

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-71786

(P2018-71786A)

(43) 公開日 平成30年5月10日(2018.5.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 1 6 J 15/00 (2006.01)	F 1 6 J 15/00 E	2 F 0 6 3
F 1 6 J 15/3204 (2016.01)	F 1 6 J 15/3204	3 J 0 0 6
G 0 1 B 7/14 (2006.01)	G 0 1 B 7/14	

審査請求 有 請求項の数 16 O L 外国語出願 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2017-202392 (P2017-202392)	(71) 出願人	501479868 カール・フロイデンベルク・カーゲー Carl Freudenberg KG ドイツ連邦共和国デー69469ヴァインハイム、ヘーネルヴェーク2-4 Hoehnerweg 2-4, D-69469 Weinheim, Germany
(22) 出願日	平成29年10月19日(2017.10.19)	(74) 代理人	100114890 弁理士 アインゼル・フェリックス=ラインハルト
(31) 優先権主張番号	10 2016 012 552.7	(74) 代理人	100098501 弁理士 森田 拓
(32) 優先日	平成28年10月20日(2016.10.20)	(74) 代理人	100116403 弁理士 前川 純一
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		

最終頁に続く

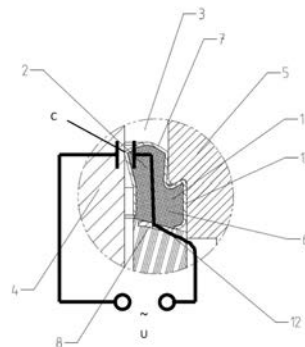
(54) 【発明の名称】 シール部材およびシール装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】シール部材の永続的な状態監視を可能にするシール部材およびシール装置を提供する。

【解決手段】シール部材1は、機械要素4とハウジング5との間のギャップ3をシールするための少なくとも1つのシールリップ2を備えていて、弾性材料から成る基体6を含み、該基体は導電性に形成されており、該基体の外面は、電気絶縁性の材料から成るカバージャケット7によって少なくとも部分的に被覆されている。このようなシール部材を有したシール装置は、評価電子回路が設けられており、前記評価電子回路は前記基体と前記機械要素との間の電気容量を検出する。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機械要素(4)とハウジング(5)との間のギャップ(3)をシールするための少なくとも1つのシールリップ(2)を備え、弾性材料から成る基体(6)を含み、該基体(6)は導電性に形成されており、該基体の外面は、電気絶縁性の材料から成るカバージャケット(7)によって少なくとも部分的に被覆されている、シール部材(1)であって、前記カバージャケット(7)は少なくとも、前記機械要素(4)と前記ハウジング(5)とに接触する前記基体(6)の領域に組み込まれていることを特徴とする、シール部材(1)。

【請求項 2】

前記基体(6)はエラストマ材料から成っている、請求項1記載のシール部材。

【請求項 3】

前記弾性材料には導電性粒子が含まれている、請求項1または2記載のシール部材。

【請求項 4】

前記基体(6)には電気接触のためのコンタクトエレメント(8)が設けられている、請求項1から3までのいずれか1項記載のシール部材。

【請求項 5】

請求項1から4までのいずれか1項記載の少なくとも1つのシール部材(1)を含む、機械要素(4)とハウジング(5)との間のギャップ(3)をシールするためのシール装置(9)であって、

少なくとも前記機械要素(4)または前記ハウジング(5)の少なくとも一部は導電性であり、評価電子回路(20)が設けられており、該評価電子回路(20)は前記基体(6)と前記機械要素(4)または前記ハウジング(5)との間の電気容量(C)を検出することを特徴とする、シール装置(9)。

【請求項 6】

前記評価電子回路(20)は、容量測定装置(23)と、メモリ(21)と、出力装置(22)とを有している、請求項5記載のシール装置。

【請求項 7】

前記シール装置は支持体(10)を有しており、該支持体(10)は電気絶縁性の材料から形成されている、請求項5または6記載のシール装置。

【請求項 8】

前記支持体(10)には、前記評価電子回路に前記コンタクトエレメント(8)を電気的に接続するための装置(11)が設けられている、請求項7記載のシール装置。

【請求項 9】

前記シール装置(9)は、前記支持体(10)のそれぞれ1つの軸方向端面(12)に組み込まれている2つのシール部材(1)を有しているので、前記シール装置(9)は双方向でシールしている、請求項5から8までのいずれか1項記載のシール装置。

【請求項 10】

前記シール装置(9)はロッドシール部材である、請求項5から9までのいずれか1項記載のシール装置。

【請求項 11】

前記シール装置(9)はラジアル軸シール部材である、請求項5から10までのいずれか1項記載のシール装置。

【請求項 12】

前記シール装置(9)はロッドコンパクトシール部材である、請求項10または11記載のシール装置。

【請求項 13】

請求項6から12までのいずれか1項記載のシール装置(9)を監視する方法であって、

a) 前記基体(6)と前記機械要素(4)または前記ハウジング(5)との間の容量(C)

10

20

30

40

50

C)を前記容量測定装置(23)によって測定するステップと、
b)前記測定値(C)を、前記メモリ(21)内に記憶された少なくとも1つの閾値(C1, C2, C3)と比較するステップと、を有し、
前記ステップa)とb)とを所定の時間間隔で繰り返し行い、
c)少なくとも1つの閾値(C1, C2, C3)が超過されると、前記出力装置(22)によって情報を出力するステップを有している、
シール装置(9)を監視する方法。

【請求項14】

前記ステップa)を初めて実施する前に、前記容量測定装置(23)の較正を行う、請求項13記載のシール装置を監視する方法。

【請求項15】

ステップc)で発注要求を出力する第1の閾値(C1)が規定されていて、かつ/または
ステップc)で交換要求を出力する第2の閾値(C2)が規定されていて、かつ/または
ステップc)で停止要求を出力する第3の閾値(C3)が規定されている、
請求項13または14記載の、シール装置を監視する方法。

【請求項16】

機械要素(4)とハウジング(5)との間のギャップ(3)をシールするためのシール装置(9)であって、請求項1から4までのいずれか1項記載の少なくとも1つのシール部材(1)を含むシール装置(9)において、

少なくとも前記機械要素(4)または前記ハウジング(5)の少なくとも一部は導電性であり、評価電子回路(20)が設けられており、該評価電子回路(20)は、誘電分光法により前記カバージャケット(7)の誘電特性を検出することを特徴とする、シール装置(9)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シール部材であって、機械要素とハウジングとの間のギャップをシールするための少なくとも1つのシールリップを備えていて、弾性材料から成る基体を含むシール部材に関する。本発明はさらに、機械要素とハウジングとの間のギャップをシールするためのシール装置であって、少なくとも1つのシール部材を有しているシール装置に関する。本発明はさらに、シール装置を監視する方法に関する。

【0002】

背景技術

シール部材、特に動的負荷をかけられるシール部材は所定の耐用期間中に摩耗し、様々な摩耗現象が現れる。材料疲労により、シール部材の接触応力は低下し、また押圧力も減少する。摩耗と硬化特性とによりシール部材の寸法は変化する。このような過程は、まずはシールシステムの漏れに、ひいてはシールシステムの故障に通じる。

【0003】

シール部材の漏れを監視するために、シール部材に漏れ監視のための装置を組み込むことが公知である。独国特許発明第102007007405号明細書により、動的なシールエレメントの摩耗状態を検知する電氣的装置が公知である。このシールエレメントは、導電区分と非導電区分とを有し、非導電区分はシールしたい機械要素に接触している。この機械要素も導電性である。シールエレメントの摩耗により非導電シール材料が摩耗するので、導電シール材料が前記機械要素に接触する。この際に回路が閉じられ、シールエレメントが摩耗したことを検出することができる。このような構成は、緩やかな状態変化を検出できないという欠点を有している。摩耗限界に達成したこと、そしてシールエレメントを交換しなければならないことを検出できるだけである。

【0004】

10

20

30

40

50

課題提起

本発明の根底を成す課題は、シール部材の永続的な状態監視を可能にするシール部材およびシール装置を提供することである。また、この状態監視をするための方法も記載したい。

【0005】

技術的解決手段

この課題は請求項1に記載の特徴により解決される。好適な構成は従属請求項に記載されている。

【0006】

この課題を解決するために、シール部材の基体は導電性に形成されており、該基体の外面は、電気絶縁性の材料から成るカバージャケットによって少なくとも部分的に被覆されている。この場合、カバージャケットは基体の外輪郭に沿って設けられている。カバージャケットはこの場合、比較的薄い厚さを有しており、基体に面的に接触している。測定原理は、シール部材の基体と機械要素との間に、またはシール部材の基体とハウジングとの間に電圧をかけ、これら構成要素間の容量を検出するというものである。電気的容量に主に影響を与える値は、この場合カバージャケットである絶縁媒体の電気的定数、ならびに機械要素に対して相対的な基体の面積、機械要素と基体との間の間隔である。摩耗の増大によりカバージャケットの厚さが変化すると、したがってこれら要素間の電気的容量も変化し、これを適切な評価電子回路によって検出することができる。評価電子回路は、容量測定装置と、メモリと、例えばランプ、プリンタ、モニタディスプレイのような出力装置とを有していてもよい。このような構成により、緩やかな変化および緩やかな摩耗も検出可能である。これによりシール部材、シール装置、およびシール機能の永続的な状態監視が可能である。永続的な状態監視に基づき、シール部材が故障する前に適切な時点で警告することができ、したがってシール装置の漏れを回避することができる。本発明によるシール部材の構成は、動的な負荷により摩耗を受ける全てのシールシステムで使用可能である。本発明は、短絡測定に基づく摩耗センシングシステムに対して有利でもある。短絡測定ではシールシステムの寸法を、寸法変化に合わせて極めて正確に時間に関して調整しなければならないからである。したがって信号も、漏れの極めて直前にしか発せられない。しかしながら組み込み状態は各システムでは異なっていることがあり、例えば別の寸法または別の押圧であったりもするので、各システムを多大な手間をかけて互いに調整しなければならない。さもないと漏れが信号発信前に既に生じる恐れがあるからである。本発明における利点は、寸法変化に合わせてこのような調整が必要なく、シールシステムを容量測定により多様な使用例に合わせて較正することができることにある。

10

20

30

40

【0007】

カバージャケットは少なくとも、機械要素とハウジングとに接触する基体の領域に組み込まれていてもよい。この場合、カバージャケットは基体の外面を完全に取り囲んでいてもよい。別の構成では、基体の領域を未被覆のままにしてもよい。この場合考えられるのは特に、シールギャップの方向に向いている領域であって、機械要素にもハウジングにも接触していない領域である。カバージャケットは好適には材料接続的に基体に結合されている。

40

【0008】

基体はエラストマ材料から成っていてもよい。シール部材の使用目的に応じて、この場合特に有効なシール材料はNR、EPDM、EVM、ECO、CR、NBR、XNBR、ACM、AEM、HNBR、XHNBR、FKM、FFKM、ならびにこれらの材料の混合物が考慮される。さらには、熱可塑性エラストマならびに熱可塑性プラスチックの、基体の材料としての使用も考えられる。

【0009】

好適にはカバージャケットは、エラストマ、熱可塑性材料、またはPTFEから成っている。エラストマから形成されたカバージャケットは、類似材料であることに基づき、材料接続的に特に良好に基体に付着する。熱可塑性材料は特に簡単に射出成形により基体に

50

一体成形することができ、材料接続的に基体に付着する。しかしながら形状接続的な結合により付着を形成してもよい。この関連では特に、基体のジオメトリックな形状付与による機械的な係合により結合を形成することが考えられる。しかしながら両場合とも付着は接着促進剤により実現することができる。P T F E から成形されるカバージャケットは、特に僅かな静摩擦係数と高い化学的耐性を有している。さらにP T F E から成るカバージャケットは特に耐摩耗性である。P T F E から成るカバージャケットの基体への結合のために場合によっては接着促進剤が使用される。この場合も、形状接続的な結合が考えられる。それぞれ重要であるのは、カバージャケットの材料は電気絶縁性であり、基体の材料は導電性であるということである。

【 0 0 1 0 】

弾性材料は導電性粒子を含んでいてもよい。この関連では、弾性材料に炭素粒子または金属粒子を混合させることが特に考えられる。炭素粒子は例えば導電カーボン、グラファイト、炭素繊維、またはカーボンナノチューブである。金属粒子は例えば、特殊鋼繊維、金属繊維、金属パウダ、例えば銀コーティングされた銅フレークのようなコーティング金属パウダである。金属粒子はアルミニウムまたは酸化鉄から成っていてもよい。炭素粒子および金属粒子は導電性であり、基体の弾性材料を全体として導電性とするように作用する。

【 0 0 1 1 】

基体には電氣的接触のためのコンタクトエレメントが設けられていてもよい。この場合、コンタクトエレメントは好適には、基体の確実な電気接触が得られるように、かつ接触ができるだけ僅かな抵抗で行われるように形成されている。この関連では特に、コンタクトエレメントがプレート状に形成されていて、基体に面接触していることが考えられる。この場合、コンタクトエレメントは好適には、シール部材の組み込み状態で、ハウジングと機械要素との間のギャップに組み込まれていて、ハウジングにも機械要素にも接触していない基体の領域に接触している。選択的に、コンタクトエレメントは皿ばねの形態で形成されていてもよい。

【 0 0 1 2 】

機械要素とハウジングとの間のギャップをシールするための本発明によるシール装置は、少なくとも1つのシール部材と、このシール部材の基体と機械要素またはハウジングとの間の電氣的容量を、すなわちシール点の領域におけるシール部材のカバージャケットの容量を検出するための評価電子回路とを含む。評価電子回路は、容量測定装置と、メモリと、例えばモニタディスプレイのような出力装置とを有していてもよい。

【 0 0 1 3 】

少なくとも機械要素またはハウジングは本発明によれば導電性である。機械要素またはハウジングが導電性でなければならぬかどうかは、シール部材がハウジングまたは機械要素に取り付けられているかどうかにかかっている。シール部材がハウジングに取り付けられているならば、機械要素は導電性でなければならぬ。シール部材が機械要素に取り付けられているならば、ハウジングは導電性でなければならぬ。この場合、それぞれ他方の構成要素が導電性であってもよい。シール部材の、特にその摩耗の状態監視のために、機械要素またはハウジングとシール部材の基体との間に電圧がかけられ、これにより電氣的容量が検出可能である。これは評価電子回路によって検出される。さらには、評価電子回路は電氣的容量の緩やかな変化、容量のいわゆるドリフトも検出することができる。電氣的容量の変化は、例えばカバージャケットの摩耗による寸法変化により生じる。

【 0 0 1 4 】

評価電子回路において容量の傾向線が、すなわち容量の傾向が評価されると、いつ所定の閾値に達するかを予想することができる。

【 0 0 1 5 】

さらに、容量の変化の程度を、すなわち容量の最初の時間的微分を評価電子回路で検出することができ、評価に影響を与えることができる。したがって、例えば容量が著しく増加した場合、警告を発することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

上述したアプローチにより好適には、シール装置の永続的な状態監視、および保守整備作業の長期的な計画が可能となる。

【 0 0 1 7 】

容量の測定と、シール部材の状態、特にシール部材の摩耗の推定とは、このような測定および推定が相対測定として形成されていてもよいという利点を有している。すなわち、組み付けの際に新しいシール部材の容量を測定し、この容量の測定値に対して相対的に、摩耗が許容できないほど大きくなる時の閾値が規定される。選択的に、記憶されている閾値を、最初に測定した容量に基づき較正することができる。両者の場合とも絶対的な閾値が規定されないので、シール部材のカバージャケットの製造において、カバージャケットの特性、例えば厚さにおける誤差を許容できる。

10

【 0 0 1 8 】

評価電子回路では、メモリにおける規定された容量測定値に、シール部材の所定の状態値、特に摩耗値が対応させられている。記憶される値は、実験により、かつ/または計算により規定されてもよい。

【 0 0 1 9 】

シール部材の摩耗のほか、材料の変質によっても漏れが生じる場合がある。このような漏れは、絶縁層における変化により生じる。このようなことは特に、シールしたい媒体が、シール部材の材料を化学変化により変質させる場合に生じる。材料の変質は、シール部材の固化する特性の変化においても見られ、このことも状況によっては漏れに通じる恐れがある。シール装置の好適な別の構成では、このような変質過程を測定することもでき、評価電子回路がこのために誘電分光法を行う。誘電分光法は、材料の、この場合絶縁層の誘電特性を検出するインピーダンス分光法の方法である。この場合、インピーダンス、すなわち材料の交流抵抗は、周波数の関数として規定される。インピーダンスは材料の変質の尺度である。

20

【 0 0 2 0 】

すなわち本発明は、容量の純粋な測定に対して選択的にまたは付加的に、周波数の変化により、材料の誘電特性をモニタし、これにより材料状態に関するさらに十分な情報を得るという可能性を含むことができる。印加電場 E により、材料中の電荷キャリアの変位 D が生じる。その強度は、材料の誘電定数または誘電率により決定される。

30

【 0 0 2 1 】

$$D = \epsilon_0 E$$

交番電界の使用のもとでは、 ϵ は複素値であり、複素誘電率 ϵ^* とも呼ばれる。全ての複素値と同様に、 ϵ^* は実部と虚部とから成り、この場合、実部は ϵ' であり、印加電場を含む位相にある誘電応答の部分と言われ、 ϵ'' は位相にない虚部である。

【 0 0 2 2 】

材料の誘電特性は、材料構造に直接関係があり、これにより材料の誘電応答を生じさせる根底にある過程にも直接関係がある。複素誘電率 ϵ^* () の、外部電場の角振動数 ω への、ならびに温度および圧力への依存性は、以下のメカニズムにより説明することができる。

40

【 0 0 2 3 】

- 1) 分子双極子の微視的揺らぎ
- 2) 可動電荷キャリアの動き (電子またはイオンの拡散)
- 3) 付加的な分極となる界面の電荷分離

この分極は、一方では内側界面の中規模領域で生じる可能性があり (Maxwell/Wagner/Sillars-Polarisation)、かつ/またはサンプルと外側の電極との間の接触部で大規模に生じる可能性がある。分極の寄与はこの場合、分子メカニズムによる作用を複数オーダ分上回っている。

【 0 0 2 4 】

上記各プロセスは、複素誘電関数の実部および虚部の比温度依存性および比周波数依存

50

性を有して、したがって材料の実際の分子状態を良好に特徴付けるために利用することができる。この付加的な情報は、分子システムの構造と構成のための価値のある情報を提供することができる。

【0025】

上記方式では、印加電圧はできるだけ低くすべきであり、周波数範囲は変化させられる。複素誘電関数の実部と虚部とが取り込まれ、別の実施形態では、誘電係数Mも特性値として用いることができる。測定値における変化は、当業者に公知のモデル関数（例えば、Cole-Cole、Havriliak-Negami）を用いた詳しい評価により、構造の変化に明確に対応させることができる。

【0026】

シール装置は、好適な別の構成ではさらに支持体を有していてもよく、該支持体は電気絶縁性の材料から形成されている。この関連では、支持体が熱可塑性プラスチックから成っていることが特に考えられる。支持体は一方では構成スペースにおいて基体を支持して、他方では、カバージャケットによって被覆されていない基体の領域が、ハウジングおよび/または機械要素に接触するのを阻止する。

【0027】

支持体には好適には、評価電子回路にコンタクトエレメントを電氣的に接続するための装置が設けられている。この場合、一方では、基体のコンタクトエレメントとの電氣的な接続が形成され、これは支持体の導電区分の摩擦接続的な接触を介して行うことができ、また他方では評価電子回路との電氣的な接続が形成される。このために支持体には例えば配線のケーブルラグとの簡単な接続を可能にする接続舌片が設けられていてもよい。

【0028】

好適な構成では、シール装置は、支持体のそれぞれ1つの軸方向端面に組み込まれている2つのシール部材を有しているので、シール装置は双方向でシールしている。このような形式のシール装置は、シール装置がロッドシール部材である場合に特に好適である。この場合、ハウジングは例えばシリンダハウジングであり、ロッドはピストンである。シール装置は、媒体が充填されたギャップをシールしている。媒体の選択は各使用目的に依存しており、トランスミッション液のような潤滑剤媒体や油圧液を含むことができる。しかしながら、食品技術の媒体、特に充填技術分野で公知の媒体、例えば牛乳やレモネード、ビール、およびその洗浄媒体、いわゆるCIP/SIP洗浄媒体も考えられる。

【0029】

しかしながら、永続的な状態監視および漏れ監視が行われる本発明によるシール装置は、成形されたシールリップを備えた全ての動的なシールシステムにおいて広く好適である。このようなシールシステムにはとりわけ、ラジアル軸シール部材のように、少なくとも1つの規定されたシールリップを有しているシール部材が含まれる。しかしながらこのシール部材は、プロフィールシール部材、フラップシール部材、またはXリングとして形成されていてもよい。

【0030】

本発明はさらに、上述したように、シール装置を監視する方法にも関し、この方法は以下のステップを有している。

第1のステップでは、シール装置の構造に応じて、基体と機械要素との間または基体とハウジングとの間の容量を容量測定装置によって測定する。次いで、この測定値と、メモリ内に記憶された少なくとも1つの閾値との比較を行う。少なくとも1つの閾値が超過されると、第3のステップで、出力装置によって情報の出力が行われ、この際、各閾値には各情報に対応させることができる。この場合、特に、新しいシール部材を発注するために、発注要求を出力する第1の閾値を規定することができ、かつ/またはシール部材を交換するために、交換要求を出力する第2の閾値を規定することができ、かつ/またはシール部材の全体的な故障、場合によっては臨界的な結果を回避するために、停止要求を出力する第3の閾値を規定することができる。

【0031】

誘電分光法による測定のために、この方法を同様に使用することができる。

【0032】

上記発明と、本発明の上記有利な別の構成とは、技術的に有利であるならば互いに組み合わせられて本発明の好適な別の構成を成す。

【0033】

本発明のさらなる利点および構造的かつ機能的な観点で有利な構成に関しては従属請求項ならびに添付の図面につき説明した実施例が参照される。

【0034】

実施例

本発明は、添付の図面を参照してさらに詳しく説明される。互いに相当するエレメントおよび構成部材には図面において同じ符号が付与されている。図面を見易くするために、縮尺の忠実性は省かれている。

10

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】シール部材の断面図である。

【図2】双方向のシール装置を示す図である。

【図3】単方向のシール装置を示す図である。

【図4】支持体を示す図である。

【図5】ラジアル軸シールリングを示す図である。

【図6】概略的に示した評価電子回路を備えた図1のシール部材を示す図である。

20

【図7】概略的に示した評価電子回路を備えた図2のシール装置を示す図である。

【図8】概略的に示した評価電子回路を備えたコンパクトシール部材を有するシール装置を示す図である。

【図9】時間経過に関して摩耗と容量とを示す図である。

【0036】

図1には、機械要素4とハウジング5との間のギャップ3をシールするシールリップ2を備えたシール部材1が示されている。シールリップ2は、半径方向の予荷重により密に機械要素4に当接している。シール部材1は外周側では、ハウジング5の環状の溝13内に収容されていて、ハウジング5に定置に固定されている。

【0037】

シール部材1は、エラストマ材料、この実施例ではEPDMから形成される弾性的な材料から成る基体6を含む。基体6は、導電カーボンの形態の導電性粒子を含んでいて、導電性である。DIN IEC 60093により規定されている、導電性粒子を含む基体6の比電気抵抗率は、 $1E+01 \text{ } \times \text{ } cm^2 / cm \sim 1E+07 \text{ } \times \text{ } cm^2 / cm$ である。例えばEPDMから成る基体6は、 $7.3E+03$ の抵抗率と、 $7.3E+05 \text{ } \times \text{ } cm^2 / cm$ の比電気抵抗率とを有している。

30

【0038】

基体6は外側で部分的に、電気絶縁材料から成るカバージャケット7により覆われている。この実施例ではカバージャケット7はPTFEから成っていて、接着促進剤を介して基体6に材料接続的に結合されている。この場合、カバージャケット7は、機械要素4とハウジング5とに接触する基体6の領域に組み込まれている。カバージャケット7の厚さは好適には0.5mmである。0.01mm~1mmの、好適には0.1mm~0.6mmの厚さが考えられる。ギャップ3に面した基体6の軸方向端面における区分12はカバージャケット7によって覆われていない。0.01mmの範囲の僅かな層厚さを考えると基本的に、カバージャケット7が、例えば潤滑剤ラッカとしてのコーティングから形成されていることが考えられる。

40

【0039】

基体6には電氣的接触のためのコンタクトエレメント8が設けられている。コンタクトエレメント8は皿ばねとして形成されていて、カバージャケット7によって被覆されていない基体6の区分12に接触している。

50

【 0 0 4 0 】

図 2 には、機械要素 4 とハウジング 5 との間のギャップ 3 をシールするためのシール装置 9 が示されている。この構成ではシール装置はロッドシールとして形成されている。ハウジング 5 はシリングハウジングであり、機械要素はロッド、もしくはピストンである。シール装置 9 は、媒体が充填されたギャップ 3 をシールしている。シール装置 9 はこの場合、双方向のシール装置 9 として構成されていて、図 1 のシール部材 1 を 2 つ有しており、シールリップ 2 は軸方向で逆を向いている。両シール部材 1 は、溝 1 3 に配置された支持体 1 0 に支持されている。この場合、シール部材 1 は支持体 1 0 の軸方向端面 1 2 に組み込まれている。支持体 1 0 は電気絶縁材料から構成されている。

【 0 0 4 1 】

支持体 1 0 には、評価電子回路にコンタクトエレメント 8 を電氣的に接続するための装置 1 1 が設けられている。この場合、この装置 1 1 はコンタクトエレメント 8 に導電接続していて、コンタクトラグの形態の、半径方向外側に向かって突出している接続エレメント 1 4 を有している。

【 0 0 4 2 】

機械要素 4 とハウジング 5 の少なくとも一部とは導電性であり、評価電子回路は基体 6 と機械要素 4 との間の、かつ/または基体 6 とハウジング 5 との間の電気容量を検出する。

【 0 0 4 3 】

図 3 には、図 2 のシール装置 9 が示されている。しかしながらこの装置では、1 つのシール部材 1 しか設けられていないので、このシール装置は単方向のシール装置 9 である。この構成は、ラジアル軸シール部材として特に適している。

【 0 0 4 4 】

図 4 には、接続エレメント 1 4 を備えた支持体 1 0 が詳しく示されている。

【 0 0 4 5 】

選択的な構成では、シール装置 9 はラジアル軸シール部材 1 である。この構成ではシールは回転軸の周りで行われる。この場合、シールリップ 2 にはカバージャケット 7 が設けられていてもよく、このカバージャケット 7 は、耐用期間の経過において摩耗され、導電性の基体 6 を軸 4 に接触させる。このような形式のラジアル軸シールリング 1 は図 5 に示されている。

【 0 0 4 6 】

別の選択的な態様では、非エラストマ材料から成るカバージャケット 7 および基体 6 を含む非エラストマセンサ体が設けられている。このセンサ体は、押圧エレメント、例えば支持リング、または押圧作用を有する別のエラストマ押圧エレメントと協働する。

【 0 0 4 7 】

図 6 には、図 1 のシール部材が、概略的に示された評価電子回路と共に示されている。

【 0 0 4 8 】

図 7 には、図 2 のシール装置が、概略的に示された評価電子回路と共に示されている。

【 0 0 4 9 】

図 8 には、機械要素 4 とハウジング 5 との間のギャップ 3 をシールするシールリップ 2 を備えたシール部材 1 が示されている。シールリップ 2 は、ハウジング 5 に密に当接している。シール部材 1 は内周側では、機械要素 4 の切欠内に収容されていて、機械要素 4 に定置に固定されている。

【 0 0 5 0 】

シール部材 1 は、弾性材料から成る基体 6 を有しており、導電性粒子を含んでいる。基体 6 の外面は部分的に、電気絶縁材料から成るカバージャケット 7 により覆われている。

【 0 0 5 1 】

図 6 および図 7 にはそれぞれ、評価電子回路 2 0 の測定回路が略示されていて、この評価電子回路は図 8 の実施例のように構成されていてよい。評価電子回路 2 0 は、交流電源 U を備えた容量測定装置 2 3 を含む。シール装置 9 には交流電圧 U がかけられ、シール

10

20

30

40

50

点の領域における容量 C が測定される。評価電子回路 20 はさらに、少なくとも 1 つの閾値が記憶されているメモリ 21 と、例えば LED のような有色の発光素子、プリンタ、またはモニタのような、情報を出力するための出力装置 22 とを含む。容量測定装置 23、メモリ 21、出力装置 22 は、データ転送技術的に互いに接続されている。出力装置 22 は、サーバへのデータ接続部としても構成することができる。サーバにより測定値が処理され、Eメール、ニュースレター、またはアプリケーションのような一般的に公知のコミュニケーションツールを利用して情報が送られる。情報により、機械オペレータまたは機械責任者に、例えば新しいシール部材を発注する、またはシール部材を交換する、または安全性に危険がある場合にはシール部材が装着された機械を停止させるといった、取り扱い指示を伝えることができる。サーバへの接続により、交換部品の自動発注、保守サービスの自動スケジューリング等のような、インダストリー 4.0 の範疇で知られている使用も可能である。シール装置が装着されている機械が供給する別の機械データに経年摩耗を関連付けることもできる。このような評価に基づき、例えばシール装置の最適化または機械の運転条件の適合を行うことができる。

10

【0052】

図 9 には、シール装置 9 で測定された容量 C と、シール部材 1 のシールリップ 2 の領域におけるカバージャケット 7 で生じた摩耗 X との関係が、時間 t に関して示されている。下の曲線は容量 C を示していて、上の曲線は摩耗 X を示している。容量 C と摩耗 X との直接的な関係に基づき、測定された容量 C から実際の摩耗 X を推定することができる。

20

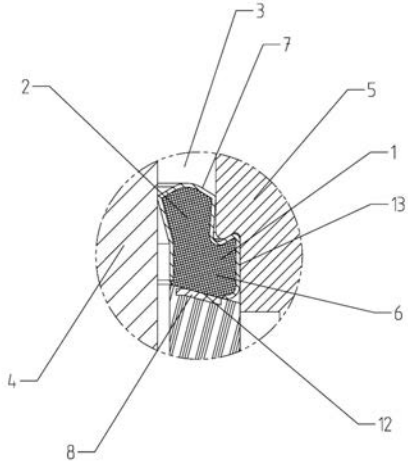
【0053】

新しいシール部材 1 を組み付けたときは、時点 $t = 0$ で容量のスタート値 C が測定される。この時点 $t = 0$ ではまだ摩耗 X は生じておらず、 $X = 0$ である。容量 C の測定は継続的にまたはほぼ継続的に、すなわち一定のサイクルで行うことができる。選択的に測定は、規定された時点 t_i で行われてもよい。この時点は予め、シール部材およびシール装置の構造および使用に応じて規定することができる。容量 C の各測定後、測定値と、評価電子回路 20 のメモリ 21 内に記憶された閾値との比較が行われる。これにより、図示した実施例では時点 t_1 で達する第 1 の閾値 C_1 を規定することができる。比較後、シール部材 1 の既に進行した摩耗 X に基づき、新しいシール部材 1 を発注すべきであるという情報を出力することができる。単なる情報の出力に対して選択的にまたは付加的に、新しいシール部材 1 を直接発注することもできる。その後の時点 t_2 では第 2 の閾値 C_2 に到達する。この閾値は臨界摩耗状態 X_2 に相当する。この進行した摩耗状態 X_2 では、シール部材 1 の交換を行うべきであるという情報を出力することができる。単なる情報の出力に対して選択的にまたは付加的に、既知の公認のサービス業者に直接修理を依頼させることもできる。シール部材 1 の交換が行われない場合は、その後の時点 t_3 で第 3 の閾値 C_3 に達する。この時点では摩耗 X は高臨界的かつ危険な量まで進行している。測定値の評価後、シール装置 9 はそれ以上使用すべきではないという情報を出力することができる。選択的かつ/または付加的に、評価電子回路 20 を保護のために遮断することができる。シール装置 9 のさらなる作動に際し安全性の危険が生じた場合、シール装置 9 が装着されている機械を制御して停止させることもできる。閾値 C_1 および C_3 は自由選択とみなされる。いずれにせよ閾値 C_2 は存在しているのが望ましい。

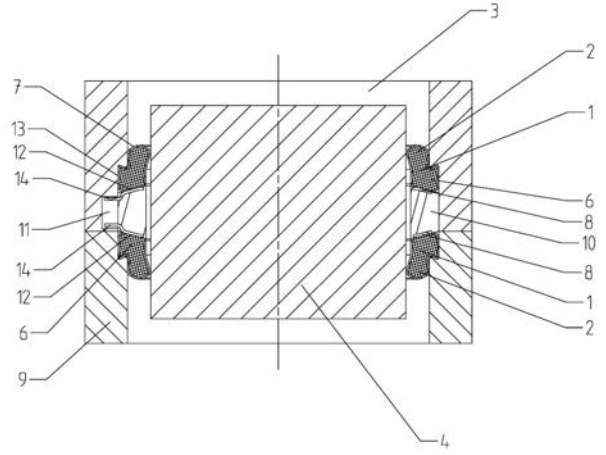
30

40

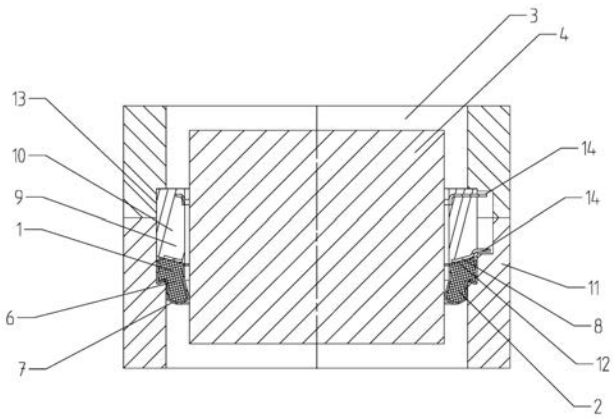
【 図 1 】



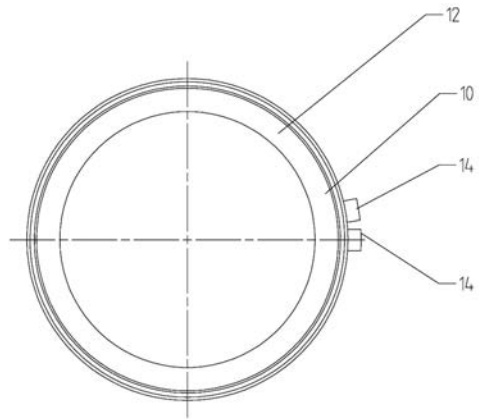
【 図 2 】



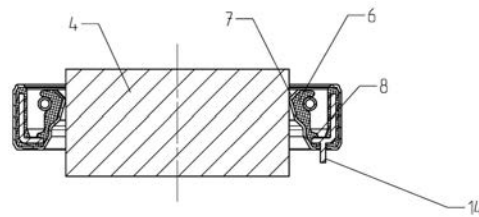
【 図 3 】



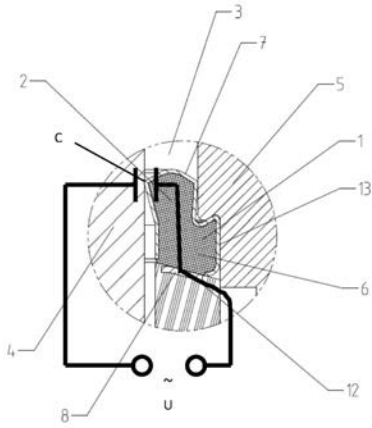
【 図 4 】



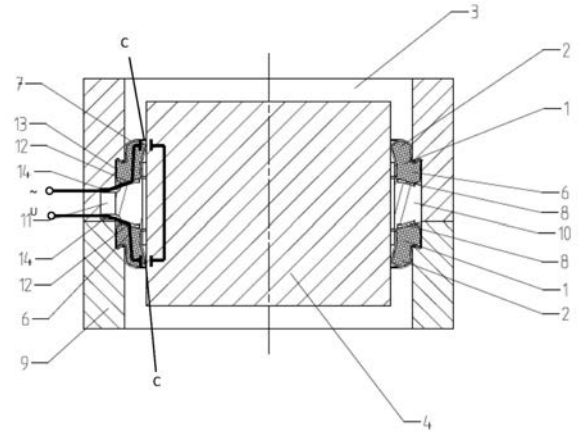
【 図 5 】



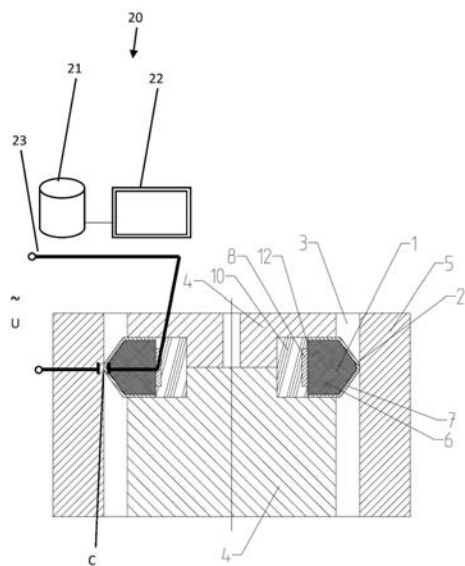
【 図 6 】



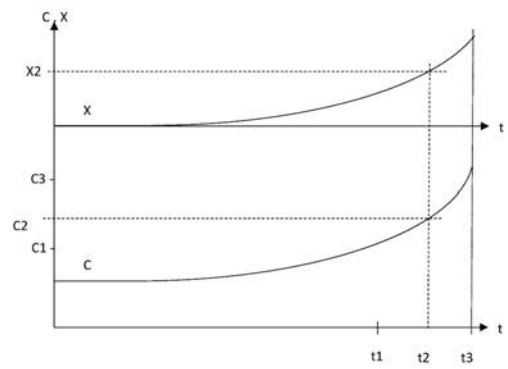
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
- (74)代理人 100162880
弁理士 上島 類
- (72)発明者 オーラフ ナールヴォルト
ドイツ連邦共和国 ルートヴィヒスハーフェン アルベアト - ハウアイゼン - リング 1 7
- (72)発明者 ボリス トラーバー
ドイツ連邦共和国 ヒアシュベアク アーダルベアト - シュティフター - リング 1 3
- (72)発明者 シュテファン ズィンドリンガー
ドイツ連邦共和国 ヴァインハイム ハメルベヒャーシュトラッセ 2 3
- (72)発明者 トーマス クラーマー
ドイツ連邦共和国 リンバッハ アイヒホアンスヘーエ 5 9
- (72)発明者 フランク ラウアー
ドイツ連邦共和国 ラウエンベアク シュロスシュトラッセ 2 6 ツェー
- (72)発明者 クリスティアン ゴイベアト
ドイツ連邦共和国 ベンスハイム ダームシュテッター シュトラッセ 8 5
- Fターム(参考) 2F063 AA23 BA30 HA01
3J006 AE04 AE14 CA01 CA05

【 外国語明細書 】

5

Dichtung und Dichtungsanordnung

Beschreibung

10

Die Erfindung betrifft eine Dichtung mit zumindest einer Dichtlippe zur Abdichtung des Spalts zwischen einem Maschinenelement und einem Gehäuse, umfassend einen Grundkörper aus elastischem Material. Die Erfindung betrifft ferner eine Dichtungsanordnung zur Abdichtung eines Spalts zwischen einem Maschinenelement und einem Gehäuse, umfassend zumindest eine Dichtung. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Überwachung einer Dichtungsanordnung.

Stand der Technik

20

Dichtungen, insbesondere dynamisch beanspruchte Dichtungen nutzen sich während der vorhergesehenen Lebensdauer ab, wobei verschiedene Abnutzungsphänomene zum Tragen kommen. Durch Materialermüdung lässt die Kontaktspannung der Dichtung nach, ebenso nimmt die Anpresskraft ab. Durch Verschleiß und Setzverhalten ändern sich die Dimensionen der Dichtung. Diese Vorgänge führen dazu, dass es zunächst zu einer Leckage und anschließend zum Ausfall des Dichtsystems kommt.

Zur Leckage-Überwachung von Dichtungen ist es bekannt, in die Dichtung eine Einrichtung zur Leckage-Überwachung zu integrieren. Aus der DE 10 2007 007

30

405 B4 ist eine elektrische Einrichtung zur Erkennung des Verschleißzustandes eines dynamischen Dichtelements bekannt. Das Dichtelement umfasst einen elektrisch leitfähigen Abschnitt und einen elektrisch nicht-leitfähigen Abschnitt, welcher mit dem abzudichtenden Maschinenelement in Kontakt steht. Das
5 Maschinenelement ist ebenfalls elektrisch leitfähig. Durch Verschleiß des Dichtelements nutzt sich das elektrisch nicht-leitende Dichtmaterial ab, so dass das elektrisch leitende Dichtmaterial in Kontakt mit dem Maschinenelement gelangt. Dabei schließt sich ein Stromkreis und es kann ermittelt werden, dass das Dichtelement verschlissen ist. Bei dieser Ausgestaltung ist nachteilig, dass
10 keine allmählichen Zustandsänderungen erfassbar sind. Es kann lediglich ermittelt werden, dass die Verschleißgrenze erreicht ist und dass das Dichtelement ausgetauscht werden muss.

Aufgabenstellung

15

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Dichtung und eine Dichtungsanordnung bereitzustellen, welche eine permanente Zustandsüberwachung der Dichtung ermöglicht. Auch soll ein Verfahren zur Zustandsüberwachung beschrieben werden.

20

Technische Lösung

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Auf vorteilhafte Ausgestaltungen nehmen die Unteransprüche Bezug.

25

Zur Lösung der Aufgabe ist der Grundkörper der Dichtung elektrisch leitfähig ausgerüstet und außenseitig zumindest teilweise mit einem Deckmantel aus elektrisch isolierendem Material bedeckt. Dabei folgt der Deckmantel der Außenkontur des Grundkörpers. Der Deckmantel weist dabei eine
30 verhältnismäßig geringe Dicke auf und liegt flächig an dem Grundkörper an.

Das Messprinzip beruht darauf, dass zwischen Grundkörper der Dichtung und Maschinenelement oder zwischen Grundkörper der Dichtung und Gehäuse eine elektrische Spannung angelegt wird und die Kapazität zwischen den Bauelementen bestimmt wird. Wesentliche Einflussgrößen der elektrischen Kapazität sind die Elektrizitätskonstante des isolierenden Mediums, welches vorliegend der Deckmantel ist, sowie die Fläche des Grundkörpers relativ zu dem Maschinenelement und der Abstand zwischen Maschinenelement und Grundkörper. Ändert sich durch zunehmenden Verschleiß die Dicke des Deckmantels, ändert sich somit auch die elektrische Kapazität zwischen diesen Elementen, was durch eine geeignete Auswerteelektronik erfasst werden kann. Die Auswerteelektronik kann ein Kapazitätsmessgerät, einen Speicher und eine Ausgabe, beispielsweise Lampen; Drucker oder eine Bildschirmanzeige aufweisen. Durch eine solche Ausgestaltung sind auch allmähliche Veränderungen und allmählicher Verschleiß erfassbar. Dies ermöglicht eine permanente Zustandsüberwachung der Dichtung, der Dichtungsanordnung und der Dichtfunktion. Auf Grund der permanenten Zustandsüberwachung kann rechtzeitig vor einem Ausfall der Dichtung gewarnt und eine Leckage der Dichtungsanordnung so vermieden werden. Die erfindungsgemäße Ausgestaltung einer Dichtung ist für alle Dichtsysteme anwendbar, die durch eine dynamische Beanspruchung einem Verschleiß unterliegen. Diese Erfindung ist auch vorteilhaft gegenüber einem verschleißsensierenden System, das auf einer Kurzschlussmessung beruht. Denn bei diesem müssen die Dimensionen des Dichtsystems sehr exakt auf die Dimensionsänderungen über der Zeit abgestimmt sein. Nur so wird das Signal auch wirklich kurz vor einer Leckage erzeugt. Die Einbausituation kann aber in jedem System anders sein, z.B. andere Abmaße oder andere Verpressungen, so dass jedes System mit sehr viel Aufwand aufeinander abgestimmt sein muss, da ansonsten die Leckage bereits vor Erzeugung eines Signals eintreten könnte. Vorteilhaft an der Erfindung ist, dass eine solche Abstimmung auf die Dimensionsänderung

nicht notwendig ist, sondern das Dichtsystem durch die Kapazitätsmessung auf viele Anwendungen kalibrierbar ist.

Der Deckmantel kann zumindest den Bereichen des Grundkörpers zugeordnet
5 sein, die in Kontakt mit dem Maschinenelement und dem Gehäuse stehen.
Dabei kann der Deckmantel den Grundkörper außenumfangsseitig vollständig
umgeben. In anderen Ausgestaltungen können auch Bereiche des
Grundkörpers unbedeckt bleiben. Denkbar sind hier insbesondere die Bereiche,
10 die in Richtung des Dichtspalts weisen und weder in Kontakt mit dem
Maschinenelement noch mit dem Gehäuse gelangen. Der Deckmantel ist
vorzugsweise stoffschlüssig an den Grundkörper angebunden.

Der Grundkörper kann aus elastomeren Material bestehen. Je nach
Einsatzzweck der Dichtung kommen hier insbesondere bewährte
15 Dichtungsmaterialien wie NR, EPDM, EVM, ECO, CR, NBR, XNBR, ACM, AEM,
HNBR, XHNBR, FKM und FFKM sowie Blends aus diesen Materialien in
Betracht. Darüber hinaus ist auch der Einsatz thermoplastischer Elastomere
sowie von Thermoplasten als Material für den Grundkörper denkbar.

20 Der Deckmantel besteht vorzugsweise aus einem Elastomer, einem
thermoplastischem Werkstoff oder aus PTFE. Ein aus einem Elastomer
ausgebildeter Deckmantel haftet aufgrund des ähnlichen Materials besonders
gut stoffschlüssig an dem Grundkörper an. Ein thermoplastischer Werkstoff
kann besonders einfach mittels Spritzgießen an den Grundkörper angeformt
25 werden und haftet stoffschlüssig an dem Grundkörper an. Eine Anhaftung kann
aber auch durch eine formschlüssige Verbindung hergestellt werden. In diesem
Zusammenhang ist es insbesondere denkbar, die Verbindung durch
mechanische Verkrallung mittels einer geometrischen Formgebung des
Grundkörpers zu bilden. In beiden Fällen kann aber die Haftung auch durch
30 einen Haftvermittler zustande kommen. Ein aus PTFE geformter Deckmantel

weist eine besonders geringen Haftreibungskoeffizienten und eine hohe chemische Beständigkeit auf. Des Weiteren ist ein aus PFTE bestehender Deckmantel besonders verschleißfest. Zur Anbindung des aus PTFE bestehenden Deckmantels an den Grundkörper kommt gegebenenfalls ein
5 Haftvermittler zum Einsatz. Auch hier ist eine formschlüssige Verbindung denkbar. Wesentlich ist jeweils, dass das Material des Deckmantels elektrisch isolierend ist, während das Material des Grundkörpers elektrisch leitfähig ist.

Das elastische Material kann mit elektrisch leitfähigen Partikeln versehen sein.
10 In diesem Zusammenhang ist insbesondere denkbar, in das elastische Material Kohlenstoffpartikel oder Metallpartikel einzumischen. Kohlenstoffpartikel sind beispielsweise Leitrüße, Graphite, Kohlenstofffasern oder Carbon Nanotubes. Metallpartikel sind beispielsweise Edelstahlfasern, Metallfasern, Metallpulver, beschichtete Metallpulver, wie beispielsweise silberbeschichtete Kupferflakes.
15 Die Metallpartikel können auch aus Aluminium oder Eisenoxid bestehen. Sowohl Kohlenstoffpartikel als auch Metallpartikel sind elektrisch leitfähig und bewirken, dass das elastische Material des Grundkörpers insgesamt elektrisch leitfähig ist.

20 Der Grundkörper kann mit einem Kontaktelement zur elektrischen Kontaktierung versehen sein. Das Kontaktelement ist dabei vorzugsweise so ausgebildet, dass eine sichere elektrische Kontaktierung des Grundkörpers gegeben ist und dass die Kontaktierung möglichst widerstandsarm erfolgt. In diesem Zusammenhang ist es insbesondere denkbar, dass das
25 Kontaktelement scheibenförmig ausgebildet ist und flächig an dem Grundkörper anliegt. Dabei gelangt das Kontaktelement vorzugsweise in den Bereich des Grundkörpers zur Anlage, der in eingebautem Zustand der Dichtung den Spalt zwischen Gehäuse und Maschinenelement zugeordnet ist und weder in Kontakt mit dem Gehäuse noch in Kontakt mit dem

Maschinenelement gelangt. Alternativ kann das Kontaktelement auch in Form einer Tellerfeder ausgebildet sein.

Eine erfindungsgemäße Dichtungsanordnung zur Abdichtung eines Spalts
5 zwischen einem Maschinenelement und einem Gehäuse umfasst zumindest eine Dichtung und eine Auswerteelektronik zur Erfassung der elektrischen Kapazität zwischen dem Grundkörper der Dichtung und dem Maschinenelement oder dem Gehäuse, also der Kapazität des Deckmantels der Dichtung im Bereich des Dichtungspunktes. Die Auswerteelektronik kann
10 ein Kapazitätsmessgerät, einen Speicher und eine Ausgabereinrichtung, beispielsweise eine Bildschirmanzeige aufweisen.

Zumindest das Maschinenelement oder das Gehäuse ist erfindungsgemäß elektrisch leitfähig. Ob das Maschinenelement oder das Gehäuse elektisch leitfähig sein muss hängt davon ab, ob die Dichtung an dem Gehäuse oder an
15 dem Maschinenelement angebracht ist. Ist die Dichtung an dem Gehäuse angebracht, so ist muss das Maschinenelement leitfähig sein. Ist die Dichtung an dem Maschinenelement angebracht, so muss das Gehäuse leitfähig sein. Das jeweils andere Bauelement kann dabei auch leitfähig sein. Für die Zustandsüberwachung der Dichtung, insbesondere von ihrem Verschleiß, wird
20 zwischen Maschinenelement oder Gehäuse und Grundkörper der Dichtung eine elektrische Spannung angelegt, so dass die elektrische Kapazität bestimmbar ist. Diese wird von der Auswerteelektronik erfasst. Darüber hinaus kann die Auswerteelektronik auch allmähliche Änderungen der elektrischen Kapazität erfassen, eine sogenannte Drift der Kapazität. Die Änderungen der
25 elektrischen Kapazität entstehen z.B. aufgrund von Dimensionsänderungen durch Abnutzung des Deckmantels.

Wird in der Auswerteelektronik eine Trendlinie der Kapazität ausgewertet, also eine Tendenz der Kapazität, so sind Voraussagen möglich, wann vorbestimmte Grenzwerte erreicht werden.

Auch kann in der Auswerteelektronik das Maß der Veränderung der Kapazität bestimmt werden, also die erste zeitliche Ableitung der Kapazität, und in die Auswertung einfließen. So kann beispielsweise bei starker Zunahme der Kapazität eine Warnung ausgegeben werden.

- 5 Die vorstehend beschriebenen Ansätze erlauben in vorteilhafter Weise eine permanente Zustandsüberwachung der Dichtungsanordnung und eine längerfristige Planung von Wartungsarbeiten.

Die Messung der Kapazität und der Rückschluss auf den Zustand der Dichtung, insbesondere den Verschleiß der Dichtung, hat den Vorteil, dass diese als
10 Relativmessung ausgestaltet sein kann. D.h. es wird die Kapazität einer neuen Dichtung bei Montage gemessen und relativ zu diesem Messwert der Kapazität ein Grenzwert festgelegt, bei welchem der Verschleiß unzulässig groß wird. Alternativ können hinterlegte Grenzwerte abhängig von der erstmals gemessenen Kapazität kalibriert werden. Weil in beiden Fällen kein absoluter
15 Grenzwert vorgegeben ist, sind bei der Fertigung des Deckmantels der Dichtung Toleranzen in den Charakteristika des Deckmantels, z.B. der Dicke zulässig.

In der Auswerteelektronik sind in einem Speicher bestimmten
20 Kapazitätswerten bestimmte Zustandswerte der Dichtung, insbesondere Verschleißwerte zugeordnet. Die hinterlegten Werte können experimentell und/oder rechnerisch bestimmt worden sein.

Zu einer Leckage können neben Verschleiß auch Materialalterung der Dichtung
25 führen. Diese Leckage wird dann durch eine Veränderung in der isolierenden Schicht bewirkt. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn die abzudichtenden Medien das Material der Dichtung durch chemische Veränderung altern. Bemerkbar macht sich die Materialalterung auch in einem geänderten Setzverhalten der Dichtung, was unter Umständen ebenfalls zu
30 einer Leckage führen kann. In einer vorteilhaften Weiterbildung der

Dichtungsanordnung können solche Alterungsvorgänge auch gemessen werden, wobei die Auswertelektronik dazu eine dielektrische Spektroskopie ausführt. Die dielektrische Spektroskopie ist ein Verfahren der Impedanzspektroskopie, das die dielektrischen Eigenschaften eines Materials erfasst, hier der isolierenden Schicht. Dabei wird die Impedanz, d.h. der Wechselstromwiderstand des Materials, als Funktion der Frequenz bestimmt. Die Impedanz ist ein Maß für die Alterung des Materials.

Die Erfindung kann alternativ oder zusätzlich zur reinen Messung der Kapazität also die Möglichkeit beinhalten durch Variation der Frequenz die dielektrischen Eigenschaften des Materials zu monitoren und dadurch weiterreichendere Informationen zum Materialzustand zu bekommen. Durch das angelegte elektrische Feld E wird eine Verschiebung von Ladungsträgern D im Material erreicht. Deren Stärke wird durch die dielektrische Konstante oder Permittivität ε des Materials bestimmt.

$$D = \varepsilon \varepsilon_0 E$$

Unter Anwendung eines Wechselfeldes ist ε eine komplexe Größe und wird auch komplexe Permittivität ε^* genannt. Wie alle komplexen Größen besteht ε^* aus einem Real- und einem Imaginärteil, wobei der Realteil als ε' bezeichnet wird und den Teil der dielektrischen Antwort bezeichnet welcher sich in Phase mit dem angelegten Feld befindet, während ε'' den Imaginärteil darstellt, welcher nicht in Phase ist.

25

Die dielektrischen Eigenschaften eines Materials hängen direkt mit der Materialstruktur zusammen und dadurch auch mit den zugrundeliegenden Prozessen, welche die dielektrische Antwort des Materials verursachen. Die Abhängigkeit der komplexen dielektrischen Permittivität $\varepsilon^*(\omega)$ von der

Kreisfrequenz ω des äußeren elektrischen Feldes sowie von Temperatur und Druck, kann mit den folgenden Mechanismen begründet werden:

- 1) Mikroskopische Fluktuationen von molekularen Dipolen
 - 5 2) Bewegung von mobilen Ladungsträgern (Diffusion von Elektronen oder Ionen)
 - 3) Ladungstrennung an Grenzflächen, welche zu zusätzlicher Polarisierung führen
- 10 Letzteres kann zum einen im mesoskaligen Bereich an inneren Grenzflächen stattfinden (Maxwell/Wagner/Sillars-Polarisation) und/oder makroskopisch an der Kontaktierung zwischen Probe und äußeren Elektroden. Der Polarisationsbeitrag kann dabei um mehrere Größenordnungen die Effekte durch molekulare Mechanismen übersteigen.

15

Jeder der genannten Prozesse hat eine spezifische Temperatur- und Frequenzabhängigkeit des Real- und des Imaginärteils der komplexen dielektrischen Funktion und kann daher genutzt werden um den aktuellen molekularen Zustand des Materials besser zu charakterisieren. Diese

20 zusätzliche Information kann wertvolle Informationen zur Struktur und Aufbau des molekularen Systems zu Verfügung stellen.

Bei dem beschriebenen Vorgehen sollte die angelegte Spannung möglichst niedrig sein, der Frequenzbereich wird variiert. Es werden der Real- und der

25 Imaginärteil der komplexen dielektrischen Funktion aufgenommen, in einer anderen Ausführungsart kann auch der dielektrische Modul M als charakteristische Größe dienen. Veränderungen in den Messgrößen können durch detaillierte Auswertung mit dem Fachmann bekannten Modellfunktionen (z.B. Cole-Cole, Havriliak-Negami) klar Strukturveränderungen zugeordnet

30 werden.

- Die Dichtungsanordnung kann in vorteilhafter Weiterbildung weiterhin einen Tragkörper aufweisen, wobei der Tragkörper aus elektrisch isolierendem Material ausgebildet ist. In diesem Zusammenhang ist insbesondere denkbar, dass der Tragkörper aus thermoplastischem Kunststoff besteht. Der Tragkörper stützt einerseits den Grundkörper in dem Bauraum und verhindert andererseits, dass Bereiche des Grundkörpers mit dem Gehäuse und/oder dem Maschinenelement in Kontakt gelangen, die nicht mit dem Deckmantel bedeckt sind.
- 10 Der Tragkörper ist vorzugsweise mit einer Einrichtung zur elektrischen Verbindung des Kontaktelements mit einer Auswerteelektronik versehen. Dabei wird eine elektrische Verbindung einerseits mit den Kontaktelementen des Grundkörpers hergestellt, was über eine kraftschlüssige Anlage eines elektrisch leitfähigen Abschnitts des Tragkörpers erfolgen kann und andererseits mit der
- 15 Auswerteelektronik. Dazu kann der Tragkörper beispielsweise mit Anschlussfahnen versehen sein, welche ein einfaches Verbinden mit Kabelschuhen einer Verkabelung ermöglicht.
- 20 In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Dichtungsanordnung zwei Dichtungen auf, die jeweils einer axialen Stirnseite des Tragkörpers zugeordnet sind, sodass die Dichtungsanordnung bidirektional dichtet. Eine derartige Dichtungsanordnung ist besonders vorteilhaft, wenn die Dichtungsanordnung eine Stangendichtung ist. In diesem Fall ist das Gehäuse beispielsweise ein
- 25 Zylindergehäuse und die Stange ein Kolben. Die Dichtungsanordnung dichtet den mit einem Medium befüllten Spalt ab. Die Wahl des Mediums hängt von dem jeweiligen Einsatzzweck ab und kann Schmierstoffmedien wie Getriebeflüssigkeiten und Hydraulikflüssigkeiten umfassen. Denkbar sind aber auch Medien der Lebensmitteltechnik, insbesondere im Bereich der

Abfülltechnik bekannte Medien wie Milch, Limonade, Bier und deren Reinigungsmedien, sogenannte CIP/SIP Reinigungsmedien.

Die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung mit permanenter

- 5 Zustandsüberwachung und Leckage-Überwachung ist aber generell vorteilhaft in allen dynamischen Dichtungssystemen mit einer ausgeformten Dichtlippe. Hierunter sind vor allem Dichtungen zu fassen, die mindestens eine definierte Dichtlippe aufweisen, wie bei Radialwellendichtungen. Die Dichtung kann aber auch als Profildichtung, Klappendichtung oder X-Ring ausgebildet sein.

10

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Überwachung einer Dichtungsanordnung, wie sie obenstehend beschrieben ist, wobei das Verfahren die nachfolgenden Schritte aufweist:

- 15 In einem ersten Schritt erfolgt die Messung der Kapazität, je nach Aufbau der Dichtungsanordnung zwischen dem Grundkörper und dem Maschinenelement oder zwischen dem Grundkörper und dem Gehäuse mit einem Kapazitätsmessgerät. Sodann erfolgt der Abgleich des Messwertes mit mindestens einem in einem Speicher hinterlegten Grenzwert. Wird mindestens
- 20 ein Grenzwert überschritten, so erfolgt in einem dritten Schritt die Ausgabe einer Information mittels einer Ausgabeeinrichtung, wobei einem jeweiligen Grenzwert eine jeweilige Information zugeordnet sein kann. Dabei kann insbesondere ein erster Grenzwert vorgesehen sein, bei welchem eine Bestellaufforderung ausgegeben wird zur Bestellung einer neuen Dichtung, es
- 25 kann ein zweiter Grenzwert vorgesehen sein, bei welchem eine Austauschaufforderung ausgegeben wird zum Austausch der Dichtung und/oder es kann ein dritter Grenzwert vorgesehen sein, bei welchem eine Abschaltaufforderung ausgegeben wird, um einen Totalausfall der Dichtung und eventuell kritische Folgen zu vermeiden.

30

Für die Messung mittels dielektrischer Spektroskopie kann das Verfahren analog angewandt werden.

Die beschriebene Erfindung und die beschriebenen vorteilhaften

- 5 Weiterbildungen der Erfindung stellen auch in Kombination miteinander - soweit dies technisch sinnvoll ist - vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung dar.

Hinsichtlich weiterer Vorteile und in konstruktiver und funktioneller Hinsicht vorteilhafter Ausgestaltungen der Erfindung wird auf die Unteransprüche sowie

- 10 die Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren verwiesen.

Ausführungsbeispiel

- 15 Die Erfindung soll an Hand beigefügter Figuren noch näher erläutert werden. Einander entsprechende Elemente und Bauteile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Zugunsten einer besseren Übersichtlichkeit der Figuren wurde auf eine maßstabgetreue Darstellung verzichtet.

Diese zeigen, jeweils schematisch:

- 20 Fig. 1 eine Dichtung im Schnitt;
Fig. 2 eine bidirektionale Dichtungsanordnung;
Fig. 3 eine monodirektionale Dichtungsanordnung;
Fig. 4 den Tragkörper;
Fig. 5 einen Radialwellendichtring
25 Fig. 6 die Dichtung aus Fig. 1 mit einer schematisch angedeuteten Auswerteelektronik
Fig. 7 die Dichtungsanordnung aus Fig. 2 mit einer schematisch angedeuteten Auswerteelektronik
Fig. 8 eine Dichtungsanordnung mit Kompaktdichtung mit einer schematisch
30 angedeuteten Auswerteelektronik

Fig. 9 eine Darstellung von Verschleiß und Kapazität im Zeitverlauf.

Figur 1 zeigt eine Dichtung 1 mit einer Dichtlippe 2 zur Abdichtung eines Spalts 3 zwischen einem Maschinenelement 4 und einem Gehäuse 5. Die Dichtlippe 2
5 liegt mit radialer Vorspannung dichtend an dem Maschinenelement 4 an. Außenumfangsseitig ist die Dichtung 1 in einer umlaufenden Nut 13 des Gehäuses 5 aufgenommen und ortsfest in dem Gehäuse 5 fixiert.

Die Dichtung 1 umfasst einen Grundkörper 6 aus elastischem Material,
10 ausgebildet aus elastomerem Material, in diesem Ausführungsbeispiel aus EPDM. Der Grundkörper 6 ist mit elektrisch leitfähigen Partikeln in Form von Leitruß elektrisch leitfähig ausgerüstet. Der spezifische elektrische Durchgangswiderstand des mit leitfähigen Partikeln ausgerüsteten Grundkörpers 6, bestimmt gemäß DIN IEC 60093, beträgt zwischen $1E+01$
15 $\Omega\text{cm}^2/\text{cm}$ und $1E+07 \Omega\text{cm}^2/\text{cm}$. Ein beispielhafter aus EPDM bestehender Grundkörper 6 weist einen Durchgangswiderstand von $7,3E+03 \Omega$ und einen spezifischen Durchgangswiderstand von $7,3E+05 \Omega\text{cm}^2/\text{cm}$ auf.

Der Grundkörper 6 ist außenseitig teilweise mit einem Deckmantel 7 aus
20 elektrisch isolierendem Material bedeckt. In diesem Ausführungsbeispiel besteht der Deckmantel 7 aus PTFE und ist über einen Haftvermittler stoffschlüssig an den Grundkörper 6 angebunden. Dabei ist der Deckmantel 7 den Bereichen des Grundkörpers 6 zugeordnet, die in Kontakt mit dem Maschinenelement 4 und dem Gehäuse 5 stehen. Die Dicke des Deckmantels
25 7 beträgt vorliegend 0,5 mm. Denkbar ist eine Dicke zwischen 0,01 mm und 1 mm, vorzugsweise zwischen 0,1 mm und 0,6 mm. Ein Abschnitt 12 an der axialen Stirnseite des Grundkörpers 6, dem Spalt 3 zugewandt, ist nicht von dem Deckmantel 7 bedeckt. Im Hinblick auf die geringe Schichtdicke im Bereich von 0,01 mm ist prinzipiell denkbar, dass der Deckmantel 7 aus einer
30 Beschichtung, beispielsweise in Form eines Gleitlacks ausgebildet ist.

Der Grundkörper 6 ist mit einem Kontaktelement 8 zur elektrischen Kontaktierung versehen. Das Kontaktelement 8 ist in Form einer Tellerfeder geformt und liegt an dem von dem Deckmantel 7 unbedeckten Abschnitt 12 an dem Grundkörper 6 an.

Figur 2 zeigt eine Dichtungsanordnung 9 zur Abdichtung eines Spalts 3 zwischen einem Maschinenelement 4 und einem Gehäuse 5. In dieser Ausgestaltung ist die Dichtungsanordnung als Stangendichtung ausgebildet. Das Gehäuse 5 ist ein Zylindergehäuse und das Maschinenelement ist eine Stange, beziehungsweise ein Kolben. Die Dichtungsanordnung 9 dichtet den mit einem Medium gefüllten Spalt 3. Die Dichtungsanordnung 9 ist vorliegend als bidirektionale Dichtungsanordnung 9 ausgebildet und weist zwei Dichtungen 1 gemäß Figur 1 auf, wobei die Dichtlippen 2 in entgegengesetzte Axialrichtungen weisen. Die beiden Dichtungen 1 stützen sich an einem in der Nut 13 angeordneten Tragkörper 10 ab. Dabei sind die Dichtungen 1 einer axialen Stirnseite 12 des Tragkörpers 10 zugeordnet. Der Tragkörper 10 ist aus elektrisch isolierendem Material ausgebildet.

Der Tragkörper 10 ist mit einer Einrichtung 11 zur elektrischen Verbindung des Kontaktelements 8 mit einer Auswerteelektronik versehen ist. Dabei steht die Einrichtung 11 in elektrisch leitender Verbindung mit dem Kontaktelement 8 und weist radial nach außen abragende Verbindungselemente 14 in Form von Kontaktfahnen auf.

Das Maschinenelement 4 und zumindest ein Teil des Gehäuses 5 sind elektrisch leitfähig, wobei die Auswerteelektronik die elektrische Kapazität zwischen dem Grundkörper 6 und dem Maschinenelement 4 und/oder zwischen dem Grundkörper 6 und dem Gehäuse 5 erfasst.

Figur 3 zeigt die Dichtungsanordnung 9 gemäß Figur 2. Bei dieser Ausgestaltung ist jedoch lediglich eine Dichtung 1 vorgesehen, so dass die Dichtungsanordnung eine monodirektionale Dichtungsanordnung 9 ist. Diese Ausgestaltung ist besonders geeignet als Radialwellendichtung.

5

Figur 4 zeigt im Detail den Tragkörper 10 mit den Verbindungselementen 14.

In einer alternativen Ausgestaltung ist die Dichtungsanordnung 9 eine Radialwellendichtung 1. Bei dieser Ausgestaltung findet die Abdichtung um eine rotierende Welle statt. Dabei kann die Dichtlippe 2 mit einem Deckmantel 10 7 ausgestattet sein, welcher sich im Verlauf der Lebensdauer abträgt und den leitfähigen Grundkörper 6 zur Anlage an die Welle 4 bringt. Ein derartiger Radialwellendichtring 1 ist in Figur 5 gezeigt.

15 Eine weitere alternative Ausführungsform sieht einen nicht-elastomeren Sensorkörper, umfassend einen Deckmantel 7 und einen Grundkörper 6, welche aus nicht-elastomerem Material bestehen, vor. Der Sensorkörper wirkt zusammen mit Anpresselementen, beispielsweise einen Stütz-O-Ring oder anderen elastomeren Anpresselementen, welche die Anpressung bewirken.

20

In Figur 6 ist die Dichtung aus Figur 1 mit einer schematisch angedeuteten Auswerteelektronik dargestellt.

In Figur 7 ist die Dichtungsanordnung aus Figur 2 mit einer schematisch 25 angedeuteten Auswerteelektronik dargestellt.

Figur 8 zeigt eine Dichtung 1 mit einer Dichtlippe 2 zur Abdichtung eines Spalts 3 zwischen einem Maschinenelement 4 und einem Gehäuse 5. Die Dichtlippe 2 liegt dichtend an dem Gehäuse 5 an. Innenumfangsseitig ist die Dichtung 1 in

einer Ausnehmung des Maschinenelements 4 aufgenommen und ortsfest in dem Maschinenelement 4 fixiert.

Die Dichtung 1 umfasst einen Grundkörper 6 aus elastischem Material und ist
5 mit elektrisch leitfähigen Partikeln ausgerüstet. Der Grundkörper 6 ist
außenseitig teilweise mit einem Deckmantel 7 aus elektrisch isolierendem
Material bedeckt.

In den Figuren 6 und 7 ist jeweils der Messkreis einer Auswerteelektronik 20
angedeutet, welche wie im Ausführungsbeispiel von Figur 8 ausgeführt sein
10 kann. Die Auswerteelektronik 20 umfasst ein Kapazitätsmessgerät 23 mit einer
Wechselspannungsquelle U. An die Dichtungsanordnung 9 wird eine
Wechselspannung U angelegt und die Kapazität C im Bereich des
Dichtungspunktes ermittelt. Die Auswerteelektronik 20 umfasst weiter einen
Speicher 21, in welchem mindestens ein Grenzwert abgespeichert ist und eine
15 Ausgabeeinrichtung 22, beispielsweise farbige Leuchtelemente wie LEDs, einen
Drucker oder einen Bildschirm, zur Ausgabe von Informationen.

Kapazitätsmessgerät 23, Speicher 21 und Ausgabeeinrichtung 22 sind
datenübertragungstechnisch miteinander verbunden. Die Ausgabeeinrichtung
22 kann auch als Datenanbindung an einen Server ausgeführt sein, durch
20 welchen die Messwerte aufbereitet und eine Information unter Nutzung
allgemein bekannter Kommunikationsmittel wie E-Mail, Kurznachricht oder App
verschickt wird. Durch die Information kann einem Maschinenbediener oder
Maschinenverantwortlichen eine Handlungsanweisung übermittelt werden,
beispielsweise eine neue Dichtung zu bestellen, die Dichtung auszutauschen
25 oder im Fall von Sicherheitsrisiken die Maschine, in welcher die
Dichtungsanordnung eingesetzt wird, herunter zu fahren. Durch die Anbindung
an einen Server sind auch im Rahmen von Industrie 4.0 bekannten
Anwendungen möglich, wie die automatische Bestellung von Ersatzteilen, die
automatische Terminierung von Wartungseinsätzen, etc. Auch könnte der
30 Verschleiß über den Lauf der Zeit in Beziehung zu anderen Maschinendaten

gesetzt werden, welche die Maschine liefert, in der die Dichtungsanordnung eingesetzt wird. Basierend auf einer solchen Auswertung könnte z.B. eine Optimierung der Dichtungsanordnung oder eine Anpassung der Betriebsbedingungen der Maschine erfolgen.

5

In Figur 9 ist der Zusammenhang zwischen der in einer Dichtungsanordnung 9 gemessenen Kapazität C und dem auftretenden Verschleiß X eines Deckmantels 7 im Bereich einer Dichtlippe 2 einer Dichtung 1 über den Verlauf der Zeit t dargestellt. In der unteren Kurve ist die Kapazität C aufgetragen und in der oberen Kurve ist der Verschleiß X aufgetragen. Aufgrund des direkten
10 Zusammenhangs zwischen der Kapazität C und dem Verschleiß X kann von einer gemessenen Kapazität C auf einen tatsächlichen Verschleiß X geschlossen werden.

Bei Montage einer neuen Dichtung 1 wird zum Zeitpunkt $t=0$ ein Kapazitäts-
15 Startwert C gemessen. Zu diesem Zeitpunkt $t=0$ liegt noch kein Verschleiß X vor und es gilt $X=0$. Die Messung der Kapazität C kann kontinuierlich oder quasi-kontinuierlich, d. h. in einem festen Takt, erfolgen. Alternativ kann die Messung zu bestimmten Zeitpunkten t_i erfolgen, welche vorab, abhängig vom Aufbau und Einsatz der Dichtung und der Dichtungsanordnung, festgelegt
20 werden können. Nach jeder Messung der Kapazität C erfolgt ein Abgleich des Messwertes mit in einem Speicher 21 der Auswerteelektronik 20 hinterlegten Grenzwerten. So kann ein erster Grenzwert C1 festgelegt sein, welcher im dargestellten Beispiel zum Zeitpunkt t_1 erreicht wird. Nach erfolgtem Abgleich kann eine Information ausgegeben werden, dass aufgrund eines bereits
25 fortgeschrittenen Verschleißes X der Dichtung 1, eine neue Dichtung 1 bestellt werden sollte. Alternativ oder zusätzlich zur bloßen Ausgabe der Information kann auch direkt eine neue Dichtung 1 bestellt werden. Zu einem späteren Zeitpunkt t_2 wird ein zweiter Grenzwert C2 erreicht, welchem ein kritischer Verschleißzustand X2 entspricht. Bei diesem fortgeschrittenen Verschleiß X2
30 kann eine Information ausgegeben werden, dass ein Austausch der Dichtung 1

erfolgen sollte. Alternativ oder zusätzlich zur bloßen Ausgabe der Information kann auch direkt ein Reparaturauftrag an einen bekannten und benannten Servicedienstleister veranlasst werden. Erfolgt kein Austausch der Dichtung 1 so wird zu einem späteren Zeitpunkt t_3 ein dritter Grenzwert C_3 erreicht, zu
5 welchem der Verschleiß X auf ein hochkritisches und risikobehaftetes Maß vorangeschritten ist. Nach Auswertung des Messwertes kann eine Information ausgegeben werden, dass die Dichtungsanordnung 9 so nicht mehr weiter betrieben werden sollte. Alternativ und/oder zusätzlich könnte die
Auswerteelektronik 20 zu ihrem Schutz abgeschaltete werden. Sollten
10 Sicherheitsrisiken beim Weiterbetrieb der Dichtungsanordnung 9 bestehen, so könnte die Maschine, in welcher die Dichtungsanordnung 9 eingesetzt wird, auch kontrolliert heruntergefahren werden. Die Grenzwerte C_1 und C_3 werden als fakultativ angesehen. Der Grenzwert C_2 sollte jedenfalls vorhanden sein.

Patentansprüche

1. Dichtung (1) mit zumindest einer Dichtlippe (2) zur Abdichtung eines Spalts (3) zwischen einem Maschinenelement (4) und einem Gehäuse (5), umfassend einen Grundkörper (6) aus elastischem Material, wobei
5 der Grundkörper (6) elektrisch leitfähig ausgerüstet und außenseitig zumindest teilweise mit einem Deckmantel (7) aus elektrisch isolierendem Material bedeckt ist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Deckmantel (7) zumindest den
10 Bereichen des Grundkörpers (6) zugeordnet ist, die in Kontakt mit dem Maschinenelement (4) und dem Gehäuse (5) stehen.
2. Dichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (6) aus elastomeren Material besteht.
15
3. Dichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das elastische Material mit elektrisch leitfähigen Partikeln versehen ist.
- 20 4. Dichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (6) mit einem Kontaktelement (8) zur elektrischen Kontaktierung versehen ist.
- 25 5. Dichtungsanordnung (9) zur Abdichtung eines Spalts (3) zwischen einem Maschinenelement (4) und einem Gehäuse (5), umfassend zumindest eine Dichtung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass zumindest das Maschinenelement (4) oder
zumindest ein Teil des Gehäuses (5) elektrisch leitfähig ist und dass eine Auswerteelektronik (20) vorgesehen ist und die Auswerteelektronik (20)
30 die elektrische Kapazität (C) zwischen dem Grundkörper (6) und dem

Maschinenelement (4) oder dem Gehäuse (5) erfasst.

- 5
6. Dichtungsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteelektronik (20) ein Kapazitätsmessgerät (23), einen Speicher (21) und eine Ausgabeeinrichtung (22) aufweist.
7. Dichtungsanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass diese einen Tragkörper (10) besitzt, wobei der Tragkörper (10) aus elektrisch isolierendem Material ausgebildet ist.
- 10
8. Dichtungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper (10) mit einer Einrichtung (11) zur elektrischen Verbindung des Kontaktelements (8) mit der Auswerteelektronik versehen ist.
- 15
9. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungsanordnung (9) zwei Dichtungen (1) aufweist, die jeweils einer axialen Stirnseite (12) des Tragkörpers (10) zugeordnet sind, so dass die Dichtungsanordnung (9) bidirektional dichtet.
- 20
10. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungsanordnung (9) eine Stangendichtung ist.
- 25
11. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungsanordnung (9) eine Radialwellendichtung ist.

12. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungsanordnung (9) eine Stangenkompaktdichtung ist.
- 5 13. Verfahren zur Überwachung einer Dichtungsanordnung (9) nach einem der Ansprüche 6 bis 12 mit nachfolgenden Schritten:
- a) Messung der Kapazität (C) zwischen dem Grundkörper (6) und dem Maschinenelement (4) oder dem Gehäuse (5) mit dem Kapazitätsmessgerät (23)
- 10 b) Abgleich des Messwertes (C) mit mindestens einem in dem Speicher (21) hinterlegten Grenzwert (C1, C2, C3), wobei die Schritte a) und b) in definierten Zeitabständen wiederholt werden
- c) Ausgabe einer Information mittels der Ausgabereinrichtung (22) wenn
- 15 mindestens ein Grenzwert (C1, C2, C3) überschritten wird.
14. Verfahren zur Überwachung einer Dichtungsanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass
- vor erster Durchführung des Schrittes a) eine Kalibrierung des
- 20 Kapazitätsmessgeräts (23) erfolgt.
15. Verfahren zur Überwachung einer Dichtungsanordnung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass
- ein erster Grenzwert (C1) vorgesehen ist, bei welchem in Schritt c) eine
- 25 Bestellaufforderung ausgegeben wird und/oder dass
- ein zweiter Grenzwert (C2) vorgesehen ist, bei welchem in Schritt c) eine Austauschaufforderung ausgegeben wird und/oder dass
- ein dritter Grenzwert (C3) vorgesehen ist, bei welchem in Schritt c) eine Abschaltaufforderung ausgegeben wird.

16. Dichtungsanordnung (9) zur Abdichtung eines Spalts (3) zwischen einem Maschinenelement (4) und einem Gehäuse (5), umfassend zumindest eine Dichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4

dadurch gekennzeichnet,

5 dass zumindest das Maschinenelement (4) oder zumindest ein Teil des Gehäuses (5) elektrisch leitfähig ist und dass eine Auswerteelektronik (20) vorgesehen ist und die Auswerteelektronik (20) die dielektrischen Eigenschaften des Deckmantels (7) mittels dielektrischer Spektroskopie erfasst.

10

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Dichtung (1) mit zumindest einer Dichtlippe (2) zur Abdichtung eines Spalts (3) zwischen einem Maschinenelement (4) und einem
5 Gehäuse (5), umfassend einen Grundkörper (6) aus elastischem Material, wobei der Grundkörper (6) elektrisch leitfähig ausgerüstet und außenseitig zumindest teilweise mit einem Deckmantel (7) aus elektrisch isolierendem Material bedeckt ist.

Die Erfindung betrifft auch eine Dichtungsanordnung (9) mit einer solchen
10 Dichtung (1), wobei eine Auswerteelektronik vorgesehen ist und die Auswerteelektronik die elektrische Kapazität zwischen dem Grundkörper (6) und dem Maschinenelement (4) erfasst. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Überwachung einer solchen Dichtungsanordnung (9).

15

(Fig. 1)

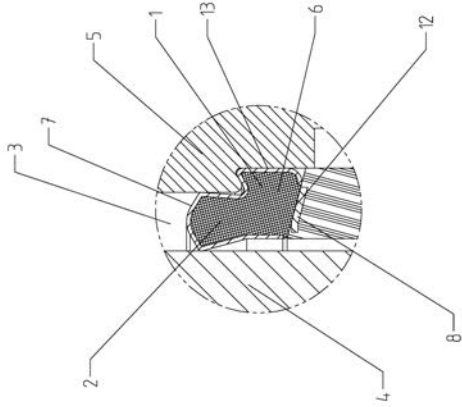


Fig. 1

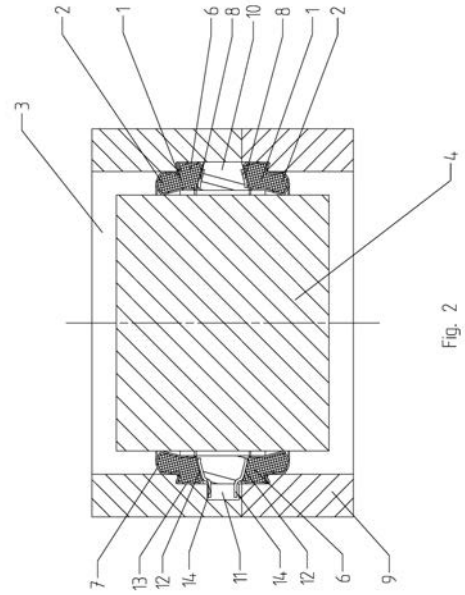


Fig. 2

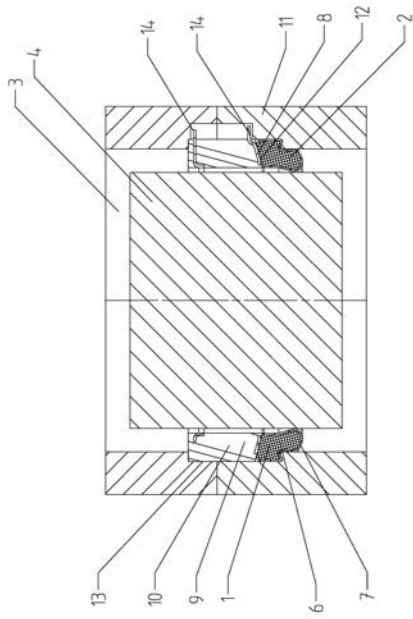


Fig. 3

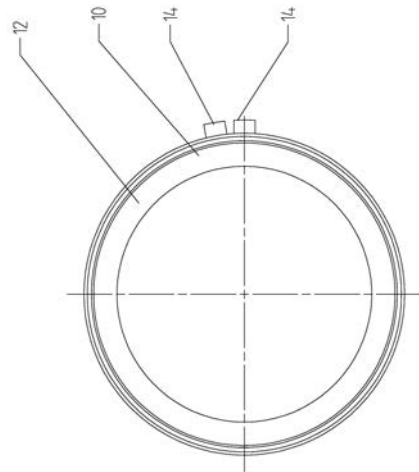


Fig. 4

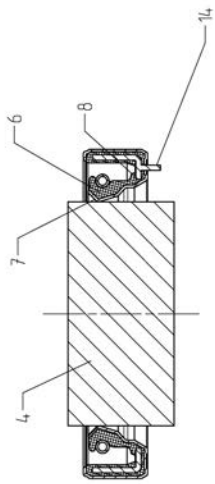


Fig. 5

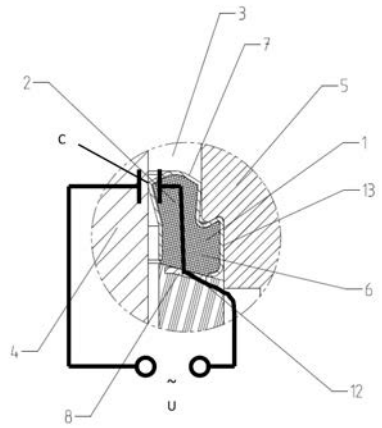


Fig. 6

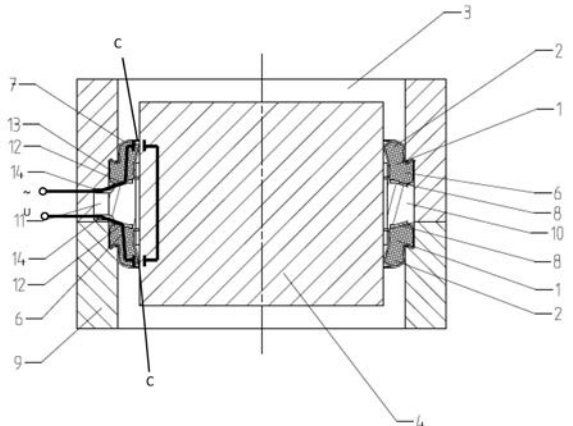


Fig. 7

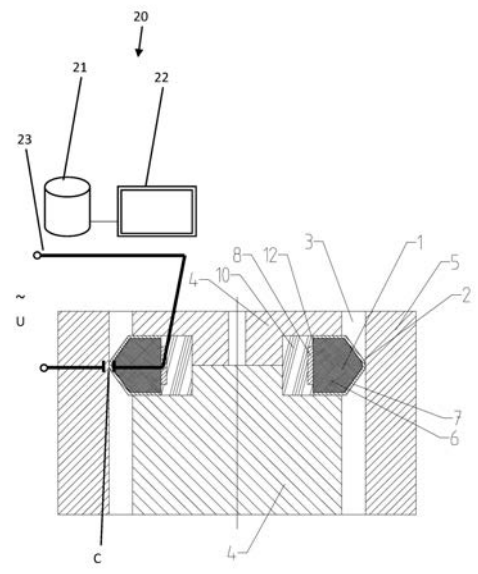


Fig. 8

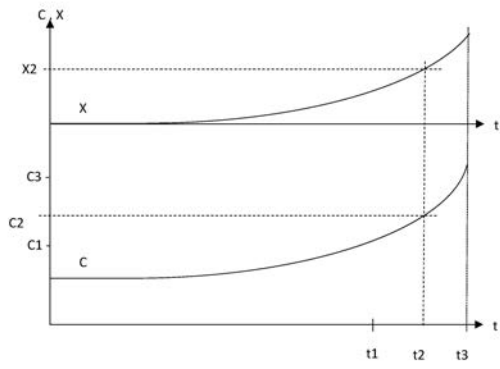


Fig. 9