3255758 A1 13-12-2017 EP 3440762 A1 13-02-2019 JP 2019517768 A 24-06-2019 WO 2017211477 A1 14-12-2017
WO 2013126546	A1	29-08-2013	CA 2865023 A1 29-08-2013 CN 104246123 A 24-12-2014 EP 2817485 A1 31-12-2014 RU 2014138063 A 10-04-2016 US 2015022051 A1 22-01-2015 US 2017204665 A1 20-07-2017 WO 2013126546 A1 29-08-2013