

(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
10. Oktober 2013 (10.10.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/150060 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 1/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/057001

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. April 2013 (03.04.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 205 566.5 4. April 2012 (04.04.2012) DE

(71) Anmelder: **KSB AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Johann-Klein-Straße 9, 67227 Frankenthal (DE).

(72) Erfinder: **URSCHEL, Sven**; Bissersheimer Straße 30,
67281 Kirchheim an der Weinstraße (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, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

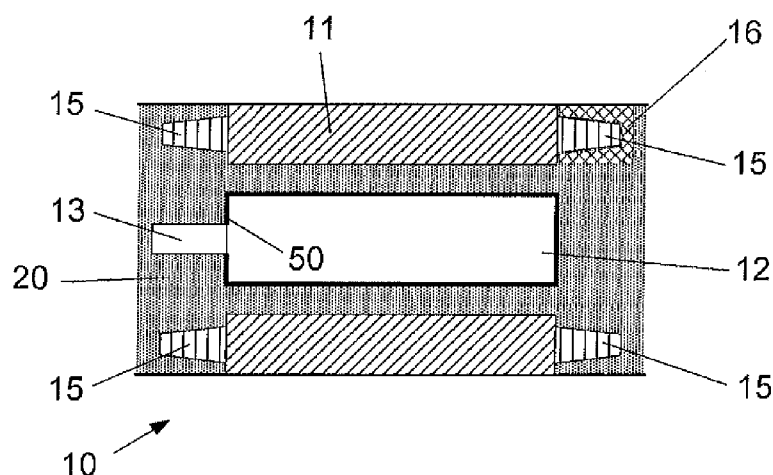
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: ASYNCHRONOUS MOTOR AND UNDERWATER PUMP

(54) Bezeichnung : ASYNCHRONMOTOR UND UNTERWASSERPUMPE

Fig. 1



(57) Abstract: The present invention relates to an asynchronous motor for an underwater pump, having a stator and a rotor which is in the form of a squirrel-cage rotor, wherein the air gap between the rotor (12) and the stator (11) is at least partially filled with a ferrofluid (20). A further partial aspect of the invention relates to an underwater pump having an asynchronous motor of this kind for driving the pump.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Asynchronmotor für eine Unterwasserpumpe mit einem Stator und einem Rotor, der als ein Käfigläufer ausgebildet ist, wobei der Luftspalt zwischen Rotor (12) und Stator (11) zumindest teilweise mit einem Ferrofluid (20) gefüllt ist. Ein weiterer Teilaspekt der Erfindung betrifft eine Unterwasserpumpe mit einem derartigen Asynchronmotor zum Antrieb der Pumpe.



WO 2013/150060 A2

KSB Aktiengesellschaft
67227 Frankenthal

Beschreibung

5

Asynchronmotor und Unterwasserpumpe

- 10 Die Erfindung betrifft einen Asynchronmotor zum Antrieb einer Unterwasserpumpe mit einer Stator-Rotor-Anordnung, wobei der Rotor als ein Käfigläufer ausgebildet ist. Zudem betrifft die Erfindung eine Unterwasserpumpe mit einem derartigen Antriebsmotor.

Unterwassermotorpumpen dienen zur Förderung von flüssigen Medien in Bohrlöchern.

- 15 Die Gehäuseaußenseite der Motoren wird vom Fördermedium, in der Regel Grundwasser, vollständig oder teilweise benetzt. Die verwendeten Pumpenantriebsmotoren sind gekapselt ausgeführt, um das Eindringen des Fördermediums in den Motorinnenraum zu verhindern.

- 20 Der Motorraum ist mit einem geeigneten flüssigen Medium befüllt, vorzugsweise mit einem Wasser-Glykol-Gemisch oder Öl, das sowohl den ungeschützten Rotor als auch im Falle eines ungeschützten Stators den Stator samt kunststoffisolierter Wickeldrähte oder im Falle eines geschützten Stators ein Spaltrohr benetzt. Das eingefüllte Medium sorgt für eine ausreichende Kühlleistung des Motors.

25

Gleichzeitig sorgt das Medium für eine konstante Schmierung der hydrodynamischen Gleitlager und bietet unter Umständen eine wünschenswerte korrosionsschützende Wirkung der Aktivteile.

- 30 Gegenüber luftgefüllten Motorräumen verringert sich der erzielbare Wirkungsgrad und Leistungsfaktor derartiger Maschinen jedoch deutlich, da unter anderem aufgrund des

flüssigen Mediums im Motorraum die Reibleistung zwischen Rotor und Medium massiv zunimmt.

Unterwassermotorpumpenaggregate werden in passende Bohrlöcher im Bereich des Fördermediums installiert. Die Bohrkosten variieren in Abhängigkeit der Bohrtiefe und des notwendigen Bohrlochdurchmessers. Gerade Bohrlochtiefen von einigen hundert Metern verursachen enorme Kosten, denen beispielsweise durch eine Beschränkung des zulässigen Bohrlochdurchmessers Einhalt geboten wird.

Die Begrenzung des maximalen Durchmessers stellt jedoch hohe Anforderungen an die Entwicklung der Motoraggregate, da die physikalische Dimensionierung des Aggregats in der Regel dessen Wirkungsgrad und Leistungsfaktor maßgeblich mitbestimmt. Insbesondere muss der Motorquerschnitt an den gewünschten Bohrlochdurchmesser angepasst werden.

Um dennoch eine ausreichende Wellenleistung bereitstellen zu können, muss die Aktivteillänge des Motors entsprechend vergrößert werden. Die damit verbundene sehr schlanke Bauweise des Aggregats lässt das Verhältnis von Rotorlänge zum Rotordurchmesser anwachsen. Die Aktivteillänge des Rotors ist dabei mindestens doppelt so groß wie der Rotordurchmesser. Aus fertigungstechnischen Gründen muss daher ein relativ großer Luftspalt realisiert werden, der deutlich größer als bei herkömmlichen Motoren ausfällt. Üblicherweise betragen die Luftspaltabmessungen von Unterwassermotoren mehr als das Doppelte der Luftspaltabmessungen von herkömmlichen Motoren.

Allerdings ist es gerade bei Aggregaten, die nach dem Asynchronprinzip arbeiten, besonders wünschenswert, den Luftspalt so klein wie möglich zu halten. Die einsatzbedingte Motorkonstruktion bei Unterwassermotoren führt jedoch dazu, dass der Einsatz von Asynchronmotoren im Unterwasserpumpenbereich derzeit mit Einbußen bei Wirkungsgrad und Leistungsfaktor verbunden ist.

Aufgabe der Erfindung ist es somit, einen bekannten Asynchronmotor in der Art und Weise zu modifizieren, dass dieser in einer Unterwasserpumpe einsetzbar ist, ohne je-

doch nennenswerte Einbußen beim Wirkungsgrad und Leistungsfaktor in Kauf nehmen zu müssen.

5 Diese Aufgabe wird durch einen Asynchronmotor gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des dargestellten Asynchronmotors sind Gegenstand der sich an den Hauptanspruch anschließenden abhängigen Ansprüche.

10 Gemäß der Merkmalskombination des Anspruchs 1 wird ein Asynchronmotor vorgeschlagen, der einen Stator sowie einen mit dem Stator in Wirkverbindung stehenden Rotor aufweist. Der Rotor ist dabei als ein Käfigläufer ausgebildet.

15 Ferner kann der Rotor der Asynchronmaschine vorzugsweise mit einem zylinderförmigen weichmagnetischen Element ausgestattet sein, das coaxial auf der Rotorachse angeordnet ist.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors ist das weichmagnetische Element ein Blechpaket, das aus mehreren in axialer Richtung des Rotors aufeinandergestapelter Bleche aufgebaut ist. Diese Bauweise verhindert das Auftreten von Wirbelströmen im weichmagnetischen Element.

25 Aufgrund der eingangs erläuterten technischen Gegebenheiten bei Unterwassermotorpumpen existiert ein vergleichsweise großer Luftspalt zwischen Rotor- und Statorelement. Eine den damit verbundenen Leistungs- und Wirkungseinbußen entgegenwirkende geometrische Verkleinerung des Luftspaltes scheidet aus den oben genannten Gründen aus.

30 Erfindungsgemäß ist das bisher verwendete Füllmedium im Motorinnenraum durch ein Ferrofluid ersetzt. Eine geeignete Wahl des verwendeten Ferrofluids führt zu einer relativen Permeabilität von $\mu_R > 1$. Die Vergrößerung der Permeabilität im Luftspalt entspricht in ihrer Wirkung einer geometrischen Verringerung des magnetischen Luftspalts. Der magnetisch wirksame Luftspalt ist entsprechend verkleinert. Je größer der Wert der Permeabilität im Luftspalt ist, desto vorteilhafter gestaltet sich der Wirkungsgrad und

Leistungsfaktor des verwendeten Asynchronmotors. Die Wechselwirkung zwischen Rotor und Stator wird verstärkt. Somit lassen sich gewisse Motorprinzipien auch dort einsetzen, wo aufgrund der technischen Gegebenheiten ein vergleichsweise großer Luftspalte Bedingung ist.

5

Die erfindungsgemäße Verwendung eines Ferrofluids erlaubt den Einsatz eines Asynchronmotors zum Antrieb einer Unterwasserpumpe mit einem zufriedenstellenden Wirkungsgrad und Leistungsfaktor.

10 Gleichzeitig verbessert das verwendete Fluid die Wärmeabfuhr im Motorinnenraum. Zudem werden hydrodynamische Gleitlager ständig geschmiert und das Ferrofluid kann eine korrosionsschützende Wirkung auf die verwendeten Aktivteile des Asynchronmotors haben.

15 Das Ferrofluid weist ein oder mehrere auf Magnetismus ansprechende Komponenten auf, welche magnetisierbar und in der Regel superparamagnetisch sind.

Die magnetischen Komponenten können in unterschiedlicher Form in einer Trägerflüssigkeit vorliegen. Die Kombination aus Partikeln und Trägerflüssigkeit bildet das Ferrofluid.
20

Eine Möglichkeit besteht darin, dass die Komponenten als Partikel vorliegen, die in der Trägerflüssigkeit suspendiert sind. Idealerweise sind die einzelnen Partikel in der Trägerflüssigkeit kolloidal suspendiert.
25

Die Partikelgröße liegt im Nanobereich, vorzugsweise zwischen 1 nm und 10 nm, wobei sich insbesondere Partikelgrößen im Bereich zwischen 5 nm und 10 nm als günstig erweisen.

30 Ein oder mehrere Partikel bestehen in geeigneter Weise aus wenigstens einem der Stoffe Eisen, Magnetit, Kobalt oder einer speziellen Legierungen.

Die Partikel können mit einer Oberflächenbeschichtung, insbesondere einer polymeren Beschichtung versehen sein. Möglich ist die Beimengung einer oberflächenaktiven Substanz, die als monomolekulare Schicht an der Oberfläche der Partikel haftet. Die Radikale polarer Moleküle der oberflächenaktiven Substanz stoßen sich gegenseitig ab und verhindern damit ein Verklumpen der Partikel.

Um die Reibleistung am Rotor in Grenzen zu halten, ist es zweckmäßig, ein niederviskoses Ferrofluid zu verwenden. Beispielsweise liegt die Viskosität des verwendeten Ferrofluids im Bereich der von Wasser, d. h. im Bereich von ca. 1mPa·s bei 20°C.

Der Einsatz des Ferrofluids bringt jedoch negative Begleiterscheinung mit sich, da die gesteigerte Permeabilität im Motorraum auch auftretende Streuverluste verstärkt. Anders als bei luftgefüllten Motoren wird die Ausbreitung der streuenden Feldlinien nicht mehr gehemmt sondern gefördert, weshalb die auftretenden Verluste erheblich zunehmen.

Um diesem Effekt entgegenzuwirken, können Mittel im Bereich wenigstens eines Wickelkopfes des Stators zur Verringerung der auftretenden Stirnsteuerung vorgesehen sein. Zweckmäßig werden ein oder mehrere Elemente in diesem Bereich angeordnet, um das Ferrofluid in diesem Bereich zu verdrängen. Geeignete Elemente sind ein oder mehrere Kunststoffkörper, die vorzugsweise passgenau um ein oder mehrere Wickelköpfe anbringbar bzw. auf diesen aufsteckbar sind. Alternative Mittel zur Verringerung der auftretenden Stirnstreuung ergeben sich durch ein Vergießen der Wickelköpfe oder ein Ausschäumen des Raumes um die Wickelköpfe. Grundsätzlich sind Materialien mit amagnetischen Eigenschaften geeignet.

Eine ähnliche Problematik besteht im Bereich der Nutschlitz des Statorkörpers. Auch hier können sich die Feldlinien auf Grund des Ferrofluids besser ausbreiten und höhere Verluste verursachen. Zweckmäßig werden Mittel im Bereich der Nutschlitz vorgeschlagen, die das Ferrofluid aus diesem Bereich verdrängen und die auftretende Streuverluste begrenzen. Besonders vorteilhaft sind Nutkeile, die in ein oder mehrere Nutschlitz eingesetzt werden.

Der Rotor der Asynchronmaschine besteht vorzugsweise aus einem laminierten Rotorpaket. In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist der Rotor oder zumindest ein Teil des Rotors gekapselt ausgeführt, um den Rotorkörper gegenüber dem Ferrofluid abzudichten.

Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Unterwasserpumpe mit einem die Pumpe antreibenden Asynchronmotor gemäß den Merkmalen des erfindungsgemäßen Motors bzw. einer vorteilhaften Ausführungsform des Asynchronmotors. Die Unterwasserpumpe weist offensichtlich dieselben Vorteile und Eigenschaften wie der erfindungsgemäße Asynchronmotor bzw. eine vorteilhafte Ausgestaltung des Motors auf, weshalb an dieser Stelle auf eine erneute Beschreibung verzichtet wird.

Weitere Vorteile und Eigenschaften der Erfindung ergeben sich aus dem in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiel. Es zeigen:

Figur 1: eine schematische Längsschnittdarstellung des erfindungsgemäßen Asynchronmotors und

Figur 2: einen Detailausschnitt des Stators des erfindungsgemäßen Asynchronmotors.

Der in Figur 1 dargestellte Asynchronmotor 10 weist einen üblichen Stator 11 und einem zum Stator 11 drehbar gelagerten Rotor 12 auf, der selbst koaxial auf der Welle 13 angeordnet ist. Der Rotorkörper besteht aus einem laminierten Paket, beispielsweise einem Blechpaket, wobei die einzelnen Schichten bzw. Bleche in axialer Richtung der Welle 13 gestapelt sind. Der Rotor 12 ist als ein Käfigläufer mit hier nicht dargestellten Käfigstäben ausgebildet.

Der Abstand zwischen der Rotor- und Statorwandung wird als Luftspalt bezeichnet. Erfindungsgemäß ist in der Figur 1 der Motorinnenraum mit einem Ferrofluid 20 gefüllt, wodurch die Permeabilität im Bereich zwischen Stator 11 und Rotor 12 erhöht und der

vergleichsweise große geometrische Abstand kompensiert wird. Die Wechselwirkung zwischen Rotor 12 und Stator 11 wird durch die erhöhte Permeabilität vergrößert.

Das verwendete Ferrofluid 20 besteht aus wenigen Nanometer großen magnetischen Partikeln, die in einer geeigneten Trägerflüssigkeit kolloidal suspendiert sind. Die viskosen Eigenschaften des verwendeten Ferrofluids 20 werden dabei so gewählt, dass die Reibleistung zwischen Rotor und Ferrofluid 20 möglichst gering ausfällt. Idealerweise weist das Ferrofluid 20 eine Viskosität in der Größenordnung der Viskosität von Wasser auf.

Auftretende Streuverluste im Bereich der Wickelköpfe 15 des Stators 11 sollen durch ein oder mehrere Kunststoffkörper 16 möglichst weitgehend reduziert werden. Der Kunststoffkörper wird auf dem entsprechenden Wickelkopf 15 angebracht und umgibt diesen zur vollständigen Verdrängung des Ferrofluids.

Zudem werden durch Nutkeile 30 die auftretenden Streuverluste im Nutschlitzbereich des Stators 11 verringert. Figur 3 zeigt eine Detailaufnahme eines Querschnitts durch das Statorpaket 11 mit Wickelraum 17. Im Bereich des Nutschlitzes ist ein Nutkeil 30 vorgesehen, der das Ferrofluid im Nutschlitz verdrängt, um einen magnetischen Kurzschluß zwischen den Statorzähnen zu unterbinden.

Zusätzlich oder alternativ kann der vollständige Rotorkörper 12, wie in Figur 1 angedeutet, gekapselt ausgeführt sein. Beispielsweise ist die Rotoroberfläche vollständig mit einem geeigneten Material 50 beschichtet, um den Rotorkörper vor Flüssigkeitseintritt zu schützen.

Patentansprüche

Asynchronmotor und Unterwasserpumpe

5

1. Asynchronmotor zum Antrieb einer Unterwasserpumpe mit einem Stator und einem Rotor, der als ein Käfigläufer ausgebildet ist,

10

dadurch gekennzeichnet, dass

der Luftspalt zwischen Rotor (12) und Stator (11) zumindest teilweise mit einem Ferrofluid (20) gefüllt ist.

15

2. Asynchronmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ferrofluid (20) eine Trägerflüssigkeit umfasst, die ein oder mehrere auf Magnetismus ansprechende Komponenten aufweist.

- 20 3. Asynchronmotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der magnetischen Komponenten Partikel sind, die in der Trägerflüssigkeit kolloidal suspendiert sind.

- 25 4. Asynchronmotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikelgröße im Nanobereich, vorzugsweise zwischen 1 und 10nm, insbesondere im Bereich zwischen 5 und 10nm liegt.

- 30 5. Asynchronmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Viskosität des Ferrofluids (20) im Bereich von ca. 1mPa·s bei 20°C liegt.

6. Asynchronmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Verringerung der Stirnstreuungen im Bereich des Statorwickelkopfes (15) vorgesehen sind.
- 5 7. Asynchronmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel, insbesondere wenigstens ein Nutkeil (30), zur Verringerung der Nutstreuung des Stators (11) vorgesehen sind.
8. Asynchronmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kapselung des Rotors (12) vorgesehen ist.
10
9. Unterwasserpumpe mit einem die Pumpe antreibenden Asynchronmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Fig. 1

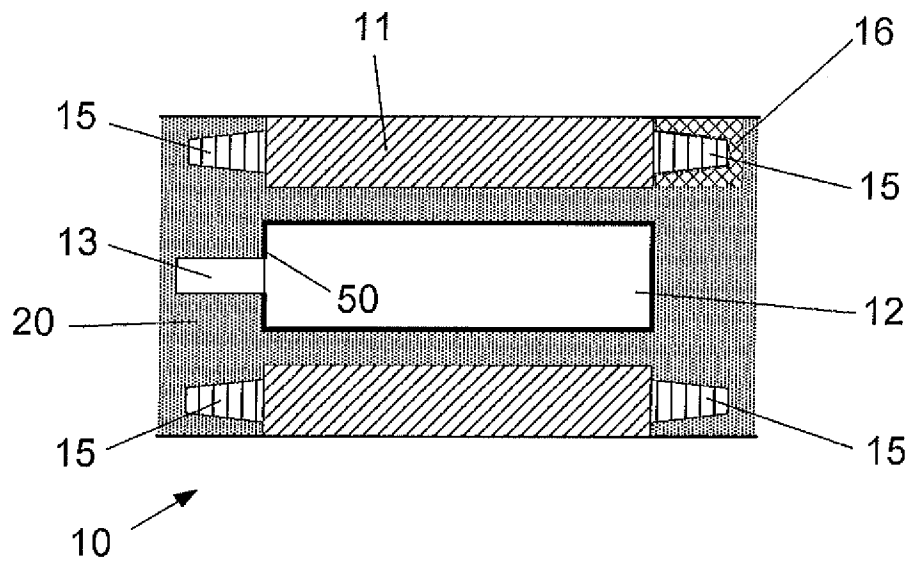


Fig. 2

