



(11)

EP 3 547 335 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.10.2019 Patentblatt 2019/40

(51) Int Cl.:
H01F 3/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18164736.3**

(22) Anmeldetag: **28.03.2018**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **26.03.2018 EP 18164021**

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:

- Krispin, Michael
85591 Vaterstetten (DE)**
- Lampenscherf, Stefan
85586 Poing (DE)**
- Rieger, Gotthard
80636 München (DE)**

(54) WEICHMAGNETISCHER KOMPOSIT-WERKSTOFF, VERWENDUNGEN DAZU

(57) Die Erfindung betrifft einen weichmagnetischen Komposit-Werkstoff, sowie dessen Verwendung in einem Elektromotor, beispielsweise einen Reluktanzmotor, in einem Generator, in einem Transformator und/oder

in einem Elektroblech. Durch die Erfindung ist es erstmals möglich, ein integriertes magnetisches Komposit-Material in einem Elektromotor wie beispielsweise einem Reluktanzmotor einzusetzen.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen weichmagnetischen Komposit-Werkstoff, sowie dessen Verwendung in einem Elektromotor, beispielsweise einen Reluktanzmotor, in einem Generator, in einem Transformator und/oder in einem Elektroblech.

[0002] In einem Elektromotor, einem Generator und/oder einem Transformator kommen in fast allen Ausführungsformen magnetische Werkstoffe auch in Form von Elektroblechen für die magnetische Flussführung zum Einsatz. In Elektromotoren und/oder in Generatoren sind die Elektrobleche meist in Lagen gestapelt und senkrecht zur Motorachse angeordnet. Bei Innenläufern werden sie auf die Achse aufgezogen. Die Magnetisierung liegt aus physikalischen Gründen bevorzugt in der Ebene. Zur Ausbildung des Drehmoments ist es erforderlich, dass der Fluss innerhalb dieser Ebene des Elektroblechs zur Ausbildung der Pole gekrümmt geführt wird. Dies wird durch Strukturbildung, d.h. üblicherweise subtraktiv, z.B. durch Stanzen erreicht.

[0003] Aus Gründen der Montage, insbesondere des Aufziehens auf die Achse oder aus anderen mechanischen Randbedingungen ein erheblicher Teil des flussführenden Materials ohne eigentliche magnetisch funktionale Eigenschaft eingesetzt. Speziell in Reluktanzmotoren und/oder Reluktanzmaschinen umfasst ein Blechschnitt aus mechanischen Stabilitätsgründen unvermeidliche axiale Verstrebungen. Dadurch wird das Elektroblech in ungünstiger Weise oder ohne Funktion eingesetzt und das Motor-Drehmoment reduziert. In Transformatoren ist ebenfalls eine gekrümmte Flussführung, beispielsweise rotatorisch und/oder in 90° Rechteckgeometrien wünschenswert.

[0004] Ein Reluktanzmotor ist beispielsweise aus der EP 2 838 180 A1 bekannt. Dort wird als Material der Pole, also als Material mit einer magnetischen Vorzugsrichtung ein ferromagnetisches Material eingesetzt, das eine geringe Koerzitivfeldstärke H kleiner 10 kA/m zeigt.

[0005] Beispielsweise wird im Falle des Reluktanzmotors innerhalb des Designs eines geschichteten Blechaufbaus längs der Drehachse der Blechschnitt üblicherweise - wie oben erwähnt - durch subtraktive Verfahren wie Stanzen erzeugt. Durch den Einsatz weichmagnetischer Sintermetalle auch als Soft Magnetic Composites - SMCs- bezeichnet, können zwar komplexere Formen erzeugt werden, jedoch ist aufgrund der Isotropie der Sinterkörper die gerichtete Flussführung nur eingeschränkt möglich und die mechanische Stabilität aufgrund der Sprödigkeit unzureichend. Zwar wäre auch eine Anordnung der Elektrobleche längs der Achse denkbar, aber dies führt zu einer erheblichen Erhöhung von Wirbelstromverlusten längs der Drehachse. Zusätzlich ist die mechanische Stabilität des Gesamtaufbaus bei hohen Zentrifugalkräften ungünstig. Durch die negativen Einflüsse einer Verformung und/oder einer Biegung des Elektroblechs - beispielsweise in Wannenform - werden auch die magnetischen Eigenschaften verschlechtert.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen optimierten Materialaufbau aus mechanisch belastbarem Konstruktionswerkstoff und magnetisch flussführendem Material sowie ein geeignetes Herstellungsverfahren, das eine einfache Krümmung des flussführenden Materials zur maximalen Nutzung des Flusses in Vorzugsrichtung ermöglicht, zur Verfügung zu stellen.

[0007] Die Lösung der Aufgabe wird durch den Gegenstand der Erfindung, wie er in den Ansprüchen und der Beschreibung offenbart ist, gelöst.

[0008] Dementsprechend ist Gegenstand der Erfindung ein anisotroper magnetischer Komposit-Werkstoff, der ein Gewebe in einem Kunstharz als Matrixmaterial umfasst, wobei das Gewebe erste Fasern, die magnetisch, unidirektional und in eine Richtung parallel angeordnet sind und dazu querliegende zweite Fasern, die strukturstabil sind, umfasst. Außerdem sind Verwendungen des magnetischen Komposit-Werkstoffes in Elektromotoren, Elektroblechen, Reluktanzmotoren, Generatoren und/oder in Transformatoren Gegenstand der Erfindung.

[0009] Die ersten Fasern umfassen beispielsweise unidirektionale - UD - magnetischen Draht oder unidirektionale - UD - magnetische Fasern und/oder Faserbündel. Die ersten Fasern umfassen insbesondere weichmagnetische Materialien, also Materialien die sich in einem Magnetfeld leicht magnetisieren lassen, wie beispielsweise Eisen, Stahl mit niedrigem Kohlenstoffanteil, Stahl mit Silizium-Zusatz, Nickel-Eisen-Legierungen, Cobalt-Eisen-Legierungen, Aluminium-Eisen-Legierungen, Aluminium-Silizium-Eisen-Legierungen, Ferrite sowie beliebige Gemische derartiger unidirektionaler weichmagnetischer Drähte, Fasern und/oder Faserbündel. Die ersten, weichmagnetischen Fasern werden im Wesentlichen parallel im Gewebe angeordnet, damit Anisotropie der magnetischen Flussführung im Werkstoff erzeugt werden kann. Im Wesentlichen parallel bedeutet dabei, dass ein Winkel zwischen zwei Fasern oder zwei Faserbündel nicht größer als 20° insbesondere nicht größer als 10° ist.

[0010] Die zweiten Fasern umfassen beispielsweise strukturstabile Fasern, die dazu dienen, die ersten Fasern in Position zu halten, diese umfassen beispielsweise Glasfasern, keramische Fasern, Kohlefasern oder Carbonfasern, polymere Kunststofffasern und/oder Aramidfasern, Holz und/oder Hanf-Fasern, sowie beliebige Gemische der vorgenannten Fasern. Sie sind bezüglich der ersten Fasern quer angerichtet, wobei quer nicht parallel bedeutet. Bevorzugt weisen sie einen Winkel zu den ersten Fasern auf, der zwischen 45° und 90° beträgt.

[0011] Die Kunstharzmatrix ist beispielsweise aus einem duroplastischen oder thermoplastischem und isolierendem Polymer wie einem Epoxidharz oder einem anderen, zur Herstellung von beispielsweise Elektroblechen geeignetem organischen Kunstharz, Lack, Isolierlack und/oder gefülltem, beispielsweise mit Pigmenten, Nanopartikeln, mineralischen Partikeln gefülltem, Lack.

[0012] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform wird

dieses mit Kunstharz imprägnierte Gewebe aus magnetischem Komposit-Werkstoff mit ungehärtetem Kunstharz imprägniert oder infiltriert. Als insbesondere vorteilhaft hat sich dabei herausgestellt, wenn das imprägnierte Gewebe zu einzelnen Lagen verarbeitet wird, die als noch feuchte Prepregs oder nicht vollständig ausgehärtete Prepregs auf eine Form, beispielsweise auf einen Kern eines Reluktanzmotors, abgelegt, mit oder ohne Kern getrocknet und zum fertigen Werkstoff ausgehärtet und mit dem Kern fest verbunden werden. Der Kern eines Reluktanzmotors, der die Drehachse umschließt, ist beispielsweise aus einem organischen polymeren Werkstoff, der sich gut mit dem Kunstharz, das die Matrix der Prepreg-Lagen bildet, verbindet. Die Prepreg-Lagen können, ebenso wie der fertige Komposit-Werkstoff, eine beliebige Form aufweisen, also beispielsweise als Band, als Schlauch, als konfektionierte Lage vorliegen.

[0013] Allgemeine Erkenntnis der Erfindung ist, dass ein Aufbau aus einem anisotropen magnetischen Komposit-Werkstoff aus einem UD - Gewebe mit einem Kern zu einem festen Verbund vernetzbar ist. Insbesondere ist es Erkenntnis der Erfindung, dass für die Polbildung beispielsweise eines Reluktanzmotors entsprechend der gekrümmten Flussführung der Magnetisierung der anisotropen magnetischen Komposit-Werkstoff auf den Kern als Stapel aufgelegt und mit dem Kern vernetzbar ist.

[0014] Durch die Integration des anisotropen magnetischen Komposit-Werkstoffs wird die Funktion der magnetischen Flussführung von der mechanischen Stabilitätsfunktion weitgehend entkoppelt. Dennoch lässt sich beispielsweise ein Rotor durch die formschlüssige Anbindung des Composites an das mechanische Trägersystem in einem Prozessschritt erzeugen.

[0015] Bei einem derartig mit anisotropem magnetischen Komposit-Werkstoff ausgerüsteten Motor wird eine deutlich erhöhte Leistung bei hohen Drehzahlen beobachtet. Große Hohlwellen sind möglich, weil der magnetische Fluss eine geringe Eindringtiefe in den Rotor hat. Geringe Drehmomentwelligkeit, geringe Schwinganregung und geringe Geräuschentwicklung durch eine homogene Feldverteilung sind möglich. Durch den anisotropen magnetischen Komposit-Werkstoff mit den leichten strukturstabilen zweiten Fasern können leichte und robuste Rotoren aufgebaut werden. Ein weiterer Vorteil der Trennung der optimierten magnetischen Flussführung von der mechanischen Stabilisierung liegt im weiteren Aufbau der Elektrobleche.

[0016] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird dem anisotropen magnetischen Werkstoff aus imprägniertem Gewebe zumindest zweierlei Fasern zur Herstellung eines Elektroblechs noch ein Metall zulegert, beispielsweise Silizium. Damit wird der elektrische Widerstand erhöht und Wirbelstromverluste reduziert. Zugleich reduzieren diese jedoch die Sättigungsmagnetisierung und somit den leitbaren magnetischen Fluss.

[0017] Allerdings sind aufgrund der Flussführung in Drähten Wirbelstromverluste aufbaubedingt stark einge-

schränkt und es kann auf Legierungselemente verzichtet werden. Dies erhöht die erreichbare Sättigungsmagnetisierung und damit die Flussleitfähigkeit mit günstiger Auswirkung auf die erreichbare Motorperformance.

5 **[0018]** Durch die Erfindung ist es erstmals möglich, ein integriertes magnetisches Komposit-Material in einem Elektromotor wie beispielsweise einem Reluktanzmotor einzusetzen.

10

Patentansprüche

1. Anisotroper magnetischer Komposit-Werkstoff, der ein Gewebe in einem Kunstharz als Matrixmaterial umfasst, wobei das Gewebe erste Fasern, die magnetisch, im Wesentlichen in eine Richtung angeordnet sind und dazu querliegende zweite Fasern, die nicht magnetisch sind, umfasst.
20. 2. Komposit-Werkstoff nach Anspruch 1, wobei die ersten Fasern unidirektionale magnetisierbare Drähte, Fasern und/oder Faserbündel aus einem weichmagnetischen Material umfassen.
25. 3. Komposit-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die zweiten Fasern organische oder anorganische strukturstabile Fasern wie beispielsweise keramische Fasern, Kohlefasern, polymere Kunststofffasern, Aramidfasern, und/oder Glasfasern sowie beliebige Mischungen der vorgenannten Fasern.
30. 4. Komposit-Werkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, der ein organisches Kunstharz umfasst, das Duroplast oder Thermoplast ist.
35. 5. Komposit-Werkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, der in Form vorgefertigter Prepreg-Lagen auf eine feste Form abgelegt und mehrere Prepreg-Lagen dort zu einem Laminatlagen-Stapel gestapelt werden.
40. 6. Komposit-Werkstoff nach Anspruch 5, wobei als feste Form der Kern eines Reluktanzmotors dient.
45. 7. Komposit-Werkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Laminatlagen-Stapel aus Prepreg-Lagen auf dem Kern des Reluktanzmotors ausgehärtet wird.
50. 8. Verwendung eines Komposit-Werkstoffes nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 7 in einem Elektromotor.
55. 9. Verwendung eines Komposit-Werkstoffes nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 7 in einem Generator.

10. Verwendung eines Komposit-Werkstoffes nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 7 in einem Reluktanzmotor.
11. Verwendung eines Komposit-Werkstoffes nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 7 in einem Transformator. 5
12. Verwendung eines Komposit-Werkstoffes nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 7 zur Herstellung eines Elektroblechs. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 16 4736

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	FR 2 764 429 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 11. Dezember 1998 (1998-12-11) * Seite 6, Zeile 20 - Seite 7, Zeile 4; Abbildung 5 *	1-4,6, 8-12	INV. H01F3/06
15 Y	* Seite 7, Zeile 29 - Seite 8, Zeile 11; Anspruch 1 *	5,7	
20 Y	----- WO 2017/153257 A1 (BROSE FAHRZEUGTEILE GMBH & CO KG WÜRZBURG [DE]) 14. September 2017 (2017-09-14) * Seite 31, Absatz 4 - Seite 33, Absatz 1; Abbildungen 7,8 *	5,7	
25 A	----- DE 10 2014 215318 A1 (SIEMENS AG [DE]) 4. Februar 2016 (2016-02-04) * Anspruch 1; Abbildungen 2,5 *	1-12	
30 A	----- US 2 887 454 A (TOULMIN JR HARRY A) 19. Mai 1959 (1959-05-19) * Anspruch 1; Abbildungen 6,7 *	1-12	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35			H01F
40			
45			
50 2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 23. Oktober 2018	Prüfer Primus, Jean-Louis
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 16 4736

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-10-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	FR 2764429 A1	11-12-1998	KEINE	
15	WO 2017153257 A1	14-09-2017	DE 102016203739 A1 EP 3295540 A1 WO 2017153257 A1	14-09-2017 21-03-2018 14-09-2017
20	DE 102014215318 A1	04-02-2016	DE 102014215318 A1 WO 2016020077 A1	04-02-2016 11-02-2016
25	US 2887454 A	19-05-1959	KEINE	
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 2838180 A1 [0004]