

(19)



(11)

**EP 2 622 693 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**29.10.2014 Patentblatt 2014/44**

(51) Int Cl.:  
**H01R 39/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **11776130.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2011/066910**

(22) Anmeldetag: **28.09.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2012/041922 (05.04.2012 Gazette 2012/14)**

(54) **STROMÜBERTRAGUNGSANORDNUNG FÜR ELEKTROMECHANISCHE MASCHINEN UND ANLAGEN**

CURRENT TRANSFERASSEMBLY FOR ELECTROMECHANICAL MACHINE AND INSTALLATION

SYSTÈME DE TRANSFERT DE COURANT POUR MACHINE ELECTROMÉCANIQUE ET SON INSTALLATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **01.10.2010 DE 102010041867**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.08.2013 Patentblatt 2013/32**

(73) Patentinhaber: **Hoffmann & Co Elektrokohle AG**  
**4822 Bad Goisern (AT)**

(72) Erfinder:  
• **REYNVAAN, Conrad**  
**A-4820 Bad Ischl (AT)**

• **HÜCK, Werner**  
**35396 Gießen (DE)**

(74) Vertreter: **advotec.**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Georg-Schlosser-Straße 6**  
**35390 Gießen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 0 165 515 EP-A2- 0 501 787**  
**DE-A1-102006 047 084 DE-C- 510 346**  
**US-A- 4 034 249 US-A- 5 531 943**

**EP 2 622 693 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Stromübertragungsanordnung für elektromechanische Maschinen und Anlagen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Schleifringkörpers für eine derartige Stromübertragungseinrichtung.

**[0002]** Stromübertragungsanordnungen der eingangs genannten Art werden prinzipiell überall dort eingesetzt, wo zur Ausbildung elektromechanischer Maschinen ein Stromübertragungskontakt zwischen einem drehenden Teil, Rotor, und einem feststehenden Teil, Stator, erfolgt. Als Kontaktelement für die Stromübertragung ist an dem Rotor ein Schleifring ausgebindet, der in der Regel einen metallischen Schleifringkörper aufweist und zur Stromübertragung in Berührungskontakt mit einem feststehenden Kontaktelement des Stators steht, das in der Regel als sogenannte Kohlebürste ausgeführt ist mit einem hauptsächlich aus Graphit oder einer Mischung aus Graphit und Kupfer bestehenden Bürstenkörper, der durch den Berührungskontakt zwischen einer am Bürstenkörper ausgebildeten Kontaktfläche und der Schleifringoberfläche einem ständigen Verschleiß unterliegt.

**[0003]** Da in der Regel der Austausch eines Bürstenkörpers einer Kohlebürste wesentlich einfacher ist als der Austausch eines Schleifrings, wird sehr darauf geachtet, dass an den Schleifringen ein möglichst geringer Verschleiß entsteht. Dies gilt umso mehr, wenn der in der Regel vom zeitlichen Ablauf her aufwändige Austausch von Schleifringen an exponierten Orten mit umständlicher Zugänglichkeit, wie es beispielsweise an Windkraftanlagen der Fall ist, oder unter besonders rauen Umgebungsbedingungen erfolgen muss. Daher werden beispielsweise abrasive Komponenten oder Zusätze, die dem Bürstenkörper zur Erzielung einer gewissen abrasiven Wirkung bei einem Berührungskontakt zur Schleifringoberfläche zugesetzt werden, um etwa einen auf der metallischen Schleifringoberfläche ausgebildeten Oberflächenbelag zu entfernen oder die Ausbildung eines Transferfilms, der durch Graphitablagerung auf der Schleifringoberfläche entsteht, zu begrenzen, nur in relativ geringem Umfang zugesetzt, um einen übermäßigen Verschleiß durch Oberflächenabrasion der Schleifringoberfläche zu verhindern. Die Folge hiervon ist, dass in einer für die Ausbildung eines Oberflächenbelags besonders förderlichen Umgebung, wie es beispielsweise bei erhöhten Einsatztemperaturen in öl- oder schmiermittelhaltiger Luft oder in einer korrosiven Umgehung der Fall ist, es trotz der abrasiven Zusätze des Bürstenkörpers zu einem Oberflächenbelag kommen kann, der eine einwandfreie Funktion der Stromübertragungsanordnung gefährdet.

**[0004]** Darüber hinaus kann es gerade bei erhöhten Einsatztemperaturen aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen metallischen Schleifringkörpern und isolierenden, beispielsweise aus Keramik gebildeten Isolationszwischenkör-

pern des Rotors zu mechanischen Problemen im Betrieb entsprechender elektromechanischer Maschinen kommen.

**[0005]** Aus der DE 10 2006 047 084 A1 ist eine elektrische Maschine, umfassend einen Kommutator mit Kontaktsegmenten sowie mindestens eine die Kontaktsegmente kontaktierende Bürste bekannt. Mindestens eines der Kontaktsegmente und/oder die Bürste enthalten ein Reibmittel.

**[0006]** Die EP 0 165 515 A2 offenbart einen Schleifstromabnehmer, umfassend zwei aneinander schleifende Teile, welche aus einer elektrisch leitenden Keramik aufgebaut sind. Die Kontaktflächen der beiden Teilstücke sind dabei mit einem Film überzogen, welcher aus einem Material besteht, welches weicher ist als die Keramik. Die verwendete Keramik kann aus einer Mischung aus Siliziumcarbid, Siliziumnitrit und einem weiteren elektrisch leitfähigen Material bestehen.

**[0007]** Die US 4 034 249 A beschreibt eine elektrische Bürste zur Anlage an einem Kommutator, wobei innerhalb der Bürste eine Zwischenschicht aus einem abrasiven Material eingearbeitet ist. Die Kontaktseite der Bürste ist derart genormt, dass beim Überlaufen einer Erhöhung des Kommutators durch die Bürste das abrasive Material die Erhöhung abschleift.

**[0008]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Stromübertragungsanordnung vorzuschlagen, die zum einen auch unter besonders rauen Umgebungsbedingungen einen störungsfreien Betrieb ermöglicht, und zum anderen einen geringen Wartungsaufwand erfordert.

**[0009]** Diese Aufgabe wird durch eine Stromübertragungsanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst.

**[0010]** Bei der erfindungsgemäßen Stromübertragungsanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 weist einerseits das Kontaktelement neben dem Kohlenstoff als elektrisch leitende Komponente eine abrasiv wirkende Komponente auf, und andererseits weist der Schleifring zur Ausbildung einer harten, gegen Abrasion beständigen Schleifringoberfläche einen Schleifringkörper aus einem harten elektrisch leitenden nichtoxidischen keramischen Material auf.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Kombination aus einem abrasiven Komponente aufweisenden Kontaktelement mit einem elektrisch leitenden Schleifringkörper aus einem Nichtoxid-Keramik-Material ermöglicht es, dem Kontaktelement die abrasive Komponente in solch einer Menge und/oder Qualität zur Erreichung einer solchen Abrasionswirkung hinzuzufügen, dass eine sichere Entfernung eines auf der Schleifringoberfläche ausgebildeten Oberflächenbelags gewährleistet bzw. ein Entstehen eines unerwünschten Oberflächenbelags oder übermäßigen Transferfilms verhindert werden kann, ohne dass es infolge der abrasiven Komponente des Kontaktelements zu einem solchen Verschleiß auf der Schleifringoberfläche kommt, der eine unerwünschte Häufung

von Wartungsvorgängen bzw. einen Austausch des Schleifringkörper erforderlich machen würde.

**[0012]** Als abrasive Komponenten oder Additive kommen grundsätzlich Materialpartikel in Frage, die im Vergleich zum Graphit als Hauptbestandteil des Bürstenkörpers eine größere Härte aufweisen.

**[0013]** Der Schleifringkörper erreicht die entsprechende Abrasionsbeständigkeit durch dessen Ausbildung aus einem harten nichtoxidischen keramischen Werkstoff. Im Gegensatz zu keramischen Kohlenstoff-Graphit-Werkstoffen, die weich sind und im Kontakt zu einem Gegenlaufpartner einen schmierigen Transferfilm ausbilden, sind nichtoxidische keramische Werkstoffe hart mit einer entsprechenden Oberflächenbeständigkeit.

**[0014]** Die für die Funktion einer Stromübertragungsanordnung notwendig elektrische Leitfähigkeit des nichtoxidischen keramischen Körpers kann beispielsweise dadurch erzielt werden, dass ein Halbleiter verwendet wird. Zwar ist die elektrische Leitfähigkeit eines polykristallinen Nichtmetalls, also eines Halbleiters, um ein mehrfaches gegenüber der elektrischen Leitfähigkeit von Metallen reduziert, so dass bislang die Möglichkeit einer elektrisch leitenden Keramik als Werkstoff für einen Schleifringkörper aufgrund eines entsprechenden technischen Vorurteils überhaupt nicht in Betracht gezogen wurde. Jedoch ist es grundsätzlich möglich, eine entsprechend reduzierte elektrische Leitfähigkeit durch Berücksichtigung in der Geometrie des Schleifringkörpers, also beispielsweise in der Gestalt und Größe der Schleifringoberfläche zu berücksichtigen bzw. zumindest teilweise zu kompensieren. Insbesondere stehen die sich aufgrund der beschränkten elektrischen Leitfähigkeit ergebenden hohen elektrischen Widerstände mit entsprechender Erwärmung des Schleifringkörpers einer einwandfreien Funktion des Schleifringkörpers nicht entgegen, da insbesondere die Volumenänderungseffekte bei einem keramischen Schleifringkörper aufgrund des vergleichsweise geringen Temperatúrausdehnungskoeffizienten vergleichsweise gering sind.

**[0015]** Darüber hinaus besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die elektrische Leitfähigkeit des keramischen Werkstoffs durch elektrisch leitende Zusätze oder Behandlungen zu erhöhen.

**[0016]** Insbesondere in diesem Zusammenhang ist es von besonderem Vorteil, wenn gemäß einer Ausführungsform der Stromübertragungsanordnung für den Schleifringkörper ein nichtoxidischer keramischer Werkstoff auf Siliziumkarbid-Basis gewählt wird. Besonders gute Ergebnisse hinsichtlich einer ausreichenden elektrischen Leitfähigkeit sind möglich, wenn der Werkstoff ein Verbundwerkstoff ist, der neben Siliziumkarbid Graphit zur Ausbildung einer entsprechenden Siliziumkarbid-Graphitmatrix aufweist. In einer weiteren Phase neben Siliziumkarbid kann auch ein Metall, beispielsweise Kupfer oder Aluminium, vorliegen.

**[0017]** Als Werkstoff für einen Schleifringkörper eines Schleifrings einer Stromübertragungseinrichtung kann ein nichtoxidischer keramischer Werkstoff verwendet

werden, der als Komponenten Siliziumkarbid und Graphit aufweist und in einer bevorzugten Zusammensetzung mindestens 50 Volumenprozent Siliziumkarbid und mindestens 40 Volumenprozent Graphit aufweist.

**[0018]** Der Schleifringkörper kann demzufolge eine Gefügestruktur mit einer Siliziumkarbid-Graphit-Verbundmatrix aufweisen.

**[0019]** Alternativ kann auch der Graphitanteil durch Oxidation entfernt und die im Schleifringkörper durch die resultierende Porosität entstandenen Hohlräume durch eine Imprägnierung des Schleifringkörpers mit einem Metall, wie beispielsweise Kupfer oder Aluminium, gefüllt werden.

**[0020]** Für den Schleifringkörper ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten, insbesondere in Maschinen oder Anlagen mit sehr hohen Lebensdauernanforderungen oder solchen bei denen insbesondere wegen erschwerter Zugänglichkeit der Stromübertragungsanordnung möglichst lange Wartungsintervalle angestrebt werden. Beispielhaft sind zu nennen: elektrische bzw. elektromechanische Antriebe von Kraftfahrzeugen oder Generatoren von Windkraftanlagen.

**[0021]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 8 zur Herstellung eines Schleifringkörpers für einen Schleifring einer erfindungsgemäßen Stromübertragungsanordnung für elektromechanische Maschinen wird in einer ersten Phase des Verfahrens ein Kohlenstoff-Formkörper carbonisiert und graphitisiert, und in einer nachfolgenden zweiten Phase des Verfahrens erfolgt eine Imprägnierung des Formkörpers mit flüssigem Silizium mit nachfolgender Ausbildung einer Siliziumkarbid-Graphit-Verbundmatrix.

## 35 Patentansprüche

1. Stromübertragungsanordnung für elektromechanische Maschinen und Anlagen mit einem auf einer Welle angeordneten Schleifring und einem mit einer Kontaktfläche in Schleifkontakt gegen eine Schleifringoberfläche anliegenden, Kohlenstoff aufweisenden Kontaktelement, wobei das Kontaktelement neben dem Kohlenstoff als elektrisch leitende Komponente eine abrasiv wirkende Komponente aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schleifring zur Ausbildung einer harten, gegen Abrasion beständigen Schleifringoberfläche einen Schleifringkörper aus einem harten elektrisch leitenden nichtoxidischen keramischen Material aufweist.
2. Stromübertragungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das für den Schleifringkörper gewählte Material ein keramischer Werkstoff auf Siliziumkarbid-Basis ist.
3. Stromübertragungsanordnung nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der keramische Werkstoff ein Verbundwerkstoff ist, der neben Siliziumkarbid Graphit aufweist.

4. Stromübertragungsanordnung nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der keramische Werkstoff eine Zusammensetzung aufweist, mit

- mindestens 50 Volumen-% Siliziumkarbid,
- mindestens 40 Volumen-% Graphit.

5. Stromübertragungsanordnung nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Schleifringkörper eine Gefügestruktur mit einer Verbundmatrix aus Siliziumkarbid und Graphit aufweist.

6. Stromübertragungsanordnung nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Schleifringkörper eine Gefügestruktur mit einer Verbundmatrix aus Siliziumkarbid und einem metallischen Anteil aufweist.

7. Stromübertragungsanordnung nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der metallische Anteil aus Kupfer und/oder Aluminium oder einer Kupfer oder Aluminium enthaltenden Legierung besteht.

8. Verfahren zur Herstellung einer Stromübertragungsanordnung für elektromechanische Maschinen und Anlagen gemäß Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in einer ersten Phase des Verfahrens der Herstellung des Schleifringkörpers für den Schleifring ein Kohlenstoff-Formkörper carbonisiert und graphitiert wird, und in einer nachfolgenden Phase des Verfahrens der Kohlenstoff-Formkörper mit flüssigem Silizium imprägniert wird zur Ausbildung einer Verbundmatrix aus Siliziumkarbid und Graphit.

## Claims

1. A current transmission arrangement for electromechanical machines and systems, comprising a slip ring arranged on a shaft and a contact element abutting with a contact surface in sliding contact against a slip ring surface and comprising carbon, the contact element comprising apart from carbon as an electrically conductive component an abrasively acting component,  
**characterized in that**  
for forming a hard, abrasion-resistant slip ring surface, the slip ring has a slip ring body made of a hard electrically conductive non-oxidic ceramic material.

2. The current transmission arrangement according to claim 1,  
**characterized in that**  
the material chosen for the slip ring body is a silicon carbidebased ceramic material.

3. The current transmission arrangement according to claim 2,  
**characterized in that**  
the ceramic material is a composite material which apart from silicon carbide comprises graphite.

4. The current transmission arrangement according to claim 3,  
**characterized in that**  
the ceramic material has a composition of
- at least 50 volume-% silicon carbide,
  - at least 40 volume-% graphite.

5. The current transmission arrangement according to the claim 4,  
**characterized in that**  
the slip ring body has a structural fabric with a composite matrix made of silicon carbide and graphite.

6. The current transmission arrangement according to claim 5,  
**characterized in that**  
the slip ring body has a structural fabric with a composite matrix made of silicon carbide and a metallic component.

7. The current transmission arrangement according to claim 6,  
**characterized in that**  
the metallic component consists of copper and/or aluminum or of an alloy containing copper or aluminum.

8. A method for producing a current transmission arrangement for electromechanical machines and systems according to claim 1,  
**characterized in that**  
in a first phase of the method of producing the slip ring body for the slip ring, a carbon mold is carbonized and graphitized, and in a subsequent phase of the method, the carbon mold is impregnated with liquid silicon so as to form a composite matrix of silicon carbide and graphite.

## Revendications

1. Ensemble de transfert de courant pour des machines et installations électromécaniques, comprenant une bague collectrice disposée sur un arbre et un élément de contact s'appuyant avec une surface de

- contact en contact coulissant contre une surface de bague collectrice et comprenant du carbone, l'élément de contact comprenant une composante agissant de façon abrasive en plus du carbone comme composante conductrice électrique, 5
- caractérisé en ce que**
- la bague collectrice a un corps de bague collectrice en un matériau céramique dur conducteur électrique non oxydique pour former une surface de bague collectrice dure et résistante à l'abrasion. 10
2. Ensemble de transfert de courant selon la revendication 1,
- caractérisé en ce que** 15
- le matériau choisi pour le corps de bague collectrice est un matériau céramique à base de carbure de silicium.
3. Ensemble de transfert de courant selon la revendication 2,
- caractérisé en ce que**
- le matériau céramique est un matériau composite qui comprend du graphite en plus du carbure de silicium. 20 25
4. Ensemble de transfert de courant selon la revendication 3,
- caractérisé en ce que**
- le matériau céramique a une composition avec 30
- au moins 50 % en volume de carbure de silicium,
  - au moins 40 % en volume de graphite.
- 35
5. Ensemble de transfert de courant selon la revendication 4,
- caractérisé en ce que**
- le corps de bague collectrice a une structure avec une matrice composite en carbure de silicium et en graphite. 40
6. Ensemble de transfert de courant selon la revendication 5,
- caractérisé en ce que** 45
- le corps de bague collectrice a une structure avec une matrice composite en carbure de silicium et en une fraction métallique.
7. Ensemble de transfert de courant selon la revendication 6,
- caractérisé en ce que**
- la fraction métallique est constituée de cuivre et/ou d'aluminium ou d'un alliage contenant du cuivre ou de l'aluminium. 50 55
8. Procédé pour la fabrication d'un ensemble de transfert de courant pour des machines et installations

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102006047084 A1 [0005]
- EP 0165515 A2 [0006]
- US 4034249 A [0007]