

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7638965号
(P7638965)

(45)発行日 令和7年3月4日(2025.3.4)

(24)登録日 令和7年2月21日(2025.2.21)

(51)国際特許分類 F I
 F 0 4 B 51/00 (2006.01) F 0 4 B 51/00
 F 1 6 J 15/16 (2006.01) F 1 6 J 15/16

請求項の数 15 (全15頁)

(21)出願番号	特願2022-513063(P2022-513063)	(73)特許権者	592229502 ブルクハルト コンプレッション アーゲー スイス国 CH - 8 4 0 4 ヴィンターツ ール フランツ - ブルクハルト - シュト ラーセ 5
(86)(22)出願日	令和2年8月27日(2020.8.27)	(74)代理人	100116322 弁理士 桑垣 衛
(65)公表番号	特表2022-545814(P2022-545814 A)	(72)発明者	ファイステル、ノルベルト スイス国 8 5 4 8 エリコン アン デア トゥール - チューリッヒ ヒューバック ーシュトラーセ 1 5
(43)公表日	令和4年10月31日(2022.10.31)	審査官	森 秀太
(86)国際出願番号	PCT/EP2020/074038		
(87)国際公開番号	WO2021/038016		
(87)国際公開日	令和3年3月4日(2021.3.4)		
審査請求日	令和5年8月24日(2023.8.24)		
(31)優先権主張番号	19193952.9		
(32)優先日	令和1年8月27日(2019.8.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ピストンコンプレッサのピストンロッド封止システムの状態を監視するための方法およびデバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮チャンバ(6, 7)を備えるレシプロコンプレッサ(1)のピストンロッド封止システム(12)の状態を監視するための方法であって、
 前記レシプロコンプレッサ(1)の前記圧縮チャンバ(6, 7)において、気体が吸込圧力(D_A)から排出圧力(D_E)まで圧縮され、前記ピストンロッド封止システム(12)は、長手方向(L)に順々に配置されている2つ以上のチャンバリング(12a)を備え、前記チャンバリング(12a)は各々が自身に配置されている1つ以上の封止要素(12b)を有し、
 前記封止要素(12b)および前記チャンバリング(12a)を通じて延びるピストンロッド(16)は、前記長手方向(L)に往復移動するとともに、前記封止要素(12b)によって封止されており、
 前記ピストンロッド封止システム(12)は、入口側(E)および出口側(A)を有し、前記圧縮チャンバ(6, 7)の圧力は、前記入口側(E)に印加され、
 圧力差(D_K)が前記入口側(E)と前記出口側(A)との間に生じ、前記圧力差(D_K)は静圧成分(D_S)および動圧成分(D_D)を有するように生じ、
 前記動圧成分(D_D)は、クランク角の関数として変化し、
 漏出気体が前記チャンバリング(12a)にあり、
 前記漏出気体の少なくとも前記動圧成分(D_D)は、前記ピストンロッド封止システム(12)において測定され、

10

20

前記封止要素(12b)の1つ以上の状態の変化が、時間の関数としての前記動圧成分(D_D)の変化から決定される、方法。

【請求項2】

前記静圧成分(D_S)は、前記吸込圧力(D_A)に対応し、前記動圧成分(D_D)は、前記圧力差(D_K)と前記静圧成分(D_S)との間の差として決定される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記封止要素(12b)は、前記ピストンロッド(16)に当接する摩擦封止リング(12e)を形成することによって気密に構成されており、前記摩擦封止リング(12e)は、前記摩擦封止リング(12e)と前記ピストンロッド(16)との間に生じる摩擦によって封止されている、請求項1または2に記載の方法。

10

【請求項4】

前記封止要素(12b)は、完全には封止されていない1つ以上のプレッシャブレーカリング(12i)を備える、請求項1～3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】

前記漏出気体の前記動圧成分(D_D)は、少なくとも、前記入口側(E)から前記長手方向(L)に最も離れて配置されている前記チャンバリング(12a)にて測定される、請求項3または4に記載の方法。

【請求項6】

前記ピストンロッド封止システム(12)は、前記長手方向(L)において前記入口側(E)から開始して、

20

プレッシャブレーカリング(12i)が内部に配置されている複数のチャンバリング(12a)と、

それに続く、摩擦封止リング(12e)が内部に配置されている複数のチャンバリング(12a)と、を備え、

前記漏出気体の前記動圧成分(D_D)は、プレッシャブレーカリング(12i)が内部に配置されている最後の前記チャンバリング(12a)において、または摩擦封止リング(12e)が内部に配置されている最初のチャンバリング(12a)において測定される、請求項4または5に記載の方法。

【請求項7】

30

前記漏出気体の前記動圧成分(D_D)は、複数のチャンバリング(12a)において測定され、

それぞれの前記チャンバリング(12a)にある前記封止要素(12b)の前記状態は、個々の前記チャンバリング(12a)において測定された最大振幅(D_{max})に基づいて決定される、請求項1～6のいずれか一項に記載の方法。

【請求項8】

前記それぞれのチャンバリング(12a)に存在する前記動圧成分(D_D)の最大振幅(D_{max1} , D_{max2} , D_{max3})は、前記ピストンロッド封止システム(12)の動作時間の増加とともに前記入口側(E)から前記出口側(A)に向かって増加し、

これらのチャンバリング(12a)にある前記封止要素(12b)の前記状態は、2つの隣接するチャンバリング(12)の前記最大振幅(D_{max1} , D_{max2} , D_{max3})における差から決定される、請求項7に記載の方法。

40

【請求項9】

前記動圧成分(D_D)の変化は、2000時間以上の期間監視される、請求項1～8のいずれか一項に記載の方法。

【請求項10】

温度(T)、特に前記ピストンロッド(16)の温度が、前記ピストンロッド封止システム(12)の1つ以上の点において測定される、請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項11】

50

レシプロコンプレッサ(1)のピストンロッド封止システム(12)の状態を監視するための監視システムであって、

前記レシプロコンプレッサ(1)は、ピストン(3)と圧縮チャンバ(6,7)とを備え、

気体が、前記圧縮チャンバ(6,7)において前記ピストン(3)によって吸込圧力(D_A)から排出圧力(D_E)まで圧縮されることが可能であり、

前記ピストンロッド封止システム(12)は、長手方向(L)に順々に配置されている2つ以上のチャンバリング(12a)を備え、各々1つ以上の封止要素(12b)が該チャンバリング(12a)に配置されており、

前記長手方向(L)に往復移動可能なピストンロッド(16)が、前記封止要素(12b)および前記チャンバリング(12a)を通じて延びており、

前記ピストンロッド(16)は前記ピストン(3)に対し接続されており、

前記ピストンロッド封止システム(12)は、入口側(E)と出口側(A)とを有し、前記圧縮チャンバ(6,7)の圧力が前記入口側(E)に印加され、

前記チャンバリング(12a)にある漏出気体の少なくとも動圧成分(D_D)を測定するための1つ以上の圧力センサ(26,26a)が提供され、

記憶部および評価ユニット(22)は、複数の測定された前記動圧成分(D_D)を記憶し、

前記評価ユニット(22)は、前記動圧成分(D_D)の変化を時間の関数として監視し、前記変化から前記封止要素(12b)のうちの1つ以上の状態の変化を導出する、監視システム。

【請求項12】

前記動圧成分(D_D)を差圧(D_K)と静圧成分(D_S)との間の差として決定する、請求項11に記載の監視システム。

【請求項13】

前記封止要素(12b)は、前記ピストンロッド(16)に支持される摩擦リングとして設計されており、

圧力センサ(26)が、前記チャンバリング(12a)にある漏出気体の少なくとも前記動圧成分(D_D)を測定するために、少なくとも、前記出口側(A)に近接して配置されている前記チャンバリング(12a)に配置されている、請求項11または12に記載の監視システム。

【請求項14】

前記ピストンロッド(16)の動作方向(L)において、前記入口側(E)から開始して、プレッシャブレードリング(2i)として設計されている封止要素(12b)が最初に配置されており、

それに続けて、摩擦リングとして設計されている封止要素(12b)が、前記出口側(A)に向かって配置されており、

前記長手方向(L)において、1つ以上の圧力センサ(26)が、前記プレッシャブレードリング(12i)と摩擦リングとして設計されている前記封止要素(12b)との間に配置されている、請求項11または13に記載の監視システム。

【請求項15】

請求項1~10のいずれか一項に記載の方法によって動作するレシプロコンプレッサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レシプロコンプレッサのピストンロッド封止システムの状態を監視するための方法およびデバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1は、レシプロコンプレッサ用のピストンロッドパッキンを開示している。そ

10

20

30

40

50

うしたピストンロッド封止システムは、例えば、レシプロコンプレッサの圧縮チャンバを周囲圧力に対して封止するように用いられる。レシプロピストンロッドは、一方が駆動部に、他方がレシプロコンプレッサのピストンに対し接続されている。ピストンロッドは、ピストンロッド封止システムを通過し、圧縮チャンバと環境との間の圧力は、ピストンロッド封止システム内にて軽減される。ピストンロッド封止システムについての高い封止効果または低い漏出を達成するように、そうした圧力パッキンは、好ましくは、表面がピストンロッドと接触し摩耗を経験する摩擦封止要素を備える。そうしたピストンロッド封止システムは、動作時間に応じてその漏出が増加するという欠点を有する。そうしたレシプロコンプレッサのオペレータは、例えば、8000時間以上の長い動作時間中、ピストンロッド封止システムにおける漏出が許容できない高い値を有することなく、または、封止要素が高い摩耗、破損、もしくは弾性塑性変形も示すことなく、信頼性のある動作を必要とする。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】独国実用新案第202014102844号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は、レシプロコンプレッサのより信頼性のある動作を可能にする方法およびデバイスを提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

この目的は、請求項1の特徴を備える方法により解決される。請求項2～10は、さらに有利な方法行程に関する。本目的は、請求項11の特徴を備える監視システムにより解決される。請求項12～14は、さらに有利なデバイスに関する。

【0006】

本目的は、特に、圧縮チャンバを備えるレシプロコンプレッサのピストンロッド封止システムの状態を監視するための方法により解決され、前記レシプロコンプレッサの前記圧縮チャンバにおいて、気体が吸込圧力から排出圧力まで圧縮され、前記ピストンロッド封止システムは、長手方向に連続して配置されている2つ以上のチャンバリングを備え、前記チャンバリング(12a)は各々が自身に配置されている1つ以上の封止要素を有し、前記封止要素および前記チャンバリングを通じて延びるピストンロッドは、前記長手方向に往復移動するとともに、前記封止要素によって封止されており、前記ピストンロッド封止システムは、入口側および出口側を有し、前記圧縮チャンバの圧力は、前記入口側に印加され、圧力差が前記入口側と前記出口側との間に生じ、前記圧力差は静圧成分および動圧成分を有するように生じ、前記動圧成分は、前記クランク角の関数として変化し、漏出気体が前記チャンバリングにあり、前記漏出気体の少なくとも前記動圧成分は、前記ピストンロッド封止システムにおいて測定され、前記封止要素の1つ以上の状態の変化が、時間の関数としての前記動圧成分の変化から決定される。

30

40

【0007】

本目的は、特に、レシプロコンプレッサのピストンロッド封止システムの状態を監視するための方法によりさらに解決され、前記ピストンロッド封止システムは、長手方向に順々に配置されている2つ以上のチャンバリングを備え、2つ以上のチャンバリングは各々、1つ以上の封止要素が該チャンバリングに配置されており、前記封止要素および前記チャンバリングを通じて延びるピストンロッドは、前記長手方向に往復移動するとともに、前記封止要素によって封止されており、前記ピストンロッド封止システムは、入口側および出口側を有し、入口側と出口側との間に差圧が生じ、生じる前記差圧は静圧成分および動圧成分を有し、漏出気体が前記チャンバリングにあり、前記漏出気体の少なくとも前記動圧成分は、前記ピストンロッド封止システムにおいて測定され、前記封止要素の1つ以

50

上の状態の変化が、時間の関数としての前記動圧成分の変化から決定される。

【0008】

本目的は、特に、レシプロコンプレッサのピストンロッド封止システムの状態を監視するための監視システムによりさらに解決され、前記ピストンコンプレッサは、ピストンと圧縮チャンバとを備え、気体が、前記圧縮チャンバにおいて前記ピストンによって吸込圧力から排出圧力まで圧縮されることが可能であり、前記ピストンロッド封止システムは、長手方向に順々に配置されている2つ以上のチャンバリングを備え、2つ以上のチャンバリングは各々、1つ以上の封止要素が該チャンバリングに配置されており、前記長手方向に往復移動可能なピストンロッドが、前記封止要素および前記チャンバリングを通じて延びており、前記ピストンロッドは前記ピストンに対し接続されており、前記ピストンロッド封止システムは、入口側および出口側を有し、前記圧縮チャンバの圧力は、前記入口側に印加され、前記チャンバリングにある漏出気体の少なくとも前記動圧成分を測定するための1つ以上の圧力センサが提供され、記憶部および評価ユニットは、複数の測定された動圧成分を記憶し、前記評価ユニットは、前記動圧成分の変化を時間の関数として監視し、前記変化から前記封止要素のうちの1つ以上の状態の変化を導出する。

10

【0009】

さらに、本目的は、レシプロコンプレッサのピストンロッド封止システムの状態を監視するための監視システムにより解決され、前記ピストンロッド封止システムは、長手方向に連続して配置されている2つ以上のチャンバリングを備え、前記チャンバリングは各々が自身に配置されている1つ以上の封止要素を有し、前記長手方向に往復移動可能なピストンロッドが、前記封止要素および前記チャンバリングを通じて延びており、前記ピストンロッドはピストンに対し接続されており、前記ピストンロッド封止システムは、入口側および出口側を有し、圧力センサが、前記チャンバリングにある漏出気体の少なくとも前記動圧成分を測定するために前記チャンバリングのうちの1つ以上に配置されており、記憶部および評価ユニットは、複数の測定された動圧成分を記憶し、前記評価ユニットは、前記動圧成分の変化を時間の関数として監視し、前記変化から前記封止要素のうちの1つ以上の状態の変化を導出する。

20

【0010】

レシプロコンプレッサのピストンロッド封止システムの状態を監視するための本発明に係る方法は、ピストンロッド封止システムの状態またはピストンロッド封止システムにある封止要素の摩耗が、単純な、費用効果がある、非常に正確な手法により監視されることが可能である利点を有する。監視は、例えば、所定の間隔にて、例えば数日ごとに、また特に好ましくは連続的に、封止要素の状態を監視することによって、例えば、1分に数回または1日に数回、行われることが可能である。例えば、8000時間以上の所定の連続動作時間では、これは、ピストンロッド封止システムが約1年間連続して監視されることを意味する。本発明に係る状態監視システムは、測定された値から、1つ以上の単一の封止要素の封止効果を、また好ましくはピストンロッド封止システムの封止要素のうち複数またはすべての封止効果を検出する。その結果、それぞれの封止要素の状態、また好ましくは自身の封止効果に関する各封止要素の個々の状態は、検出された封止効果から決定されることが可能である。さらに、本発明に係る状態監視は、好ましくは、封止要素のうちの1つまたは複数の部分的な損傷または完全な損傷が、それぞれの決定された状態に基づいて予測されることが可能であり、好ましくは、十分に大きいリードタイムにより検出されることが可能である。その結果、監視システムは、有利には、封止要素の完全な損傷の前に警告または状態メッセージを発することが可能である。その結果、ピストンロッド封止システムのメンテナンスを計画するために十分な時間が利用可能である。本発明に係る状態監視システムにより有利に得られた動作の信頼性は、ピストンロッド封止システムが、所望される場合には、8000時間を超える期間メンテナンスなしで動作することも可能にする。一方、ピストンロッド封止システムの重大な損傷（例えば、封止要素の破損または弾性塑性変形）が、はっきりと検出されることも可能である。したがって、メンテナンスが予定されることが可能であり、メンテナンスが絶対に必要であるまでピストンロ

30

40

50

ッド封止システムの可能な信頼性のある動作の残り期間が好ましくは計算されることが可能である。

【0011】

本発明に係る方法では、レシプロコンプレッサのピストンロッド封止システムに配置されている封止要素の状態または封止効果が検出される。レシプロコンプレッサは、レシプロピストンおよび圧縮チャンバを備え、ピストンは、気体が圧縮チャンバにおいて吸込圧力から排出圧力まで圧縮されるように、圧縮チャンバに対し作用する。前記ピストンロッド封止システムは、長手方向に連続して配置されている2つ以上のチャンバリングを備え、前記チャンバリングは各々が自身に配置されている1つ以上の封止要素を有し、前記封止要素および前記チャンバリングを通じて延びるピストンロッドは、前記長手方向に往復移動するとともに、前記封止要素によって封止されている。前記ピストンロッド封止システムは、入口側および出口側を有し、前記圧縮チャンバの圧力は、前記入口側に印加され、圧力差が前記入口側と前記出口側との間に生じる。好ましくは、外部圧力または周囲圧力（好ましくは1バール（100kPa）の）が出口側に印加される。差圧は、静圧成分（好ましくは、吸込圧力）と動圧成分とを有するように生じ、動圧成分は、ピストンの位置に応じて、またはピストンもしくはピストンロッドを駆動させるクランクシャフトのクランクシャフト角に応じて変化する。漏出気体は、チャンバリングに、また必要な場合は2つのチャンバリング間の空間に存在し、漏出気体の圧力は、対応するセンサにより測定されまたは決定されることが可能である。静圧が一定または非常に遅く変化する圧力であるため、静圧が好ましくは出口側に面する最後の封止要素にて軽減されることから、同一の静圧が、好ましくはすべてのチャンバリングの内部に存在する。すべてのチャンバリングが、好ましくは本質的に同一の静圧を有するため、それぞれの封止要素の状態の指示は、摩擦封止リングとして設計された封止要素を用いたときには静圧から得られるものではない。本発明によれば、ピストンロッド封止システムの入口側と出口側との間に印加された圧力は、静圧と動圧とに分けられる。封止要素の状態は、動圧から得られることが可能である。ピストンロッド封止システムに配置されており摩擦封止リングとして設計されている封止要素のうち、入口側に面する封止要素は、本質的には動圧全体が封止要素のうちの1つに各々付与されるため、最初に摩擦を経験する。入口側から出口側に向かって封止要素の摩擦が増加することにより、動圧は、入口側から出口側に向かってさらに遠くに、ピストンロッド封止システム内において測定されることが可能である。または、換言すると、動圧は、ピストンロッド封止システムへとますます深く入り込む。静圧とは対照的に、動圧の挙動は、ピストンロッド封止システムに配置されているそれぞれの封止要素の状態に関する価値のある情報を提供する。特に有利には、したがって、ピストンロッド封止システムから、時間の関数としての値を観察することによって、封止要素のうちの1つ以上の、また好ましくは複数の封止要素の状態または状態の変化を得るために、ピストンロッド封止システムの動圧しか用いられず、測定されず、および/または計算されない。

【0012】

ピストンロッド封止システムにおける漏出気体は、ピストンロッド封止システムにおける個々の封止要素の静圧および/または動圧の降下を生じさせる。漏出気体は、静圧成分および動圧成分を有する。本発明によれば、動圧成分の変化が時間の関数として監視され、その動圧成分の変化から、結論が1つ以上の封止要素の状態の変化に関して得ることが可能である。状態のこの変化は、通常、封止要素の気密性変化（例えば、摩擦、破損または弾性塑性変形に起因する）によって生じる。

【0013】

図面は、実施形態を説明するように用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】レシプロコンプレッサを通る概略的に単純化された長手方向の断面図。

【図2】ピストンロッド封止システムを通る長手方向の断面図。

【図3】ピストンロッド封止システムの入口における圧力をクランク角の関数として示す

10

20

30

40

50

図。

【図 4】新たな封止リングにより連続して配置されたチャンバリングにおける吸込圧力および動圧を示す図。

【図 5】いくつかは摩耗を示す封止リングにより連続して配置されたチャンバリングにおける吸込圧力および動圧を示す図。

【図 6】別のピストンロッド封止システムを通る長手方向の断面図。

【図 7】ピストンロッド封止システムの状態を監視する別の例を示す図。

【図 8】クランク角の関数として動圧の曲線を示す図。

【図 9】ピストンロッド封止システムの状態を監視する別の例を示す図。

【図 10】ピストンとピストンロッド封止システムとを有するさらなる実施形態のシリンダを通る、概略的に単純化された長手方向の断面を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0015】

主として、同一の部分には、図面において同一の参照符号が与えられる。

図 1 は、気体を圧縮するためのレシプロコンプレッサ 1 であって、水平方向に延びるシリンダ 2 を備え、またシリンダ 2 内を長手方向 L にまたはシリンダ 2 が延びる方向に可動であるピストン 3 を備える、レシプロコンプレッサ 1 を示す。レシプロコンプレッサ 1 は、ピストンロッド 16 と、ピストンロッド封止システム 12 と、直線ガイド 18 を有するクロスヘッド 17 と、プッシュロッド 19 と、クランク 20 と、駆動シャフト 21 と、も備える。示される実施形態の例では、ピストン 3 は、複動式設計であり、封止リング 4 とガイドリング 5 とを備える。ピストン 3 は、シリンダ 2 の内部を第 1 内部空間 6 と第 2 内部空間 7 とに、または第 1 圧縮チャンバおよび第 2 圧縮チャンバ 7 とに（これらの 2 つの内部空間は、入口バルブ 8, 9 と出口バルブ 10, 11 とをそれぞれ有する）それぞれ分割する。シリンダ 2 は、中間部品 14 を介してハウジング 15 に接続されている。ピストンロッド封止システム 12 も、中間部品に配置されている。1 つ以上のセンサ 26 が、ピストンロッド封止システム 12 内の圧力を少なくとも 1 つの点にて検出するように、ピストンロッド封止システム 12 に配置されている。監視デバイス 22 は、例えば、シリンダ 7 におけるピストンの変位 $s(t)$ を時間 t の関数として、ピストンロッド 16 の変位 $s(t)$ を時間 t の関数として、または駆動シャフト 21 の回転角 $\theta(t)$ を時間 t の関数として、信号線 24 および追加のセンサ（詳細には示されない）を介して検出する。監視デバイス 22 はまた、信号線 25 を介して、ピストンロッド封止システム 12 における圧力を測定するための 1 つ以上のセンサ 26 の値を検出する。

20

30

【0016】

図 2 は、6 つのチャンバリング 12 a を備えるピストンロッド封止システム 12 の一実施形態の長手方向の断面を示す。各チャンバリング 12 a は、外側に向かって内キャピティ（いわゆるチャンバ K）の範囲を定める。ピストンロッド封止システム 12 は、図 1 から見られるように、シリンダ 2 の内部 6 または圧縮チャンバ 6 に面する入口側 E を有するとともに、周囲の大気圧が通常存在する反対の出口側 A を有する。入口側 E は、好ましくは圧縮チャンバ 6 に隣接して配置され、また好ましくは圧縮チャンバ 6 の境界を形成する。その結果、圧縮チャンバ 6 およびピストンロッド封止システム 12 は、入口側 E を通じて流体が流れるように接続される。入口側 E から始まって、一例として示されるピストンロッド封止システム 12 は、長手方向 L に連続的に配置されている 6 つのチャンバリング 12 a を備え、第 1 の 4 つのチャンバリング 12 a は第 1 チャンバ K 1、第 2 チャンバ K 2、第 3 チャンバ K 3 および第 4 チャンバ K 4 を形成し、その各々には封止要素 12 b が配置されており、各封止要素 12 b は封止リング 12 e と支持リング 12 c とカバーリング 12 d とを備える。封止要素 12 b は、異なるように設計されることも可能である。圧力センサ 26 は、第 3 チャンバ K 3 と第 4 チャンバ K 4 との間の中間空間における漏出気体の圧力を測定するように、第 3 チャンバ K 3 と第 4 チャンバ K 4 との間に配置されている。第 4 チャンバ K 4 の内部キャピティにおける圧力は、この圧力にも対応する。第 2 圧力センサ 26 a は、第 3 チャンバ K 3 にも配置されており、このチャンバ K 3 における漏

40

50

出気体の圧力を測定する。圧力センサ 26, 26a は、電線 25, 25a を介して作動デバイス 22 に接続されている。チャンバ K 4 を有する第 4 チャンバリング 12a に続いて、第 5 および第 6 チャンバリング 12a が左に配置される。第 5 および第 6 チャンバリング 12a のチャンバの各々には、2 つの灯火部品 12j が配置される。第 5 チャンバリング 12a は、出口部分にて大気圧環境へと開口している、漏出気体チャネル 12g をさらに備える。その結果、この出口部分は出口側 A と呼ばれ得る。ピストンロッド 16 は、灯火部品 12j、封止要素 12b、およびチャンバリング 12a を通じて延びる。ピストンロッド封止システム 12 は、部分的なハウジング 12h も備える。ピストンロッド封止システム 12 は、中間部品 14 に配置されており、駆動ハウジング 15 に接続されている。封止要素 12b は、摩擦しやすい摩擦リングとして設計される。その摩擦リングの封止面は、ピストンロッド 16 の表面に当接し、それによって非常に小さい漏出を達成する。可能な限り長い期間、動作中の封止要素 12b の高い封止効果を維持するように、封止要素 12b は、自身の封止面が漸進的な摩耗に関わらずピストンロッド 16 と可能な限り完全に接触したままであるように、したがって、漏出気体用の通過エリアを最小化するように設計される。封止要素 12b は、したがって、摩耗補填を示す。図 2 に係るピストンロッド封止システム 12 は、4 つのそうした気密封止要素 12b の連続配置を備える。各封止要素 12b は、別々のチャンバリング 12a に配置されている。さらなる実施形態の例は、図 2 に係る実施形態の例とは対照的に、漏出気体チャネル 12g を有しないことが可能である。これによって、封止要素 12b は、灯火部品 12j の代わりに左に配置されている最後の 2 つのチャンバリング 12a に配置される。その結果、出口側 A は、図 2 に示されるように、ピストンロッド 16 のエリアにおいて左に位置する。

10

20

【0017】

図 3 は、例として、ピストンロッド封止システム 12 の入口側に存在する、またはレシプロコンプレッサ 1 の動作中に第 1 チャンバリング 12a の第 1 チャンバ K 1 に存在する、第 1 圧縮チャンバ 6 の圧力（シリンダ圧力 D_K と呼ばれる、または入口側 E と出口側 A との間に存在する差圧 D_K と呼ばれる）の可能な進行を、クランクシャフト角の関数として示す。差圧 D_K のこの進行は、シリンダ 2 内のピストン 3 によって圧縮された流体によって生じる。運ばれる流体は、吸込圧力 D_A 下においてピストン 3 によって引かれ、シリンダ 2 において排出圧力 D_E まで圧縮される。この吸込および後続の圧縮処理中、ピストンロッド封止システム 12 の入口側 E における圧力は、それぞれ、クランク角の関数としてシリンダ圧力 D_K または差圧 D_K の進行を示す。出口側 A および漏出気体チャネル 12g は、例えば、後続の圧縮段階の圧力を示し、または、本例では、0 パール（0 Pa）の周囲圧力 D_U を示す。ピストンロッド封止システム 12 において生じる圧力は、図 3 に示されるように、静圧成分 D_S 、および動圧成分 D_D へと分割されることが可能である。静圧成分 D_S は、好ましくは、吸込圧力 D_A に等しい。動圧成分 D_D は、時間の関数としてまたはクランク角の関数として変化する圧力成分である。入力側 E における動圧成分 D_D は、ピストンロッド封止システム 12 に印加されるシリンダ圧力 D_K と吸込圧力 D_A または静圧 D_S それぞれとの間の差に対応する。静圧成分 D_S は、検討中の圧縮段階の吸込圧力 D_A と出口側 A に印加される圧力 D_U との差である。ここで、本例では、圧力 D_U は、大気圧に対応する。その結果、静圧成分は吸込圧力 D_A に対応する。

30

40

【0018】

図 4 は、図 2 に係るピストンロッド封止システム 12 の状態監視の一例を示す。第 1 チャンバリング 12a はチャンバ K 1 を形成し、第 2 チャンバリング 12a はチャンバ K 2 を形成し、第 3 チャンバリング 12a はチャンバ K 3 を形成し、第 4 チャンバリング 12a はチャンバ K 4 を形成する。図 4 に示される例では、圧力センサ 26, 26a は、4 つのチャンバの各々にある。そのセンサ 26, 26a によって、それぞれのチャンバにおける圧力が測定されることが可能である。圧力センサ 26, 26a は、それぞれのチャンバにおける圧力を測定するように、様々な手法により、例えば、チャンバリング 12a 内に、またはチャンバリング 12 の外側に、流体がそれぞれのチャンバへと接続するように、配置されることが可能である。図 4 は、チャンバ K 1、K 2、K 3、K 4 の各々について

50

、それぞれのチャンバに存在する静圧 D_A と生じる最大圧力 D_{max} とを示す。 D_{max} は、静圧成分 D_S と動圧成分 D_D とからなる。示される例では、静圧成分 D_S は、吸込圧力 D_A に対応する。圧力 D_K または差圧 D_K の進行は、それぞれ、主として、クランク角または時間の関数としてのピストンの位置に依存する。それぞれのチャンバ K_1, K_2, K_3, K_4 に生じている最大圧力 D_{max} 、または静圧成分 D_S および動圧成分 D_D の合計は、一報で、封止効果またはそれぞれの封止要素12bの状態もしくは摩耗に依存する。新しいとき、ピストンロッド封止システム12は、動圧成分 D_D 全体が、チャンバ K_1 にある第1の摩擦封止要素12bにて封止されるため、チャンバ K_1 においてしか高い最高圧力 D_{max} を示さない。動作時間が進むにつれて、封止要素12bは摩耗しやすくなる。これは、図5に示されるように、入口側Eから始まる最大圧力 D_{max} が、さらなる内部チャンバ K_2, K_3, K_4 へと入り込むことを可能にする、または入口側Eからこれらのさらなるチャンバ K_2, K_3, K_4 へと伝播することが可能であることを意味する。その結果、個々のチャンバ $K_1 \sim K_4$ では、例えば、図5に示される最大圧力 D_{max} が測定される。ピストンロッド封止システム12の状態は、これより、例えば、以下の手法により監視されることが可能である。

10

【0019】

A) 漏出気体の圧力は、単一のチャンバにおいて、すなわち、入口側Eから最も離れているチャンバ K_4 において測定される。チャンバ K_4 において測定される圧力が吸込圧力 D_A に本質的に対応する限り、チャンバ K_1, K_2, K_3 において入口側Eに向かって上流に配置されている封止要素12bの1つ以上が自身の封止効果を果たし、その結果、圧力の増加がチャンバ K_4 において測定されないと結論付けられることが可能である。このことから、動圧 D_D は、好ましくは完全に、チャンバ K_2, K_3 または K_4 にある封止要素12dのうちの1つによって封止される。図5に係る実施形態の例では、増加した最大圧力 D_{max} は、チャンバ K_4 において測定される。このことから、チャンバ K_1, K_2 および K_3 に配置されているすべての封止要素12bは、自身の摩耗により完全な封止効果をもはや達成できないと結論付けられることが可能である。

20

【0020】

B) 漏出気体の圧力は、チャンバ K_1, K_2, K_3 および K_4 の各々において測定される。その結果、各チャンバにおける最大圧力振幅 D_{max} の値に加えて、個々のチャンバ $K_1 \sim K_4$ の動圧成分 D_D の相互の比較、または個々のチャンバにおける圧力の分布も可能になる。チャンバ K_1, K_2 および K_3 における封止要素12bが、測定された増加した最大圧力 D_{max} による相当の摩耗をすでに示していることと、動圧成分 D_D が本質的にはチャンバ K_4 にある封止要素12bによってしか封止されていないことが、図5に示される分布から理解される。

30

【0021】

C) 図5に示される測定結果は、測定結果が長期間(例えば、一月、一年)にわたって毎日測定される場合、特に有益である。また、経時的に生じた測定結果の変化が解析された場合、測定結果は記憶される。ピストンロッド封止システム12の動作時間が増加するにつれて、チャンバ K_1 から始まって個々のチャンバ K_1, K_2, K_3 および K_4 において測定された最大圧力 D_{max} または動圧成分 D_D (すなわち、最大圧力 D_{max} と静圧 D_A との間の差)は、出口側Aに向かう方向に増加する。その結果、図5に示される測定結果から、封止要素12bのうちのどれが、また個々の封止要素12bがどの程度封止に寄与するのか、または個々の封止要素12bがすでにどの程度摩耗したのかが理解される。換言すると、最大圧力 D_{max} または動圧成分 D_D は、ピストンロッド封止システム12へとまたは後続のチャンバ K_2, K_3 および K_4 へと、動作時間が増すごとに、ますます深く入り込む。その結果、封止要素12bの状態の変化は、時間の関数としての個々のチャンバにおける動圧成分 D_D のこの変化により決定される。ピストンロッド封止システム12の状態は、特に個々の封止要素12b、封止要素12bのうちの1つ以上の状態または摩耗は、したがって、非常に正確に決定されるまたは観察されることが可能である。その結果、例えば、ピストンロッド封止システム12がまた確実に封止するのかが決定される

40

50

ことが可能である。または、ピストンロッド封止システム 12 がどのくらい長く確実に封止し続けられることが期待されるのかが推定されることが可能である。または、封止要素 12 b のうちのどれが、好ましくは、個々の封止要素 12 b がどの回数によって置き換えられるまたは提供されるべきなのかが見積もられることが可能である。

【0022】

図 7 は、図 12 に係るピストンロッド封止システム 12 の状態監視の別の例を示す。図 7 に示されるチャンバ K 1 ~ K 6 の最大圧力 D_{Max} の測定値は、図 2 に示されるピストンロッド封止システムとは対照的に長手方向に順々に配置された 6 つのチャンバ K 1 ~ K 6 (各々が、その内部に配置された封止要素 12 b を有する) を有する、ピストンロッド封止システム 12 について測定された。封止要素 12 b は、図に 2 に係る実施形態の例とは対照的に、封止要素 12 b の端面とピストンロッド 16 との間に少なくとも部分的には間隙が存在するように、ピストンロッド 16 には接しない、またはわずかにしか接しない。摩擦のない封止要素 12 b のそうした直列接続により、圧力差は、すべてのチャンバ K 1 ~ K 6 に対して異なる量にて分布する。本発明に係る方法も、そうしたピストンロッド封止システム 12 の状態を監視するのに適している。図 7 は、値 $U_1 \sim U_6$ により、新たな状態におけるピストンロッド封止システム 12 についてのそれぞれのチャンバ K 1 ~ K 6 に存在する最大圧力 D_{Max} を示す。図 7 は、値 $V_1 \sim V_6$ により、ある期間の動作後 (例えば、2000 時間の動作後) のチャンバ K 1 ~ K 6 に存在する最大圧力 D_{Max} を示す。この期間の動作中に生じた動圧成分 D_D の変化、またはそれぞれのチャンバ K 1 ~ K 6 にある封止要素 12 b の各々の状態の変化は、値 $U_1 - V_1$ 、または $U_2 - V_2$ などの差から理解される。したがって、ピストンロッド封止システム 12 の状態またはピストンロッド封止システム 12 にある個々の封止要素 12 b の状態は、例えば、封止要素 12 b の任意の必要なメンテナンスを早い段階にて検出するように、一方ではピストンロッド封止システム 12 安全な動作を確保するように、また一方では任意の必要なメンテナンス用の時間ウィンドウを定めるように、監視されることが可能である。

【0023】

図 6 は、第 1 の部分パッキン 12 x および第 2 の部分パッキン 12 y を備えるさらなるピストンロッド封止システム 12 を通る長手方向の断面を示す。第 1 の部分パッキン 12 x は、図 4 に示されるようにチャンバ K 8, K 9, K 10, K 11 と同一のチャンバリング 12 a を、またこれらのチャンバに配置された、各々が封止リング 12 e、支持リング 12 c およびカバーリング 12 d を備える摩擦封止要素 12 b を備える。図 6 に係るピストンロッド封止システム 12 は、漏出気体チャネル 12 g と、出口側 A に向かって下流に配置された 2 つのチャンバリング 12 a (灯火部品 12 j が内部に配置されている) と、も備える。第 2 の部分パッキン 12 y は、長手方向 L に連続的に配置されておりチャンバ K 1, K 2, K 3, K 4, K 5, K 6 および K 7 を有する、7 つのチャンバリング 12 a を備える。プレッシャブレーカ (圧力遮断) リング 12 i は、これらのチャンバの各々に封止要素 12 b として配置されている。そうしたプレッシャブレーカリング 12 i は、長手方向 L において漏出気体を完全には封止しないが動圧成分 D_D の振幅を減少させる、特性を有する。示された実施形態の例では、センサ 26 は、チャンバ K 11 における圧力を監視するように配置されており、センサ 26 a は、チャンバ K 7 における圧力を監視するように配置されている。そうした配置はまた、ピストンロッド封止システム 12 の状態またはピストンロッド封止システム 12 にある封止要素 12 b の状態を監視するのに適している。図 9 は、新しいときのピストンロッド封止システム 12 のチャンバ K 7 および K 11 における最大圧力 D_{Max} の測定値 V_7, V_{11} を示し、 W_7, W_{11} により、例えば、5000 時間の動作後の最大圧力 D_{Max} の測定値を示し、 X_7, X_{11} により、例えば 10000 時間の動作後のチャンバ K 7 および K 11 における最大圧力 D_{Max} の測定値を示す。これらの値は、ピストンロッド封止システム 12 が、5000 時間の動作後も依然として確実に機能することを示す。一方、値 X_7 は、プレッシャブレーカリング 12 i または第 2 の部分パッキン 12 y が、10000 時間の動作後には十分な封止効果をもはや提供しないが、第 1 の部分パッキン 12 x の封止効果は依然として必要を満たすことを示す。

【 0 0 2 4 】

さらなる有利な実施形態では、図 6 に係るピストンロッド封止システム 1 2 において、入口側 E から開始し、圧力センサ 2 6 a は、プレッシャブレーカリング 1 2 i が内部に配置されている最後のチャンバリング 1 2 a に（したがって、チャンバ K 7 に）配置されることが可能である。また、圧力センサ 2 6 は、最良の可能な手法によりチャンバ 7 に配置されたプレッシャブレーカリング 1 2 i の状態または状態の変化を検出するように、摩擦封止リング 1 2 e が内部に配置されている第 1 チャンバリング 1 2 a に（したがって、チャンバ K 8 に）配置されることが可能である。

【 0 0 2 5 】

図 4、図 5 および図 7 に示される実施形態の例では、それぞれのチャンバ K における圧力は、各々、それぞれのチャンバ K に生じている最大圧力を測定することによって監視される。次いで、それぞれのチャンバ K における圧力が測定される。生じている最大圧力の代わりに、圧力曲線がクランクシャフト角の関数として測定されることも可能である。図 8 は、そうした圧力曲線 D_V をクランクシャフト角の関数として示す。立上りエッジ中の増加、最大値、最大値が到達するクランクシャフト角、または立下りエッジの減少から、封止要素 1 2 b の状態に関する記述が導出されることも可能である。

【 0 0 2 6 】

ピストンロッド封止システム 1 2 における温度 T、特にピストンロッド 1 6 の 1 つ以上の点における温度を、例えば赤外線センサにより、追加して測定することが有利であると示され得る。損傷のない、機能的な摩擦リングは、生じる摩擦によりピストンロッド 1 6 を加熱する。ピストンロッド封止システム 1 2 の（特にピストンロッド 1 6 の）1 つの点における温度の検出は、封止要素 1 2 b の状態に関する追加の指標を提供する。これに加えて、破損した封止要素 1 2 b および / または弾性塑性変形した封止要素 1 2 は、ピストンロッド 1 6 の加熱に導くことがあり、この状態は、温度を測定することによって検出することが可能である。

【 0 0 2 7 】

図 1 0 は、複動式ピストン 3 を有するシリンダ 2 のさらなる実施形態を通る、概略的に単純化された長手方向の断面を示す。複動式ピストン 3 は、内部を、第 1 圧縮チャンバと第 2 圧縮チャンバとに分割する。図 1 に係る実施形態とは対照的に、追加のピストンロッド封止システム 1 2 は、第 2 圧縮チャンバ 7 の端面に配置されている。ピストンロッド 1 6 は、図 1 に係る実施形態とは対照的に、ピストン 3 から長手方向軸 L の方向に伸び、追加のピストンロッド封止システム 1 2 を通じて伸び、長手方向軸 L の方向に変位可能であるように取り付けられている。したがって、ピストンロッド封止システム 1 2 は入口側 E と出口側 A との両方を有し、1 つ以上、また好ましくは両方のピストンロッド封止システム 1 2 は、本発明に係る方法を監視する状態により動作することが可能である。

【 0 0 2 8 】

示される例では、ピストンコンプレッサ 1 は、常に水平ピストンコンプレッサとして示されている。しかしながら、ピストンコンプレッサは、異なる方向にて動作することも可能であり、特に、垂直方向に動作するピストンロッドとともに垂直方向にて動作するように設計されることも可能である。

【 0 0 2 9 】

すべての示される実施形態は、複動式ピストン 3 を示すが、ピストンは、シリンダ 2 が単一の圧縮チャンバしか有しない単動式設計を有することも可能である。

複数のピストンコンプレッサ 1 または複数のシリンダ 2 は、先行するシリンダの最後の圧力が後続のシリンダの吸込圧力を形成するように、連続して（例えば、2、3、4 または 5）接続されることも可能である。そうした連続配置では、例えば、複数のシリンダのうちの一つの吸込圧力 D_A は 8 0 パール（8 MP a）であることが可能であり、このシリンダの終圧 D_E は 3 0 0 パール（3 0 MP a）であることが可能である。このように連続して接続されたレシプロコンプレッサ 1、または連続して接続されたシリンダ 2 の一つ以上、好ましくはすべては、本発明に係る方法に従って動作すること、または本発明に係る

10

20

30

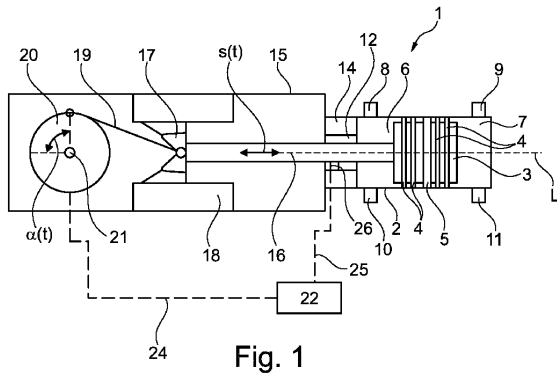
40

50

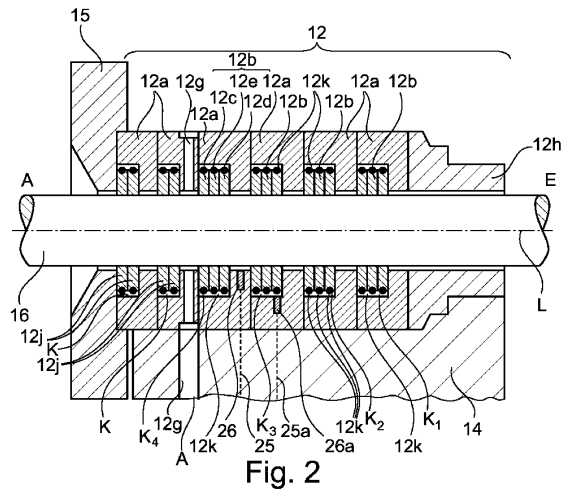
デバイスを有することが可能である。

【図面】

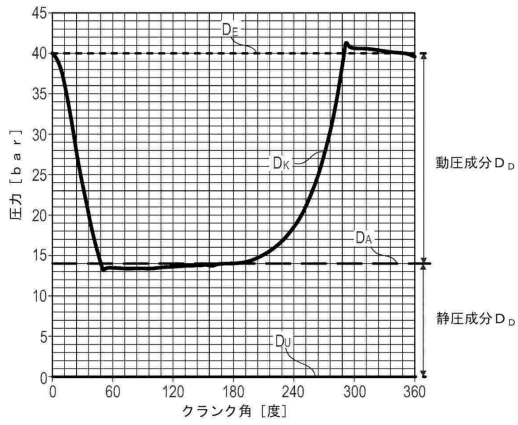
【図 1】



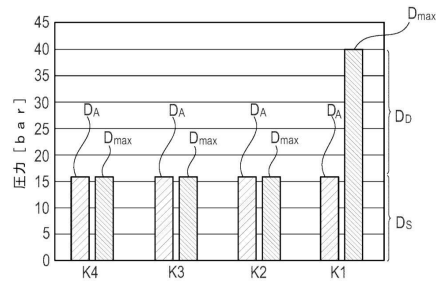
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

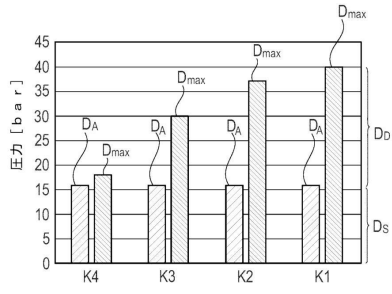
20

30

40

50

【 図 5 】



【 図 6 】

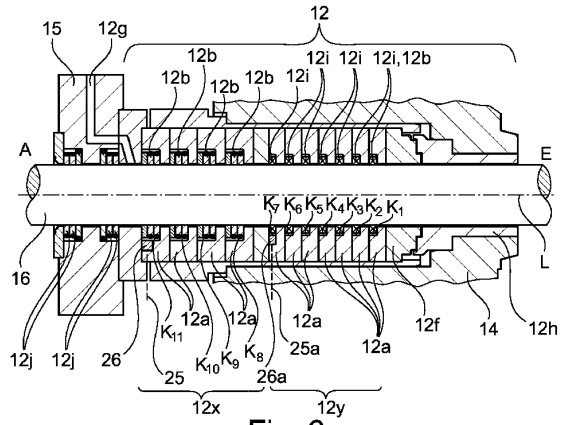
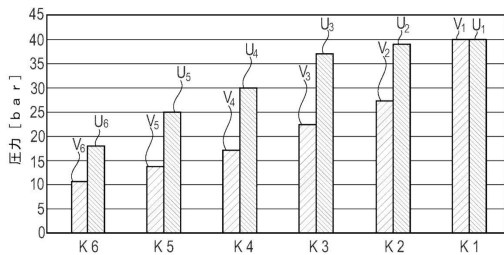
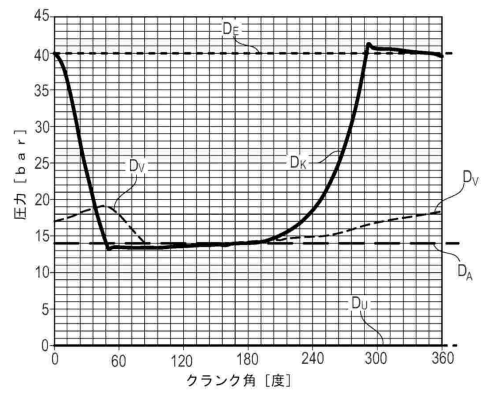


Fig. 6

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0012236 (US, A1)
特開2017-026044 (JP, A)
独国実用新案第202014102844 (DE, U1)
特開平6-066158 (JP, A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F04B 51/00
F04B 39/00
F16J 15/3296
F16J 15/16