

(19)



(11)

**EP 3 083 076 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**11.03.2020 Patentblatt 2020/11**

(51) Int Cl.:  
**B05D 5/08 (2006.01) B05D 1/18 (2006.01)**  
**B05D 7/02 (2006.01) B05D 1/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15707284.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2015/050093**

(22) Anmeldetag: **06.01.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2015/161933 (29.10.2015 Gazette 2015/43)**

(54) **VERFAHREN ZUR HYDROPHOBIERUNG UND/ODER OLEOPHOBIERUNG EINES WERKSTOFFS SOWIE HYDROPHOBISIERTES UND/ODER OLEOPHOBIERTES BAUTEIL**

METHOD FOR HYDROPHOBIZING AND/OR OLEOPHOBIZING A MATERIAL, AND HYDROPHOBIZED AND/OR OLEOPHOBIZED COMPONENT

PROCÉDÉS D'HYDROPHOBISATION OU D'OLÉOPHOBIATION D'UN MATÉRIAU ET ÉLÉMENT HYDROPHOBISÉ OU OLÉOPHOBIÉ

(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**

(72) Erfinder: **BEHRENDT, Reiner Nico**  
**D-39539 Havelberg (DE)**

(30) Priorität: **17.12.2013 DE 102013226215**

(74) Vertreter: **Gulde & Partner**  
**Patent- und Rechtsanwaltskanzlei mbB**  
**Wallstraße 58/59**  
**10179 Berlin (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**26.10.2016 Patentblatt 2016/43**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-98/54397 WO-A1-2007/126327**  
**DE-A1-102013 226 215 US-A1- 2002 192 380**

(73) Patentinhaber: **Volkswagen Aktiengesellschaft**  
**38440 Wolfsburg (DE)**

**EP 3 083 076 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 Erfindung betrifft ein Verfahren zur Hydrophobierung und/oder Oleophobierung eines Werkstoffs sowie ein Bauteil einer Elektromaschine umfassend oder bestehend aus einem oleophobierten Werkstoff.

**[0002]** Bauteile bestehen häufig aus, zumindest in Teilbereichen, mit Polymeren überzogenen Werkstoffen. Diese Polymere werden beispielsweise als Vergussmassen für elektrische Maschinen, Leiterplatten oder elektrische Baugruppen, aber auch zur Verklebung und, beispielsweise in Form von Schutzlacken, als Beschichtung verwendet. Viele Materialgruppen der beteiligten Bauteile zeigen häufig Korrosions- beziehungsweise Aufquellerscheinungen beim Kontakt mit öligen und/oder wässrigen Lösungen. Ein Beispiel hierfür ist die sogenannte Kupferkorrosion, die häufig einsetzt, wenn elektrische und/oder elektronische Bauteile mit für die Funktionsweise notwendigen Medien in Verbindung kommen. Im Bereich der Verklebung treten hingegen insbesondere Probleme auf, wenn Feuchtigkeit zwischen die Kontaktbereiche von Polymer und Bauteil eindringt und dort zu Korrosion, Zersetzung und zum Aufquellen führt, was wiederum zu Zerstörung der Klebeverbindung und des Bauteils führen kann. Besonderes relevant sind derartige Probleme im Bereich elektrischer Maschinen.

**[0003]** Elektrische Maschinen (elektromechanische Wandler), beispielsweise elektrische Antriebsmotoren für Kraftfahrzeuge, Starter, Generatoren oder Starter-Generatoren, wandeln elektrische Energie in mechanische Energie (Motoren) beziehungsweise mechanische Energie in elektrische Energie (Generatoren) um. Diese elektromechanische Umwandlung beruht auf elektromagnetischer Induktion. Derartige elektrische Maschinen umfassen einen feststehenden Stator (Ständer), der nach einer häufigen Bauart einen Stator Kern (Blechpaket) mit entsprechenden Drahtwicklungen und darauf angeordneten Schaltringen umfasst, sowie eine bewegliche Komponente, die bei dem häufigsten Bautyp als Rotor (Läufer) ausgebildet ist, welcher drehbar in oder um den ringförmig ausgebildeten Stator gelagert ist und eine Vielzahl an Permanentmagneten aufweist. Dabei wird aufgrund des bewegten Magnetfeldes des Rotors ein Stromfluss in der Statorwicklung erzeugt (Generator) beziehungsweise aufgrund des durch den Stator erzeugten Magnetfeldes die mechanische Bewegung/Rotation des Rotors bewirkt (Motor). Umgekehrte Bautypen, bei denen der Rotor eine Wicklung und der Stator Magnete umfasst, sind ebenfalls bekannt.

**[0004]** Teile des, die Wicklung und den Schaltring aufweisenden Stators und/oder Rotors sind zum Zwecke ihrer elektrischen Isolation und ihres mechanischen Schutzes und des Schutzes gegenüber chemischen Einflüssen in einer Vergussmasse eingebettet. Die Vergussmasse wird insbesondere zur Einbettung des Schaltrings (auch als Verschaltungsring oder Kontaktbrücke bezeichnet) verwendet, welcher die Einzelwicklungen elektrisch miteinander verschaltet. Typischerweise basieren

Vergussmassen auf einem Silikonkautschuk. Zur Erhöhung ihrer Wärmeleitfähigkeit enthalten diese Silikonelastomere häufig einen Zusatz hoher Füllstoffanteile, beispielsweise in Form von Quarzpartikeln. Derartige Materialien erfüllen die meisten der technischen Anforderungen an Vergussmassen, insbesondere weisen sie eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit auf, eine hohe Temperatur- und Temperaturwechselbeständigkeit, eine hohe Wärmeleitfähigkeit, eine hohe Oxidationsstabilität, eine gute Untergrundhaftung sowie eine einfache Aushärtung und eine hohe Verarbeitungstoleranz. Problematisch ist jedoch die hohe Affinität der Silikone gegenüber Kohlenwasserstoffen. So zeigen sie die Neigung, Motoren- und Getriebeöle zu inkludieren und dadurch aufzuquellen. Durch die Quellung werden die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigt. Beispielsweise nimmt die Festigkeit und Materialhärte ab, die Temperaturbeständigkeit sinkt und eine Ablösung und ggf. Versprödung der Vergussmasse kann die Folge sein. Insbesondere bei ölgekühlten Elektromotoren, die bauartbedingt mit Getriebeölen in Kontakt kommen, ist somit die Reduzierung oder Verhinderung der Ölaufnahme und -quellung des Silikonmaterials wünschenswert.

**[0005]** Im Bereich der Magnetverklebung an Rotor oder Stator können eindringende Medien ebenfalls zu Problemen führen. Als Klebstoff für die Magnete kommen insbesondere Silikonharzsysteme zum Einsatz, die zum Teil mit Glaskugeln gefüllt werden, welche die Funktion von Abstandshaltern aufweisen und somit letztlich die Einstellung der Dicke des Kleberfilms ermöglichen. Die Magnetverklebung sollte grundsätzlich den gleichen technischen Anforderungen wie die Vergussmasse entsprechen (s.o.) und zusätzlich eine gute Klebewirkung für die Magnete bzw. Blechpakete aufweisen. Insbesondere sollte auch hier das verwendete Silikonharzsystem nicht durch Eindringen von Feuchtigkeit oder Ölen beeinträchtigt und die Haftfestigkeit herabgesetzt werden.

**[0006]** DE 31 33 734 C2 beschreibt eine elektrische Isolierung für einen Wickelkopf eines Stators oder Rotors einer elektrischen Maschine, die gleichzeitig vor Feuchtigkeit schützt. Die Beschichtung enthält einen Silikonkautschuk als Basismaterial, der anstelle eines mineralischen Füllmaterials stäbchenförmige Copolymere auf Basis von Styrol-Butylacrylat enthält.

**[0007]** WO 98/ 54 397 A1 offenbart ein Verfahren zur Hydrophobierung bzw. Oleophobierung eines Werkstoffs. Dabei wird die Oberfläche des Werkstoffs mit einem Mittel zur Oberflächenbehandlung in Kontakt gebracht.

**[0008]** In WO 2007/ 126 327 A1 ist ein Verfahren zum Hydrophobisieren oder Lipophobisieren eines Werkstoffs beschrieben. Dabei wird superkritisches CO<sub>2</sub> als Trägermaterial für Polymer oder Co-Polymer verwendet, welches die Oberfläche des Werkstoffs zu hydrophobisieren oder zu lipophobisieren vermag. Hierzu wird der Werkstoff gemeinsam mit dem Polymer in einen Reaktor verbracht.

**[0009]** US 2002/ 192 380 A1 beschreibt die Behand-

lung eines keramischen Werkstoffs mit einem fluorierten Silan zur Behandlung dessen Oberfläche. Das fluorierte Silan wird dazu in komprimiertem CO<sub>2</sub> gelöst und anschließend auf die Oberfläche aufgesprüht.

**[0010]** Daneben ist die wasserabweisende Wirkung von fluorhaltigen Verbindungen aus vielen technischen Bereichen bekannt. Beispielsweise werden Textilien mit PTFE beschichtet oder Fluorcarbonketten kovalent an die Fasern angebunden, um hydrophobe und gleichzeitig oleophobe Oberflächen zu erzeugen. Ebenfalls ist aus der Textilindustrie bekannt, hydrophobe Beschichtungen auf Basis von Silikonen und Fluorcarbonen auf die Textilien aufzubringen. Bei Synthetikfasern aus Polyolefinen oder Polyestern wird darüber hinaus auch die Gasphasenfluorierung angewendet, die eine aufwändige Kombination von Plasmabehandlung, Luftzufuhr, Pfcropfen von Fluorcarbon-Monomeren und anschließend eine weitere Plasmabehandlung in CF<sub>4</sub>-Atmosphäre erfordert (US 2011/045200A1).

**[0011]** US 5,416,373 beschreibt eine Wicklung eines Stators oder Rotors einer elektrischen Maschine, bei der die Wicklung mit einem elektrisch isolierenden Film oder mit einem Glimmerband beschichtet ist. Im freiliegenden Wickelkopfbereich ist zusätzlich eine fluorhaltige Beschichtung aufgebracht, um die Wicklung gegen Feuchtigkeit zu schützen.

**[0012]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Hydrophobierung und/oder Oleophobierung von Bauteilen bereitzustellen, welches die Probleme des Standes der Technik löst oder zumindest mildert. Dabei soll insbesondere die Haltbarkeit und Beständigkeit der Hydrophobierung und/oder Oleophobierung deutlich erhöht werden.

**[0013]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Bauteil einer Elektromaschine, umfassend einen mit dem Verfahren oleophobierten Werkstoff. Somit betrifft ein erster Aspekt der Erfindung ein Verfahren zur Hydrophobierung und/oder Oleophobierung eines Werkstoffs, umfassend

- a. das Beladen eines komprimierten Gases mit einem Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel,
- b. Inkontaktbringen des Werkstoffs mit dem komprimierten und beladenen Gas und
- c. Entfernen des Gases von dem Werkstoff,

wobei das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel eine Fluorcarbonverbindung umfasst und der Werkstoff ein Polymer umfasst.

**[0014]** Die Verfahrensabfolge kann bedarfsweise mit dem gleichen oder einem anderen Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel wiederholt werden. Bei konventionellem Aufbringen von Hydrophobierung und/oder Oleophobierungsmitteln durch Aufstreichen, Aufsprühen oder Eintauchen kann auf den zu isolierenden Werkstoffen lediglich eine Schutzschicht im Nanometerbereich aufgetragen werden. Wird die Oberfläche

beschädigt oder weist diese Fremdphasen, zum Beispiel durch Füllstoffpartikel auf, kann Öl in diese Stellen eindringen, den Werkstoff schädigen und ferner die Zerstörung der Isolationsschicht vorantreiben. Das erfindungsgemäße Verfahren hingegen erreicht eine Tiefenimprägnierung des behandelten Werkstoffs. Diese kann dadurch erreicht werden, dass ein komprimiertes Gas als Trägerstoff für ein Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel genutzt wird. Das beladene Gas dringt mitsamt des Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittels tief in die zu isolierenden Werkstoffe ein. Bei einem anschließenden Entfernen des Gases verbleibt das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel im und auf dem Werkstoff. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann demnach sowohl eine Tiefenimprägnierung von einigen Nanometern als auch eine Oberflächenimprägnierung eines Werkstoffs erzielt werden. Durch die Verwendung eines komprimierten Gases als Trägerstoff kann ein breites Spektrum an löslichen Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmitteln genutzt werden. Dabei ist es völlig unerheblich, ob diese selbst im gasförmigen Zustand handhabbar sind. Zudem muss für das eigentliche Lösungsmittel, nämlich das komprimierte Gas, kein giftiges oder brennbares Lösungsmittel verwendet werden, was sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht Vorteile gegenüber bisherigen Verfahren darstellt, insbesondere wenn das Lösungsmittel wiederverwendet, also recycelt wird.

**[0015]** Das Beladen des komprimierten Gases findet grundsätzlich unter Druck statt und kann in einer Druckkammer, beispielsweise einem Autoklaven, vorgenommen werden. Unter Beladen wird in vorliegender Erfindung ein Vorgang verstanden, bei dem es durch Sorption zu einer Anreicherung eines Stoffs, insbesondere des Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittels, in einer Phase des Werkstoffs oder an einer Phasengrenze kommt. Bei dem zu beladenen Stoff handelt es sich um ein komprimiertes Gas, welches aufgrund eines gegenüber normalem Luftdruck erhöhten Drucks verdichtet vorliegt. Die Stoffmenge von 1 mol eines komprimierten Gases nimmt gegenüber dem unverdichteten, idealen Gaszustand unter Normbedingungen ein kleineres Volumen als 22,4 l ein. Unter einem Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel ist in vorliegender Erfindung ein Mittel zu verstehen, welches den oleophoben, also den ölabweisenden Charakter eines Stoffs, insbesondere dessen Oberfläche erhöht, also selbst eine höhere Oleophobizität als der Werkstoff aufweist. Die Oleophobizität ist beispielsweise durch (insbesondere statische) Messung des Kontaktwinkels eines Tropfens Öls auf einer planen Oberfläche des Materials messbar, wobei mit zunehmender Oleophobizität der Kontaktwinkel entsprechend steigt. Für Hydrophobierungsmittel und Hydrophobie gelten analoge Zusammenhänge, wobei hier der wasserabweisende Charakter unter Verwendung eines Tropfens Wasser gemessen wird.

**[0016]** Im Sinne der Erfindung schließen Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel auch und bevor-

zugt solche ein, die über ihre oleophobierende auch eine hydrophobierende Wirkung zeigen.

**[0017]** Das Hydrophobieren und/oder Oleophobieren eines Werkstoffs erfolgt erfindungsgemäß durch Inkontaktbringen des Werkstoffs mit dem beladenen Gas. Diese Werkstoffe sind Teil eines Bauteils. Unter Bauteilen sollen Materialien verstanden werden, die in Produktionsprozessen verarbeitet werden und in die Endprodukte eingehen oder diese darstellen. Hier sind davon sowohl Halbzeuge, wie einzelne Bauteile, Halbfertigprodukte, wie Statoren und Rotoren in einer Fertigungsstufe, aber auch Fertigprodukte, wie E-Maschinen umfasst. Ferner sollen sowohl Bauteile aus Metallen und Nichtmetallen als auch aus organischen und anorganischen Materialien sowie deren Verbundwerkstoffe umfasst sein.

**[0018]** Das Inkontaktbringen des Werkstoffs mit dem beladenen Gas kann ebenfalls in einer Druckkammer geschehen, welche zweckmäßigerweise zu der Druckkammer benachbart ist, in welcher das komprimierte Gas mit dem Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel beladen wurde. Das Öffnen einer Schleuse würde dann dazu führen, dass sich das beladene Gas in der Kammer, in dem sich das Bauteil befindet, ausbreitet und diese füllt. Dabei ist bevorzugt, dass es nicht zu einer Dekompression des Gases kommt, sondern das Gas weiterhin komprimiert vorliegt, so dass das komprimierte Gas die Oberfläche und den oberflächennahen Bereich des Werkstoffs sättigt. Nach einer vorbestimmten Verweilzeit kann das Gas vom Werkstoff getrennt und aus der Kammer entfernt werden. Dabei kommt es zu einer Trennung zwischen Gas und Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel. Das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel verbleibt am und/oder im Werkstoff. Das Gas hingegen kann dem Prozess wieder zugeführt und wiederverwendet werden. Der Werkstoff kann nachfolgenden Behandlungen, z.B. einem Temperaturschritt zum Ausreagieren des reaktiven Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittels mit dem Werkstoff, unterworfen werden.

**[0019]** In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung handelt es sich bei dem Bauteil um ein oder mehrere Teile einer Elektromaschine. Elektromaschinen, insbesondere Rotoren, Statoren, Spulen, deren Nutisolationen, Crimpverbindungen, Hochspannungs- und Spulenanschlüsse sowie Schaltringe, sind häufig Motoren- und/oder Getriebeölen ausgesetzt. Sie bestehen jedoch häufig aus Materialien, wie Kupfer, Zinn und anderen Metallen, welche unter dem Einfluss von derartigen Ölen zu Korrosion und damit Zerstörung neigen. Somit sind insbesondere diese Bauteile durch eine Hydrophobierung und/oder Oleophobierung zu schützen, deren Haltbarkeit in einem sinnvollen Verhältnis zur Nutzzeit, beispielsweise Laufzeit der Elektromaschine beziehungsweise der Teile einer Elektromaschine, steht.

**[0020]** Zum Zwecke von elektrischer Isolation und/oder Verkapselung weisen Bauteile, zumindest in Teilbereichen, eine ein Polymer umfassende Oberfläche

auf. In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung handelt es sich bei dem zu hydrophobierendem und/oder oleophobierendem Werkstoff um ein Polymer. Polymere sind dabei chemische Verbindungen, insbesondere Kohlenwasserstoffverbindungen, aus Ketten oder verzweigten Molekülen, die wiederum aus gleichen oder gleichartigen Einheiten, den so genannten Wiederholeinheiten, bestehen. Besonders bevorzugt zur Isolation von Bauteilen sind Silikone. Diese können vorteilhafterweise sowohl zum Abdichten als auch zur Verklebung geeignet sein. Die häufige Verwendung von Silikon, wie beispielsweise als Vergussmasse bei Elektromaschinen, rührt insbesondere aus der Kombination von hoher Elastizität bei gleichzeitiger geringer elektrischer Leitfähigkeit, hoher Temperaturwechselbeständigkeit, hoher Wärmeleitfähigkeit und hoher Oxidationsstabilität bei gleichzeitig guter Untergrundhaftung her. Solche Eigenschaften finden sich vor allem bei Silikon- und Epoxidharzen, vor allem zähmodifizierten Epoxidharzen.

**[0021]** Bezogen auf das erfindungsgemäße Verfahren zeigen Polymere, insbesondere Silikone, vorteilhafterweise eine hohe Durchdringbarkeit für das komprimierte Gas. Somit wird gewährleistet, dass das beladene Gas beim Inkontaktbringen mit dem Bauteil nicht nur die Oberfläche des Polymers benetzt, sondern vielmehr das Polymer durchdringt. Bevorzugt dringt das beladene komprimierte Gas ebenfalls in den oberflächennahen Bereich des polymeren Werkstoffs ein. Somit ist auch im Falle einer Beschädigung des Polymers eine Hydrophobierung und/oder Oleophobierung des Bauteils in diesem Bereich sichergestellt.

**[0022]** Vorzugsweise liegt das komprimierte Gas als superkritisches Fluid vor. Ein Stoff liegt dann als superkritisches Fluid vor, wenn Druck und Temperatur über dem kritischen Punkt des Stoffs liegen. Der Stoff befindet sich dann in einem Zustand, in dem die Unterschiede zwischen flüssig und gasförmig aufhören zu existieren. Superkritische Fluide haben daher deutlich andere Eigenschaften, als Gase oder Flüssigkeiten. Zumeist ähnelt die Diffusibilität der des Gases, wobei das Lösungsvermögen eher dem der Flüssigkeit nahe kommt. Die Lösungseigenschaften hängen wiederum stark von der Dichte ab, die sich in einem relativ weiten Bereich beeinflussen lässt. Eine höhere Dichte erhöht dabei die Löslichkeit der meisten Stoffe. Überkritische Fluide sind dank ihrer hohen Diffusibilität überaus agile Substanzen. Dadurch können sie in andere Stoffe eindringen. Liegt das im erfindungsgemäßen Verfahren genutzte komprimierte Gas derart komprimiert vor, dass es als superkritisches Fluid vorliegt, verfügt es nicht nur über eine hohe -Diffusibilität, welche es befähigt, den Werkstoff beziehungsweise das Polymer zu durchdringen. Vielmehr ist das Lösungsvermögen des Gases, insbesondere in Bezug auf Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel, im Vergleich zum gasförmigen Zustand sehr stark erhöht. Wird das als superkritische Fluid vorliegende komprimierte Gas mit dem Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel beladen, kann eine sehr hohe

Konzentration an Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel erzielt werden. Kommt das beladene Fluid dann mit dem Werkstoff in Kontakt, kann die Oberfläche des Werkstoffs beziehungsweise der oberflächennahe Bereich innerhalb des Werkstoffs in verhältnismäßig kurzer Zeit mit dem Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel gesättigt werden. Somit kann die Verwendung eines superkritischen Fluids als Trägerstoff zu einer besonders gleichmäßigen, lückenlosen und/oder tiefen Hydrophobierung bzw. Oleophobierung des Werkstoffs führen.

**[0023]** Besonders bevorzugt handelt es sich bei dem Gas, insbesondere bei dem superkritischen Fluid, um Kohlendioxid. Kohlendioxid ist ein bei Raumtemperatur gasförmig vorliegender ungiftiger Stoff. Durch die schwache Polarität ist es, insbesondere im superkritischen Zustand ein ideales Lösungsmittel für die meisten Hydrophobierungs- und Oleophobierungsmittel. Der kritische Punkt von Kohlendioxid liegt bei 31 °C und 73,8 bar. Daher ist Kohlendioxid in Produktionsbetrieben untermäßigem Aufwand leicht handhabbar und bietet somit für das erfindungsgemäße Verfahren einen guten Trägerstoff. Ebenfalls als Trägerstoff bevorzugt ist Sauerstoff, insbesondere kritischer Sauerstoff. Die Lage des kritischen Punktes (50,4 bar und - 118,4 °C) gestaltet jedoch die Handhabung in der Produktion schwieriger. Zudem ist das Lösungsverhalten bei Sauerstoff auf unpolare Lösungsmittel beschränkt und deckt somit nicht den gesamten Bereich der bevorzugten Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel in der Werkstoffkunde ab.

**[0024]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel Fluorcarbonverbindungen umfasst. Fluorcarbonverbindungen sind teil- oder perfluorierte Kohlenwasserstoffverbindungen. Bevorzugt handelt es sich bei der Fluorcarbonverbindung um ein Fluoralkylsiloxan. Hierbei handelt es sich um trifunktionelle organische Verbindungen, genauer um durch Fluoralkylgruppen und gegebenenfalls Aminoalkylgruppen funktionalisierte Oligosiloxane. Der besondere Vorteil gegenüber anderen Fluorcarbonverbindungen liegt darin, dass es zusätzlich zu den hydrophoben und oleophoben Eigenschaften der Verbindung unter Ausbildung von Si-O-Bindungen und nachfolgender Quervernetzung zu chemischen Reaktionen mit der Oberfläche des Werkstoffs, insbesondere eines Polymers, kommen kann, wodurch sich eine besonders gute Verbindung zwischen Oberfläche und Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittel herausbildet. Besonders vorteilhaft hat sich die Verwendung von Tridecafluorocetyltriethoxysiloxan als Fluoralkylsiloxan erwiesen. Diese Verbindung ist insbesondere für die Produktion sehr gut geeignet, da sie zum einen sehr gute Haftungs-, Hydrophobierungs- und Oleophobierungseigenschaften zeigt und zudem aber auch ungiftig und damit mit wenig Aufwand verarbeitbar ist.

**[0025]** Alternativ weisen die Fluorcarbonverbindungen polare und/oder ionische funktionelle Gruppen auf. Diese

erhöhen den oleophoben Charakter der Fluorcarbonverbindungen. Vorzugsweise handelt es sich bei der Fluorcarbonverbindung dann um ein Fluortensid, insbesondere ein ionisches Fluortensid. Fluortenside umfassen einerseits kurze bis mittellange teil- oder perfluorierte Kohlenstoffketten, welche einen hydrophoben Charakter aufweisen. Andererseits weisen Fluortenside eine polare, insbesondere eine ionische Gruppe, in vorzugsweise terminaler Position auf, welche der Verbindung den gewünschten oleophoben Charakter verleiht. Bevorzugte Kettenlängen der hydrophoben teil- oder perfluorierten Kohlenstoffkette liegen im Bereich von 2 bis 40 Kohlenstoffatomen, insbesondere von 4 bis 30 Kohlenstoffatomen, vorzugsweise von 5 bis 15 Kohlenstoffatomen.

**[0026]** Nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung findet das Hydrophobieren bzw. Oleophobieren, also das Inkontaktbringen des Werkstoffs mit dem komprimierten Gas über einen Zeitraum von einer Minute bis zu 10 Stunden statt. Innerhalb dieses Zeitraums kommt es zur Einstellung eines Gleichgewichtes der Konzentration des Gases innerhalb des Werkstoffs und außerhalb des Werkstoffs und damit zu einer Gleichgewichtskonzentration des Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittels innerhalb und außerhalb des Werkstoffs. Diese Gleichgewichtskonzentration an Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittel stellt gleichzeitig die maximal zu erreichende Konzentration des Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittels innerhalb des Werkstoffs unter den gegebenen äußeren physikalischen Bedingungen dar. Um die Oberfläche des Werkstoffs beziehungsweise den innerhalb des Werkstoffs mit Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittel beladenem Gas nahezu zu sättigen, werden Zeiträume von 1 bis 7 Stunden, insbesondere von 2 bis 3 Stunden besonders bevorzugt. Die Sättigungskurve zeigt typischerweise einen hyperbelähnlichen Verlauf. Um eine möglichst kurze Produktionszeit bei möglichst großer Sättigung zu realisieren, stellten sich Expositionszeiten von zwei bis drei Stunden als vorteilhaft heraus.

**[0027]** Die Konzentration von Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel an der Oberfläche und innerhalb des Werkstoffs ist proportional zur Konzentration des Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittels innerhalb des Trägerstoffs, also des Gases, beziehungsweise des superkritischen Fluids. Die Konzentration des Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittels innerhalb des Trägerstoffs hängt wiederum vom Lösungsvermögen des Trägerstoffs ab. Die Lösungsmittel-eigenschaften des Trägerstoffs wiederum verhalten sich insbesondere im superkritischen Zustand proportional zur Dichte des Trägerstoffs. Da der Trägerstoff bevorzugt zumindest nahezu mit Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittel gesättigt vorliegen sollte, findet das Hydrophobieren bzw. Oleophobieren bevorzugt unter einem Druck von mindestens 55 bar und/oder bei einer Temperatur von mindestens 25 °C statt.

**[0028]** Nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird das Entfernen des Gases durch Druckver-

minderung ausgelöst. Nach Sättigung des Werkstoffs mit dem beladenen Gas erfolgt vorzugsweise zunächst eine Druckverminderung auf Umgebungsdruck, wobei insbesondere ein möglichst großer Druckgradient realisiert wird. Bevorzugt erfolgt somit ein schlagartiges Entspannen. Durch das spontane Entspannen des Gases erfolgt eine Separation des Gases von dem Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittel. Durch den Übergang vom superkritischen in den gasförmigen Zustand entweicht der Trägerstoff aus dem Werkstoff. Das Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittel hingegen verbleibt auf dem Werkstoff beziehungsweise im Werkstoff. Der nunmehr gasförmig vorliegende, vorzugsweise von Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittel befreite Trägerstoff kann durch geeignete Apparaturen in die erste Kammer, in der vormals die Beladung des Trägerstoffs mit Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsmittel stattfand, zurückgeleitet und somit recycelt werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Hydrophobierungs- bzw. Oleophobierungsverfahren kann das beschriebene Verfahren besonders ökologisch und ökonomisch durchgeführt werden.

**[0029]** Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Bauteil einer Elektromaschine, umfassend einen Werkstoff oder bestehend aus einem solchen, wobei ein Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel in einem oberflächennahen Bereich des Werkstoffs bis zu einer Tiefe von zumindest 1 mm, insbesondere zumindest 2mm, vorzugsweise zumindest 2,5 mm, in dem Werkstoff nachweisbar ist. Dabei weist das Hydro- und/oder Oleophobierungsmittel in den genannten Tiefen vorzugsweise einen Massenanteil von wenigstens 1 Gew.-% bezogen auf die Gesamtmasse aus Werkstoff und Hydro- bzw. Oleophobierungsmittel auf. Das erfindungsgemäße Bauteil ist beispielsweise mit dem oben beschriebenen Verfahren hydro und/oder oleophobierbar. Bei konventionellem Aufbringen von Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel, wie beispielsweise durch Aufstreichen, Aufsprühen oder Eintauchen, kann lediglich eine oberflächliche Schutzschicht im Nanometerbereich auf dem Bauteil erzielt werden. Wird die Oberfläche des Werkstoffs beschädigt oder weist diese Fremdphasen auf, kann es zur Zerstörung des Werkstoffs und somit des Bauteils durch ölbedingte Korrosion kommen. Findet hingegen im oberflächennahen Bereich des Werkstoffs eine Tiefenoleophobierung statt, so kann trotz oberflächlicher Beschädigung des Werkstoffs eine Hydrophobierung und/oder Oleophobierung des Werkstoffs sichergestellt werden. Eine Hydrophobierung und/oder Oleophobierung im oberflächennahe Bereich innerhalb des Werkstoffs erhöht somit die Haltbarkeit der Hydrophobierung und/oder Oleophobierung, insbesondere dann, wenn das Bauteil infolge von Benutzung schädigenden äußeren Einflüssen ausgesetzt ist. Darüber hinaus ist die Hydrophobierung und/oder Oleophobierung nicht an die Haltbarkeit von eventuellen Zwischenschichten, wie beispielsweise Polymeren gebunden.

**[0030]** Die verschiedenen in dieser Anmeldung genannten Ausführungsformen der Erfindung sind, sofern im Einzelfall nicht anders ausgeführt, mit Vorteil miteinander kombinierbar.

5 **[0031]** Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

10 Figur 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0032]** Nachfolgend soll die Erfindung anhand der in Figur 1 gezeigten schematischen Darstellung und einem konkreten Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Das Verfahren wird in bevorzugter Weise in zwei miteinander verbundenen Kammern 30 und 35 durchgeführt und ist grundsätzlich in vier Verfahrensschritte gliederbar. Figur 1 zeigt das erfindungsgemäße Verfahren zur Hydrophobierung und/oder Oleophobierung eines Werkstoffs 15 in vier Schritten.

**[0033]** Zu Beginn wird, wie in der Figur 1a gezeigt, in einer ersten Kammer 30 ein komprimiertes Gas 22, hier superkritisches Kohlendioxid mit einem Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel 21 beladen. Bei der Kammer 30 sollte es sich um eine Druckkammer handeln, die an die notwendigen Druck- und Temperaturverhältnisse zum Erzeugen eines superkritischen Gases angepasst ist.

**[0034]** Das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel 21 umfasst bevorzugt eine Fluorcarbonverbindung, welche im vorliegenden Beispiel polare und/oder ionische Gruppen aufweist. Vorzugsweise handelt es sich bei der Fluorcarbonverbindung um ein Fluoralkylsiloxan wie von der Firma Evonik unter den Markennamen Dynasytan® F8261, Dynasytan®F8263, Dynasytan®F8815, Dynasytan® Sivo und Dynasytan®Sivo Clear sowie Dynasytan®Sivo Clear EC vertrieben wird. Alternativ ist auch die Verwendung eines ionischen Fluorortensids als Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel 21 bevorzugt, insbesondere eines teilfluorierten C2- bis C40-Phosphorsäurealkylester. Vorzugsweise wird als ein solcher Vertreter ein Reaktionsprodukt aus 1H, 1H, 2H, 2H, Perfluor-1-oktanol und Phosphor- pentoxid oder einem Salz von diesem Produkt, insbesondere ein Ammoniumsalz verwendet. Dieses enthält vorzugsweise ein Bindemittel und/oder Netzmittel auf Acrylatbasis. Ein entsprechendes Produkt ist unter der Markenbezeichnung Capstone® FS-63 (Fa. DuPont) erhältlich. Alternativ können die Produkte Capstone® FS-81, Capstone FS 22, Capstone FS 61, Capstone FS 63, Capstone FS 81, Capstone FS 3100, oder Zonyl® FSP (alle von DuPont), verwendet werden.

**[0035]** Ist das komprimierte Gas 22 mit Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel 21 gesättigt, wird das nunmehr beladene Gas 20 über eine hier nicht dargestellte Leitungsverbindung in eine zweite Kammer 35 eingeleitet (Figur 1b). Bevorzugterweise gleichen die Bedingungen innerhalb der zweiten Kammer 35 nach

Einlass des beladenen Gases 22 denen in der ersten Kammer 30. In der zweiten Kammer 35 befindet sich beim Eintreffen des beladenen Gases 20 bereits ein Bauteil 10, welches einen zu hydro- und/oder oleophobierenden Werkstoff 15 umfasst. Alternativ kann das Bauteil 10 auch nach dem Einleiten des Gases über eine nicht dargestellte Schleuse in die Kammer 35 eingebracht werden. Bei dem Bauteil 10 handelt es sich zum Beispiel um einen Stator einer Elektromaschine.

**[0036]** Bauteil 10 weist an seiner Oberfläche einen Werkstoff 15 auf. Der Werkstoff 15 kann eine Schicht eines Polymers, hier eine Vergussmasse sein. Dabei ist unerheblich, ob die Schicht vollflächig oder nur in einem bestimmten Bereich der Oberfläche aufgebracht ist.

**[0037]** Der Werkstoff 15 ist insbesondere ein Silikon, bevorzugt ein Methylpolysiloxan-Kautschuk, beispielsweise ein Vinylmethyl-Polysiloxan-Kautschuk (VMQ) oder ein Phenylvinylmethyl-Polysiloxan-Kautschuk (PVMQ). Beispielsweise kann hier das unter der Marke RAKU-SIL® 10-S 13/9 (Fa. Rampf Giessharze GmbH & Co. KG) vertriebene Silikonelastomer verwendet werden. Es werden bevorzugt additionsvernetzende Silikon-Kautschuke verwendet. Das Polymer ist abhängig von dem komplett einzugießenden Bauteil, typischerweise in einer Dicke von mehreren Millimetern, beispielsweise 5 mm, aufgetragen.

**[0038]** Das beladene Gas 20 verteilt sich aufgrund normaler physikalischer Prozesse und der gegebenen Freiheitsgrade gleichmäßig in der Kammer 35. Dabei lagert es sich ebenfalls auf der Oberfläche des Bauteils 10, insbesondere auf dem Werkstoff/Polymer 15 ab (Figur 1c). Aufgrund der hohen Diffusibilität komprimierter Gase dringt das beladene Gas 20 in den oberflächennahen Bereich des Werkstoffs 15 ein. Ebenfalls begünstigt wird das Einbeziehungsweise Durchdringen des beladenen Gases 20 durch die im Inneren der Kammer 35 herrschenden Bedingungen, wie Druck und Temperatur. Beide Parameter sind in Bezug auf die normalen Bedingungen (25°C und 1 bar) erhöht. Da beide Parameter wiederum in direktem Zusammenhang mit der Diffusibilität des beladenen Gases 20 und damit mit der Eindringtiefe stehen, begünstigen die Bedingungen innerhalb der Kammer 35, dass sich beladenes Gas 20 so hoch wie möglich im Werkstoff 15 konzentriert. Neben einer möglichst hohen Eindringtiefe ist es vorteilhaft, dass das beladene Gas 20 möglichst gleichmäßig an der Oberfläche des Werkstoffs 15 konzentriert ist. Diese Parameter werden bevorzugt durch die Expositionszeit, also die gemeinsame Verweilzeit von beladenem Gas 20 und Werkstoff 15 in der Kammer 35 unter erhöhtem Druck, beeinflusst. Ideale Expositionszeiten liegen zwischen einer Minute und 10 Stunden, bevorzugt aber zwischen 1 und 7 Stunden. Innerhalb dieser Zeit tritt eine Sättigung des Werkstoffs 15 mit beladenem Gas 20 ein.

**[0039]** Anschließend wird das komprimierte Gas 20 vom Werkstoff 15 getrennt (Figur 1d). Dies kann vorzugsweise durch Druckerverminderung geschehen, wobei das komprimierte Gas 20 entspannt wird und in einen

gasförmigen Zustand übergeht. Damit verliert es seine hervorragenden Trägereigenschaften und das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel 21 liegt nicht länger im Gas 22 gelöst vor. Während das Gas 22 aus dem Werkstoff 15 entweicht und über einen nicht dargestellten Weg aus der Kammer 35 geleitet wird, verbleibt das trägere Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel 21 im und auf dem Werkstoff 15. Überschüssiges Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel 21, also solches, welches nicht in den Werkstoff 15 eingedrungen ist und auch nicht kondensiert auf der Oberfläche vorliegt wird ebenfalls aus der Kammer 35 geleitet.

**[0040]** Sowohl das Gas 22, als auch überschüssiges Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel 21 werden im erfindungsgemäßen Verfahren nicht verunreinigt, so dass sie wieder in die erste Kammer 30 eingeleitet, gegebenenfalls aufkonzentriert und wiederverwendet werden können. Dieses Recycling der Ausgangsstoffe ermöglicht eine ökonomische und zugleich ökologische Hydrophobierung und/oder Oleophobierung von Werkstoffen.

**[0041]** Die einzelnen Schritte werden nachfolgend an einem konkreten Ausführungsbeispiel nochmals erläutert.

**[0042]** In einer möglichen Ausführungsform wird in einem Hochdruckreaktor (Kammer 30) ein Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel (21) in superkritischem Kohlendioxid (komprimiertes Gas 22) bei einem Druck von 75 bar und einer Temperatur von 35 °C in Lösung gebracht. Wenn das nunmehr als superkritisches Gas vorliegende Kohlendioxid (komprimiertes Gas 22) mit Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel gesättigt ist, wird das entstandene beladene Gas (20) in eine zweite Kammer (35) geleitet. In dieser zweiten Kammer wurde zuvor ein Stator (Bauteil 10) einer Elektromaschine eingeschleust. Hier herrschen in Bezug auf Druck und Temperatur die gleichen Bedingungen wie in der ersten Kammer. Da sich das beladene Gas im superkritischen Zustand befindet verfügt es über besondere Transport- und Trägereigenschaften in Bezug auf das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel. Es dringt tief in den Werkstoff 15, insbesondere in Vergussmasse, Imprägnierharz und Nutisolationen des Stators ein und schleppt das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel mit. Nach etwa zwei bis drei Stunden ist die Einstellung des Gleichgewichts und damit auch die Gleichgewichtskonzentration an Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel im und am Stator erreicht. Anschließend wird der Druck in der zweiten Kammer schlagartig, durch Öffnen eines Ventils in eine dritte Kammer, reduziert, wodurch das Kohlendioxid vom superkritischen Zustand in den gasartigen Zustand übergeht. Dies hat zur Folge, dass das Kohlendioxid schlagartig seine besonderen Träger- und Transporteigenschaften verliert und das Kohlendioxid unter Zurücklassung des Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittels aus den hydrophobierten bzw. oleophobier-

ten Bauteilen des Stators entweicht. Das außerhalb des Stators zurückbleibende Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel sowie das expandierte Kohlendioxid werden aus der zweiten und dritten Kammer in die erste Kammer des Hochdruckreaktors zurück gepumpt und dort unter Hinzufügung von weiterem Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel durch Druckerhöhung erneut in den superkritischen Zustand überführt. Gleichzeitig wird der hydrophobierte und/oder oleophobierte Stator aus der zweiten Kammer ausgeschleust und ein neuer zu hydrophobierender bzw. oleophobierender Werkstoff in die Kammer eingeschleust. Der Prozess kann von neuem beginnen.

**[0043]** Weitere Versuche, welche mit Kohlendioxid durchgeführt worden sind, zeigten, dass auch schon auf 50 bar komprimiertes Kohlendioxid bei Raumtemperatur und einer Sättigungsdauer von 14 Stunden ausreichende Transporteigenschaften für das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel Dynasylan F8815 zeigt, so dass Werkstoffe mit Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel hinreichend "durchtränkt" werden konnten. Die Bruchflächen der behandelten Silikonplättchen wurden hierzu mit EDX auf Fluor untersucht. In ca. 1 mm Tiefe konnte eine Fluorkonzentration von 3,98 Gew.-% gegenüber 32,8 Gew.-% auf der Oberfläche nachgewiesen werden. Beim klassischen Tauchen waren nur 0,36-0,95 Gew.-% Fluor in 1 mm Tiefe nachweisbar. Auch wenn die Massen absolut nicht ganz wegen fehlendem Wasserstoffs beim EDX stimmen- so ist der Unterschied doch deutlich sichtbar.

#### Bezugszeichenliste

#### **[0044]**

10	Bauteil
15	Werkstoff
20	beladenes Gas
21	Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel
22	komprimiertes Gas
30	erste Kammer
35	zweite Kammer

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Hydrophobierung und/oder Oleophobierung eines Werkstoffs (15), der Teil einer Elektromaschine ist, umfassend:
  - a. Beladen eines komprimierten Gases (22) mit einem Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel (21),
  - b. Inkontaktbringen des Werkstoffs (15) mit dem komprimierten und beladenen Gas (20) und

c. Entfernen des Gases (22) von dem Werkstoff (15),

wobei das Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel (21) eine Fluorcarbonverbindung umfasst und der Werkstoff (15) ein Polymer umfasst oder aus einem solchen besteht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das komprimierte Gas (22) als superkritisches Fluid vorliegt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gas (22) Kohlendioxid ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Inkontaktbringen des Werkstoffs (15) mit dem beladenen Gas über einen Zeitraum von 1 Minute bis 10 Stunden stattfindet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Inkontaktbringen des Werkstoffs (15) mit dem beladenen Gas unter einem Druck von mindestens 55 bar und/oder bei einer Temperatur von mindestens 25 °C stattfindet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Entfernen des Gases (22) durch Druckverminderung ausgelöst wird.
7. Bauteil (10) eines elektrischen Antriebsmotors für Kraftfahrzeuge, eines Starters, eines Generators oder Starter-Generators, wobei das Bauteil einen Werkstoff (15) umfasst oder aus einem solchen besteht, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Hydrophobierungs- und/oder Oleophobierungsmittel (21) umfassend eine Fluorcarbonverbindung in einem oberflächennahen Bereich des Werkstoffs (15) bis zu einer Tiefe von zumindest 1 mm in dem Werkstoff (15) nachweisbar ist, wobei der Werkstoff (15) ein Polymer umfasst oder aus einem solchen besteht.

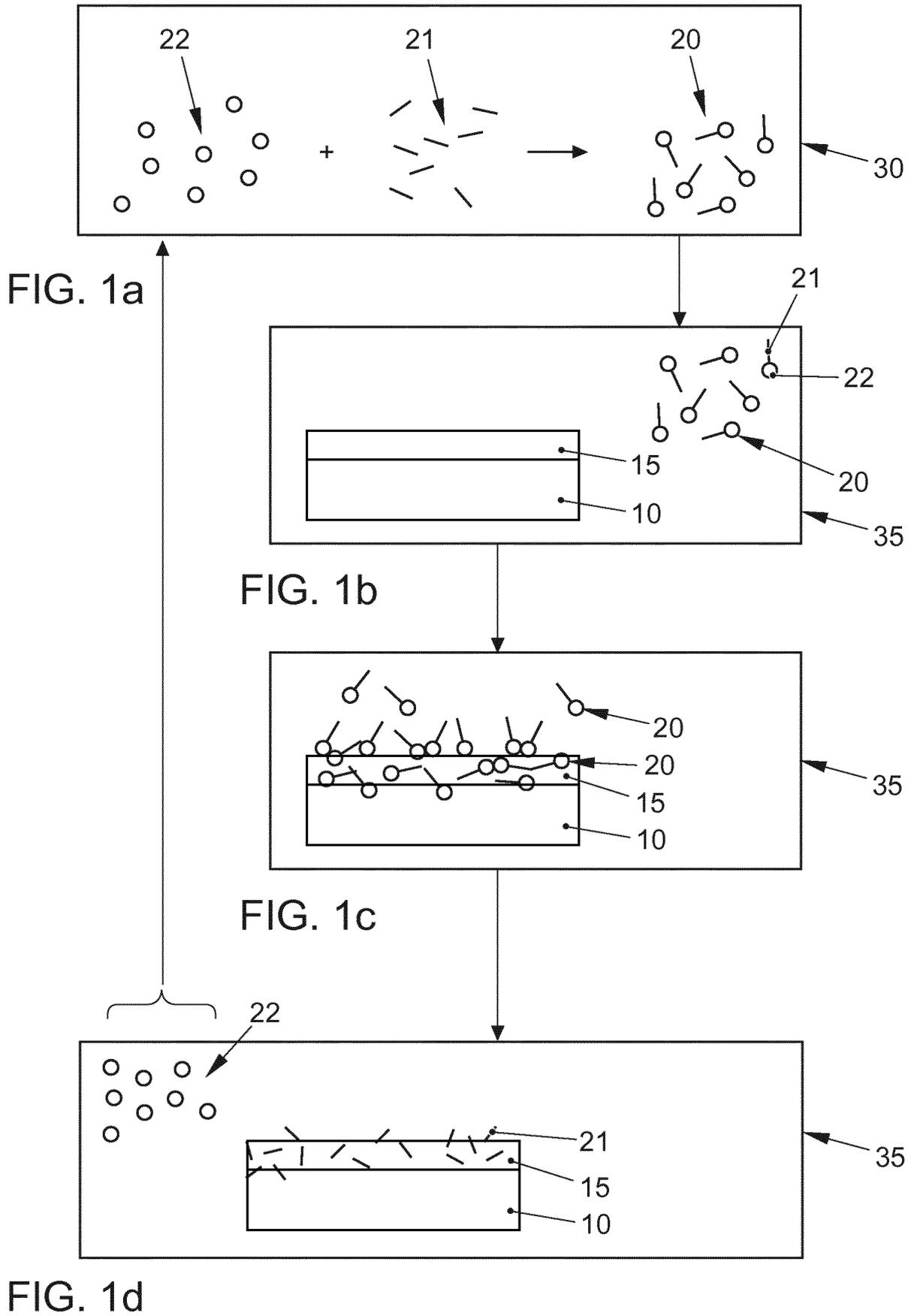
#### Claims

1. Method for hydrophobizing and/or oleophobizing a material (15) that is part of an electric machine, comprising:
  - a. loading a compressed gas (22) with a hydrophobizing agent and/or oleophobizing agent (21),
  - b. bringing the material (15) into contact with the compressed and loaded gas (20), and

- c. removing the gas (22) from the material (15),  
wherein the hydrophobizing and/or oleophobic agent (21) comprises a fluorocarbon compound and the material (15) comprises a polymer or consists of such.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the compressed gas (22) is present as supercritical fluid.
  3. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the gas (22) is carbon dioxide.
  4. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the step of bringing the material (15) into contact with the loaded gas takes place over a period of 1 minute to 10 hours.
  5. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the step of bringing the material (15) into contact with the loaded gas takes place under a pressure of at least 55 bar and/or at a temperature of at least 25 °C.
  6. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the removal of the gas (22) is activated by a decrease in pressure.
  7. Component (10) of an electric drive motor for motor vehicles, of a starter, a generator or starter generator, wherein the component comprises a material (15) or consists of such, **characterised in that** a hydrophobizing agent and/or oleophobic agent (21) comprising a fluorocarbon compound is detectable in a near-surface area of the material (15) up to a depth of at least 1 mm in the material, wherein the material (15) comprises a polymer or consists of such.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le gaz comprimé (22) est présent sous forme de fluide supercritique.
  3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le gaz (22) est un dioxyde de carbone.
  4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mise en contact du matériau (15) se fait avec le gaz chargé sur une durée de 1 minute à 10 heures.
  5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mise en contact du matériau (15) se fait avec le gaz chargé à une pression d'au moins 55 bars et/ou à une température d'au moins 25 °C.
  6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élimination du gaz (22) est provoquée par une réduction de pression.
  7. Élément (10) d'un moteur d'entraînement électrique pour véhicules automobiles, d'un démarreur, d'un générateur ou d'un démarreur-générateur, l'élément comprenant un matériau (15) ou étant constitué d'un tel matériau, **caractérisé en ce qu'un** agent d'hydrophobisation et/ou d'oléophobisation (21) comprenant un composé de fluorocarbure peut être détecté dans une région proche de la surface du matériau (15) jusqu'à une profondeur d'au moins 1 mm dans le matériau (15), le matériau (15) comprenant un polymère ou étant constitué d'un tel matériau.

## Revendications

1. Procédé d'hydrophobisation et/ou d'oléophobisation d'un matériau (15) qui est un élément d'une machine électrique, comprenant :
  - a. charger un gaz comprimé (22) avec un agent d'hydrophobisation et/ou d'oléophobisation (21),
  - b. mettre en contact le matériau (15) avec le gaz comprimé et chargé (20) et
  - c. éliminer le gaz (22) du matériau (15),
 l'agent d'hydrophobisation et/ou d'oléophobisation (21) comprenant un composé de fluorocarbure et le matériau (15) comprenant un polymère ou étant constitué d'un tel matériau.



**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 3133734 C2 [0006]
- WO 9854397 A1 [0007]
- WO 2007126327 A1 [0008]
- US 2002192380 A1 [0009]
- US 2011045200 A1 [0010]
- US 5416373 A [0011]