

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7137161号
(P7137161)

(45)発行日 令和4年9月14日(2022.9.14)

(24)登録日 令和4年9月6日(2022.9.6)

(51)国際特許分類

F 1 6 J	15/18 (2006.01)	F 1 6 J	15/18	A
F 1 6 J	15/3268(2016.01)	F 1 6 J	15/3268	
F 1 6 J	15/447(2006.01)	F 1 6 J	15/447	

請求項の数 14 (全19頁)

(21)出願番号	特願2018-146327(P2018-146327)
(22)出願日	平成30年8月2日(2018.8.2)
(65)公開番号	特開2020-20429(P2020-20429A)
(43)公開日	令和2年2月6日(2020.2.6)
審査請求日	令和3年4月26日(2021.4.26)

(73)特許権者	000102511 S M C 株式会社 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(74)代理人	100072453 林 宏 100119404 弁理士 林 直生樹
(74)代理人	100177769 弁理士 石川 徹
(72)発明者	宮添 真司 茨城県つくばみらい市絹の台4-2-2 S M C 株式会社筑波技術センター内
(72)発明者	野口 和宏 茨城県つくばみらい市絹の台4-2-2 S M C 株式会社筑波技術センター内 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 スプール式切換弁におけるシール構造及びそのスプール式切換弁

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

スプール式切換弁におけるシール構造であって、
上記切換弁は、軸方向に延びるように形成されて給気流路、出力流路及び排気流路が連通されたスプール孔と、該スプール孔に軸方向に摺動自在に挿入されたスプールと、該スプールを動作させて上記流路間の接続状態を切り換えるための弁駆動部とを有しており、
上記スプールは、軸周りの外周に摺動部を有するランド部と、該ランド部よりも外径が小さい環状凹部とを軸方向に沿って交互に有しており、

上記スプール孔の軸周りの内周面には、上記給気流路、出力流路及び排気流路にそれぞれ対応させて凹設された環状の流路溝と、上記スプールのランド部がその摺動部を対峙させて摺動する環状の被摺動面とが軸方向に沿って交互に形成されていて、上記流路溝の各々には、それに対応する上記流路の何れかが接続されており、

上記ランド部の摺動部には、径方向に開口する環状の凹溝が軸周りに周設されていて、ゴム弾性材から成るパッキンの内周側の基端部が該凹溝内に収容されると共に、該パッキンの外周側の先端部が該凹溝の開口縁から突出しており、

上記パッキンの先端部における軸方向の一方の側端部には第1シール部が、他方の側端部には第2シール部が該軸周りに周設されており、

上記凹溝に収容された状態のパッキンにおける上記第1及び第2シール部の外径は、上記スプール孔の被摺動面の内径よりも小さく形成されており、

上記ランド部の摺動部が上記スプール孔の被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔にかけ

る該ランド部によって区画された一対の空間のうちの一方に、上記給気流路から圧縮流体が供給されている状態において、上記パッキンにおける該圧縮流体が供給されている空間側の側端部が、該圧縮流体の圧力による弾性変形によって径方向に伸長し、それにより、上記第1及び第2シール部のうち該圧縮流体が供給されている空間側のシール部が、上記スプール孔の被摺動面との間に形成された空隙を狭窄するか又は該被摺動面に当接するよう構成されている、

ことを特徴とするシール構造。

【請求項2】

請求項1に記載のシール構造であって、
上記パッキン及び凹溝が、軸に沿う横断面において、該軸方向に左右対称を成しており、
上記凹溝が、上記パッキンの基端が当接する底壁面と、該底壁面における軸方向の両端から径方向に立ち上がって互いに対向する一対の側壁面とから構成されており、
上記径方向において、上記凹溝における上記開口縁から上記底壁面までの深さが、上記パッキンにおけるその基端から先端までの高さの1/2又はそれよりも大きく形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

【請求項3】

請求項2に記載のシール構造であって、
上記凹溝において、上記底壁面と一対の側壁面の各々とが成す凹溝側の内角が90度又はそれよりも小さい角度である、

ことを特徴とするシール構造。

【請求項4】

請求項3に記載のシール構造であって、
軸方向において、上記パッキンにおける上記凹溝に収容された基端部の最大幅が、該凹溝における一対の側壁面間の最小幅よりも小さく形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

【請求項5】

請求項4に記載のシール構造であって、
上記パッキンの基端が、上記凹溝の底壁面に接着により固定されている、

ことを特徴とするシール構造。

【請求項6】

請求項1に記載のシール構造であって、
上記パッキンは、その軸方向両端に、互いに平行を成して背向する一対の側端面を有していて、該軸に沿う横断面において、該軸方向に左右対称を成しており、
上記パッキンの先端部には、上記被摺動面と対向する先端面が形成されており、
上記先端面における軸方向の一方の側端部に上記第1シール部が形成されていて、該先端面における軸方向の他方の側端部に上記第2シール部が形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

【請求項7】

請求項6に記載のシール構造であって、
上記第1シール部が、上記先端面から径方向に向けて突設された第1突条によって形成され、上記第2シール部が、該先端面から径方向に向けて突設された第2突条によって形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

【請求項8】

請求項7に記載のシール構造であって、
径方向における上記被摺動面から第1突条及び第2突条の先端までの距離が、互いに等しく形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

【請求項9】

10

20

30

40

50

請求項 8 に記載のシール構造であって、
上記パッキンの先端面が上記被摺動面と平行を成していて、
上記先端面から上記第 1 突条及び第 2 突条の先端までの高さが、互いに等しく形成され
ており、
上記第 1 突条と第 2 突条が、軸方向において、互いに離間して配置されている、
ことを特徴とするシール構造。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のシール構造であって、
上記第 1 突条及び第 2 突条が、上記先端面から上記先端に向けて徐々に軸方向の幅が狭
くなる楔形状に形成されている、
ことを特徴とするシール構造。

10

【請求項 11】

請求項 9 に記載のシール構造であって、
上記パッキンの先端面における上記第 1 突条と第 2 突条との間には、ラビリングシール
を形成するラビリング突起が設けられている、
ことを特徴とするシール構造。

10

【請求項 12】

請求項 6 に記載のシール構造であって、
上記パッキンの一対の側端面には、上記凹溝の開口に連通された環状のくびれ溝がそれ
ぞれ周設されている、
ことを特徴とするシール構造。

20

【請求項 13】

請求項 12 に記載のシール構造であって、
上記くびれ溝が凹曲面によって形成されている、
ことを特徴とするシール構造。

【請求項 14】

請求項 1 - 13 の何れかに記載のシール構造を備えたスプール式切換弁であって、
上記切換弁は、上記スプール孔が形成されたハウジングを有しており、
上記ハウジングの外面には、上記給気流路を形成し、流体圧源に接続して圧縮流体を供
給するための給気ポートと、上記出力流路を形成し、上記流体圧源からの圧縮流体を外部
の流体圧機器に対して出力するための出力ポートと、上記排気流路を形成し、上記流体圧
機器からの排気を排出するための排気ポートとが開設されている、
ことを特徴とするスプール式切換弁。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スプール孔にスプールが摺動自在に収容されたスプール式切換弁における、
該スプールのランド部と該スプール孔の被摺動面との間のシール構造、及びそのシール構
造を備えたスプール式切換弁に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

流体圧源に接続するための給気ポートと、該流体圧源からの圧縮流体を各種アクチュエ
ータ等の外部機器に対して出力するための出力ポートと、各種アクチュエータから戻され
た排気を排出するための排気ポートとを有していて、内部に形成されたスプール孔内で、
弁体としてのスプールを動作させることにより、これらポート間の接続状態を切り換える
スプール式切換弁は、特許文献 1 等に開示されているように従来から広く知られている。

【0003】

具体的には、上記スプール孔には、上記給気ポート、出力ポート及び排気ポートが連通
されており、上記スプールには、弁部としてのランド部（大径部）及び流路部としての環
状凹部（小径部）が軸方向に交互に形成されている。そして、上記スプール孔内で、上記

50

スプールを、例えば電磁式パイロット弁等から成る駆動部によって軸方向に摺動させるように構成されている。このとき、上記スプール孔の内周面には、上記各ポートに対応させて凹設された環状の流路溝と、上記スプールのランド部を摺動させるための環状の被摺動面とが、軸方向において交互に周設されており、上記流路溝の溝底にはそれぞれ、上記対応するポートが連通されている。その一方で、上記ランド部の外周面から成る摺動面には、ゴム弾性材で形成され上記スプール孔の被摺動面との間をシールするための環状のパッキンが装着されていて、それにより、上記摺動面と被摺動面との間を通じて圧縮流体が漏れるのを防止している。

【0004】

ところで、特許文献1等に開示された従来の切換弁においては、上記スプールのランド部の摺動面と、上記スプール孔の被摺動面との間のシール性を確保するために、上記ランド部の摺動面に装着された状態でのパッキンの外径が、上記スプール孔の被摺動面の内径よりも大きく形成されている。すなわち、上記パッキンは、上記摺動面と被摺動面とが対峙した状態においては、弾性変形した状態で該被摺動面に常時圧接されており、また、スプールを動作させて上記ポート間の接続状態を切り換える時には、上記スプール孔の流路溝の開口縁に衝突して圧縮されながら、上記被摺動面へと乗り上げていくようになっている。

10

【0005】

しかしながら、スプール式切換弁におけるこのような従来のシール構造では、上記パッキンは、スプール孔の被摺動面に圧接された状態が長期間維持されると、永久変形したり被摺動面に固着したりしてしまうことが懸念される。さらに、該パッキンは、スプール孔の内周面の状態や形態の影響を直接的に受けるため、スプールの動作の繰り返しによって、上記被摺動面との摩擦抵抗により摺動摩耗や捩れが生じる虞があり、また、上記流路溝の開口縁への衝突によって繰り返し負荷が掛けられる。そして、これらは、スプールの動作効率の低下を招くばかりでなく、該パッキンの物理的な劣化や損傷を招く要因ともなる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2010-101341号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明の技術的課題は、スプールのよりスムーズな動作を実現することができ、しかもパッキンの長寿命化を図ることが可能な、スプール式切換弁におけるスプールとスプール孔との間のシール構造、及びそのようなシール構造を備えたスプール式切換弁を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明は、スプール式切換弁におけるシール構造であって、上記切換弁は、軸方向に延びるように形成されて給気流路、出力流路及び排気流路が連通されたスプール孔と、該スプール孔に軸方向に摺動自在に挿入されたスプールと、該スプールを動作させて上記流路間の接続状態を切り換えるための弁駆動部とを有しており、上記スプールは、軸周りの外周に摺動部を有するランド部と、該ランド部よりも外径が小さい環状凹部とを軸方向に沿って交互に有しており、上記スプール孔の軸周りの内周面には、上記給気流路、出力流路及び排気流路にそれぞれ対応させて凹設された環状の流路溝と、上記スプールのランド部がその摺動部を対峙させて摺動する環状の被摺動面とが軸方向に沿って交互に形成されていて、上記流路溝の各々には、それに対応する上記流路の何れかが接続されており、上記ランド部の摺動部には、径方向に開口する環状の凹溝が軸周りに周設されていて、ゴム弾性材から成るパッキンの内周側の基端部が該凹溝内に収容されると共に、該パッキンの外周側の先端部が該凹溝の開口縁から突出しており、上記パッキン

40

50

ンの先端部における軸方向の一方の側端部には第1シール部が、他方の側端部には第2シール部が該軸周りに周設されており、上記凹溝に収容された状態のパッキンにおける上記第1及び第2シール部の外径は、上記スプール孔の被摺動面の内径よりも小さく形成されており、上記ランド部の摺動部が上記スプール孔の被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔における該ランド部によって区画された一対の空間のうちの一方に、上記給気流路から圧縮流体が供給されている状態において、上記パッキンにおける該圧縮流体が供給されている空間側の側端部が、該圧縮流体の圧力による弾性変形によって径方向に伸長し、それにより、上記第1及び第2シール部のうち該圧縮流体が供給されている空間側のシール部が、上記スプール孔の被摺動面との間に形成された空隙を狭窄するか又は該被摺動面に当接するように構成されていることを特徴としている。

10

【0009】

ここで、上記シール構造において、好ましくは、上記パッキン及び凹溝が、軸に沿う横断面において、該軸方向に左右対称を成しており、上記凹溝が、上記パッキンの基端が当接する底壁面と、該底壁面における軸方向の両端から径方向に立ち上がって互いに対向する一対の側壁面とから構成されており、上記径方向において、上記凹溝における上記開口縁から上記底壁面までの深さが、上記パッキンにおけるその基端から先端までの高さの1/2又はそれよりも大きく形成されている。また、より好ましくは、上記凹溝において、上記底壁面と一対の側壁面の各々とが成す凹溝側の内角が90度又はそれよりも小さい角度である。そして、さらに好ましくは、軸方向において、上記パッキンにおける上記凹溝に収容された基端部の最大幅が、該凹溝における一対の側壁面間の最小幅よりも小さく形成されている。このとき、上記パッキンの基端が、上記凹溝の底壁面に接着により固定されていても良い。

20

【0010】

また、上記シール構造において、好ましくは、上記パッキンは、その軸方向両端に、互いに平行を成して背向する一対の側端面を有していて、該軸に沿う横断面において、該軸方向に左右対称を成しており、上記パッキンの先端部には、上記被摺動面と対向する先端面が形成されており、上記先端面における軸方向の一方の側端部に上記第1シール部が形成されていて、該先端面における軸方向の他方の側端部に上記第2シール部が形成されている。ここで、より好ましくは、上記第1シール部が、上記先端面から径方向に向けて突設された第1突条によって形成され、上記第2シール部が、該先端面から径方向に向けて突設された第2突条によって形成されている。さらに好ましくは、径方向における上記被摺動面から第1突条及び第2突条の先端までの距離が、互いに等しく形成されており、さらに、上記パッキンの先端面が上記被摺動面と平行を成していて、上記先端面から上記第1突条及び第2突条の先端までの高さが、互いに等しく形成されており、上記第1突条と第2突条が、軸方向において、互いに離間して配置されている。

30

【0011】

このとき、上記第1突条及び第2突条が、上記先端面から上記先端に向けて徐々に軸方向の幅が狭くなる楔形状に形成されていても良いし、上記パッキンの先端面における上記第1突条と第2突条との間には、ラビリンスシールを形成するラビリンス突起が設けられていても良い。また、上記パッキンの一対の側端面には、上記凹溝の開口に連通された環状のくびれ溝がそれぞれ周設されていても良いが、このとき、より好ましくは、上記くびれ溝が凹曲面によって形成されている。

40

さらに、上記課題を解決するため、本発明によれば、上記シール構造を備えたスプール式切換弁であって、上記切換弁は、上記スプール孔が形成されたハウジングを有しており、上記ハウジングの外面には、上記給気流路を形成し、流体圧源に接続して圧縮流体を供給するための給気ポートと、上記出力流路を形成し、上記流体圧源からの圧縮流体を外部の流体圧機器に対して出力するための出力ポートと、上記排気流路を形成し、上記流体圧機器からの排気を排出するための排気ポートとが開設されているものを提供することができる。

【発明の効果】

50

【0012】

以上のように、本発明においては、ランド部の凹溝に収容された状態のパッキンにおける上記第1及び第2シール部の外径は、スプール孔の被摺動面の内径よりも小さく形成されている。しかしながら、上記ランド部の摺動部が上記スプール孔の被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔における該ランド部によって区画された一対の空間のうちの一方に、上記給気流路から圧縮流体が供給されている状態において、上記パッキンにおける該圧縮流体が供給されている空間側の側端部が、該圧縮流体の圧力による弾性変形によって径方向に伸長し、それにより、上記第1及び第2シール部のうち該圧縮流体が供給されている空間側のシール部が、上記スプール孔の被摺動面との間に形成された空隙を狭窄するか又は該被摺動面に当接するように構成されている。

10

【0013】

そのため、圧縮流体を給気流路に供給することなくスプールの動作を停止させた状態、すなわち、該スプールのランド部がその摺動面をスプール孔の被摺動面と対峙させて停止した状態が、長期間維持されたとしても、そのとき、パッキンの各シール部はスプール孔の被摺動面とは非接触状態にあるため、ゴム弾性材から成るパッキンが、永久変形したり上記スプール孔の被摺動面に固着したりして物理的に劣化又は損傷するのを防止することができる。その一方で、上記弁駆動部によりスプールを動作させて各流路間の接続状態を切り換える時には、たとえ上記パッキンがその変形によって上記流路溝の開口縁に対し衝突したとしても、該パッキンへの負荷を可及的に抑制することができる。さらに、該パッキンと被摺動面との間に生じる摩擦抵抗も可及的に抑制することができる。その結果、スプールのよりスマーズな動作を実現することが可能になると共に、パッキンの物理的な劣化や損傷を可及的に抑制して該パッキンの長寿命化を図ることが可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明に係るスプール式切換弁の一実施形態を示す、軸に沿った概略的な断面図であって、スプールが第1切換位置に変位した状態を示している。

【図2】図1のスプール式切換弁において、スプールが第2切換位置に変位した状態を示している。

【図3】本発明に係るシール構造の第1実施形態を示す概略的な断面図である。(a)は、図1におけるM部の拡大図であり、スプールのランド部の摺動部がスプール孔の被摺動面と対峙していない状態を示している。(b)は、図2におけるN部の拡大図であり、ランド部の摺動部が被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔におけるランド部によって区画された一対の空間のうちの一方(S1)に、給気流路から圧縮流体が供給されている状態を示している。

30

【図4】本発明に係るシール構造の第2実施形態を示す概略的な断面図である。(a)は、図1におけるM部の拡大図であり、スプールのランド部の摺動部がスプール孔の被摺動面と対峙していない状態を示している。(b)は、図2におけるN部の拡大図であり、ランド部の摺動部が被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔におけるランド部によって区画された一対の空間のうちの一方(S1)に、給気流路から圧縮流体が供給されている状態を示している。

40

【図5】本発明に係るシール構造の第3実施形態を示す概略的な断面図である。(a)は、図1におけるM部の拡大図であり、スプールのランド部の摺動部がスプール孔の被摺動面と対峙していない状態を示している。(b)は、図2におけるN部の拡大図であり、ランド部の摺動部が被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔におけるランド部によって区画された一対の空間のうちの一方(S1)に、給気流路から圧縮流体が供給されている状態を示している。

【図6】図4の第2実施形態に係るシール構造の変形例を示す概略的な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明に係るスプール式切換弁1は、軸L方向に延びるスプール孔7と、該スプール孔

50

7 に連通された給気流路 8 、出力流路 9 , 10 及び排気流路 11 , 12 と、該スプール孔 7 内に軸 L 方向に摺動自在に挿入された主弁としてのスプール 20 と、上記スプール 20 を動作させるための弁駆動部 5 とを有していて、該弁駆動部 5 によってスプール孔 7 内でスプール 20 を摺動させることにより、上記出力流路 9 , 10 と、上記給気流路 8 及び排気流路 11 , 12 との接続状態を切り換えるようになっている。ここで、上記給気流路 8 は、図示しない流体圧源（例えばコンプレッサ）からの圧縮空気等の圧縮流体をスプール孔 7 へと供給するためのものであり、上記出力流路 9 , 10 は、そのスプール孔 7 に供給された圧縮流体を、該圧縮流体で駆動される流体圧アクチュエータ（例えば空気圧シリンダ）等の各種流体圧機器（図示略）に対して出力するためのものであり、上記排気流路 11 , 12 は、該流体圧機器からの排気を大気等の外部に対して排出するためのものである。

【 0016 】

具体的には、図 1 及び図 2 に示すように、本発明の一実施形態に係るスプール式切換弁 1 は、電磁弁（電磁パイロット式切換弁）であって、上記スプール孔 7 、給気流路 8 、出力流路 9 , 10 、排気流路 11 、12 、及びスプール 20 を備えた弁本体部 2 と、軸 L 方向において該弁本体部 2 の両側端面に連結された第 1 アダプタ部 3 及び第 2 アダプタ部 4 と、上記第 1 アダプタ部 3 における上記弁本体部 2 とは反対側の側端面に連結された上記弁駆動部 5 としての電磁式パイロット弁部とから構成されている。

【 0017 】

上記弁本体部 2 は、樹脂や金属によって略直方体に一体成型されたハウジング 6 を有しており、上記スプール孔 7 が、該ハウジング 6 の長手方向に沿ってその両側端面間を貫通している。該ハウジング 6 の平面（上面）には、上記出力流路 9 , 10 を形成していて、上記流体圧機器への配管を接続するための出力ポート A , B が開設されている。一方、その平面と背向する底面（下面）には、上記給気流路 8 を形成していて、上記流体圧源からの流路（又は配管）を接続するための給気ポート P と、上記排気流路 11 , 12 を形成していて、上記流体圧機器から出力ポート A , B を通じて戻された排気を外部に排出するための流路（又は配管）を接続することが可能な排気ポート E A , E B とが開設されている。

【 0018 】

ここで、上記出力ポート A , B は、該出力ポート A , B よりも流路断面積が小さい出力連通路 9 a , 10 a を通じて上記スプール孔 7 に連通されており、該出力ポート A , B と出力連通路 9 a , 10 a とによって上記出力流路 9 , 10 が形成されている。また、上記給気ポート P は、該給気ポート P よりも流路断面積が小さい給気連通路 8 a を通じて上記スプール孔 7 に連通されており、該給気ポート P と給気連通路 8 a とによって上記給気流路 8 が形成されている。さらに、上記排気ポート E A , E B は、該排気ポート E A , E B よりも流路断面積が小さい排気連通路 11 a , 12 a を通じて上記スプール孔 7 に連通されており、該排気ポート E A , E B と排気連通路 11 a , 12 a とによって上記排気流路 11 , 12 が形成されている。

【 0019 】

より具体的に説明すると、上記スプール式切換弁 1 は、1 つの給気ポート P と、上記ハウジング 6 の長手方向に並設された第 1 出力ポート A 及び第 2 出力ポート B と、同じく該ハウジング 6 の長手方向において、上記給気ポート P の両側に配された第 1 排気ポート E A 及び第 2 排気ポート E B との 5 つのポートを備えている。そして、上記電磁式パイロット弁部（弁駆動部）5 を OFF 又は ON することによって、上記スプール 20 を、給気ポート P が第 2 出力ポート B に接続されると同時に第 1 出力ポート A が第 1 排気ポート E A に接続される第 1 切換位置（図 1 参照）と、給気ポート P が第 1 出力ポート A に接続されると同時に第 2 出力ポート B が第 2 排気ポート E B に接続される第 2 切換位置（図 2 参照）との 2 つの切換位置に対して、選択的に移動させることができるようになっている。

【 0020 】

上記スプール孔 7 の内周面は、軸 L 方向において、上記第 1 アダプタ部 3 が取り付けられた一方の側端面の開口部から、上記第 2 アダプタ部 4 が取り付けられた他方の側端面の開口部まで、第 1 支持部 7 a 、第 1 流路溝 7 0 、第 1 被摺動面 7 1 、第 2 流路溝 7 2 、第

10

20

30

40

50

2被摺動面73、第3流路溝74、第3被摺動面75、第4流路溝76、第4被摺動面77、第5流路溝78、及び第2支持部7bが順次設けられることにより構成されており、これらは何れも軸Lを中心とした環状に形成されている。すなわち、上記スプール孔7の内周面には、これら被摺動面と流路溝とが軸Lに沿って交互に形成されている。

【0021】

このとき、上記第1及び第2支持部7a, 7b並びに第1～第4被摺動面71, 73, 75, 77の内径D0は互いに等しく形成されていて、上記第1、第3及び第5流路溝70, 74, 78の溝底面の内径D1は互いに等しく形成されており、上記第2及び第4流路溝72, 76の溝底面の内径D2は互いに等しく形成されている。そして、上記内径D1は内径D2よりも若干大きく形成されており、これら流路溝の内径D1, D2は、ハウジング6の幅寸法よりも小さい範囲において、上記被摺動面等の内径D0よりも大きく形成されている。なお、上記第1流路溝70における第1被摺動面71と接続する開口縁、第3流路溝74における第2及び第3被摺動面73, 75と接続する両開口縁、並びに、第5流路溝78における第4被摺動面77と接続する開口縁には、図3～図6に示すように、これら流路溝の溝幅を開口側に向けて拡開させるテーパ部Tが形成されている。

【0022】

そして、上記スプール孔7の内周面から成る第1支持部7a及び第2支持部7bによって、上記スプール20の一端部（第1被押圧部20a）及び他端部（第2被押圧部20b）が気密かつ摺動自在に支持されている。また、上記第1流路溝70の溝底面に上記第1排気流路11の連通路11aが接続され、上記第2流路溝72の溝底面に上記第1出力流路9の連通路9aが接続され、上記第3流路溝74の溝底面に上記給気流路8の連通路8aが接続され、上記第4流路溝76の溝底面に上記第2出力流路10の連通路10aが接続され、上記第5流路溝78の溝底面に上記第2排気流路12の連通路12aが連通されている。なお、図中の符号79は、図示しないパイロット流路を通じてパイロット流体を、上記弁駆動部5を介して第1アダプタ部3に供給したり、上記第2アダプタ部4に供給したりするためのパイロット流体供給孔であって、上記給気流路8に常時連通されている。

【0023】

一方、上記スプール20は、軸L方向において、上記第1アダプタ部3側の一端から、上記第2アダプタ部4側の他端まで、上記第1支持部7aに気密かつ摺動自在に嵌合された第1被押圧部20a、第1環状凹部21、第1ランド部22、第2環状凹部23、第2ランド部24、第3環状凹部25、第3ランド部26、第4環状凹部27、第4ランド部28、第5環状凹部29、及び上記第2支持部7bに気密かつ摺動自在に嵌合された第2被押圧部20bが順次設けられることにより構成されており、これらは何れも軸Lを中心とした環状に形成されている。すなわち、上記スプール20においては、これら環状凹部とランド部とが軸Lに沿って交互に形成されている。

【0024】

このとき、上記各ランド部22, 24, 26, 28は、径方向Yにおいて、隣接する上記環状凹部に接続された基端から外周端の摺動部に至るまで徐々に軸L方向の幅が狭くなる略等脚台形状に形成されており、これらランド部は、径方向の中心軸に関して軸L方向に左右対称を成している。そして、これらランド部22, 24, 26, 28の外周端には、環状の凹溝15（図3～図6参照）が開設されている。そして、上記ランド部22, 24, 26, 28の各外周端に開設された凹溝15には、後に詳述する環状のパッキン50がそれぞれ装着されている。

【0025】

それにより、上記ランド部がスプール孔7の被摺動面の位置に配されて、その外周端の摺動部が該被摺動面と対峙したときに、該ランド部の摺動部とスプール孔7の被摺動面との間に形成された空隙が上記パッキン50でシールされて、その空隙を通じて圧縮流体が漏出するのを可及的に抑制又は防止することができるようになっている。すなわち、該パッキン50等のシール部材が無装着の状態において、上記第1及び第2被押圧部20a, 20b並びに第1～第4ランド部22, 24, 26, 28の外径D3は互いに等しく形成

10

20

30

40

50

されていて、上記第1～第5環状凹部21, 23, 25, 27, 29の外径D4は互いに等しく形成されており、上記外径D3は、上記被摺動面等の内径D0よりも若干小さく、かつ上記外径D4よりも大きく形成されている。

【0026】

上記第1アダプタ部3は、上記スプール孔7よりも大径に形成されて上記弁本体部2側に開口する第1シリンダ孔30と、該シリンダ孔30に気密かつ軸L方向に摺動自在に嵌合された第1ピストン31とを軸L上に有している。すなわち、該シリンダ孔30は、該ピストン31によって、該ピストン31よりも弁駆動部5側の第1室30aと、弁本体部2側の第2室30bとに気密に区画されている。また、上記第1ピストン31は、その弁本体部2側に、上記スプール20と同軸に配された第1押圧部31aを一体に有しており、該第1押圧部31aは、上記スプール孔7の第1支持部7aよりも小径に形成されていて、上記スプール20の第1被押圧部20aに当接している。そして、上記第1室30aは弁駆動部5のパイロット弁に接続されていて、上記第2室30bは大気に常時開放されている。なお、図中の符号32は、外部から手動操作により押し込んで、上記第1室30a内に充填された圧縮流体を排気するためのマニュアル操作部である。

【0027】

一方、上記第2アダプタ部4は、上記スプール孔7よりも大径かつ上記第1シリンダ孔30よりも小径に形成されて上記弁本体部2側に開口する第2シリンダ孔40と、該シリンダ孔40に気密かつ軸L方向に摺動自在に嵌合された第2ピストン41とを軸L上に有している。すなわち、該シリンダ孔40は、該ピストン41によって、該ピストン41よりも弁本体部2側の第1室40aと、それと反対側の第2室40bとに気密に区画されており、また、上記第1ピストン31の径が第2ピストン41の径よりも大きく形成されていて、該第1ピストン31の第1室30a側における受圧面積が、第2ピストン41の第2室40b側における受圧面積よりも大きくなっている。

【0028】

上記第2ピストン41は、その弁本体部2側に、上記スプール20と同軸に配された第2押圧部41aを一体に有しており、該第2押圧部41aは、上記スプール孔7の第2支持部7bよりも小径に形成されていて、上記スプール20の第2被押圧部20bに当接している。また、上記第2シリンダ孔40の第1室40aは、上記スプール20の中心を軸L方向に貫通する貫通孔20cを通じて、上記第1シリンダ孔30の第2室30bに連通されており、大気に常時開放されている。一方、上記第2室40bは、上記パイロット流体供給孔79に常時連通されていて、パイロット流体によって常時加圧されている。そのため、上記スプール20は、軸L方向において、上記第1アダプタ部3側（すなわち、第1ピストン側）に向けて常時押圧されている。

【0029】

なお、上記スプール孔7の各支持部、各流路溝及び各被摺動面、上記スプール20の各被押圧部、各ランド部及び各環状凹部、並びに、上記各シリンダ孔30, 40及び各ピストン31, 41は、軸Lと直交する横断面において、円形のみならず、橢円形又はトラック形状を成していても良い。そこで、本願においては、便宜上、このように軸L周りに環状に周設されたものについて、軸Lを直角に横切る弦を一律に「径」といい、軸Lから外周までの距離を一律に「半径」ということとする。

【0030】

続いて、図1及び図2に基づいて、上記スプール式切換弁1の動作を説明する。まず、図1に示すように、弁駆動部5を構成する電磁式パイロット弁部がOFFの状態においては、第1シリンダ孔30の第1室30aが大気に開放されている。そのため、上記第2ピストン41が、その押圧力により、上記スプール20と共に第1ピストン31を該第1室30a側のストローク端へと移動させ、その結果、該スプール20が上記第1切換位置に切り換えられた状態となる。そのとき、軸L方向において、上記スプール20の第1ランド部22は上記スプール孔7の第1流路溝70の位置に配され、第2ランド部24は第2被摺動面73の位置に配され、第3ランド部26は第3流路溝74の位置に配され、第4

10

20

30

40

50

ランド部 2 8 は第 4 被摺動面 7 7 の位置に配されている。

【 0 0 3 1 】

すなわち、スプール孔 7 内において、第 1 出力ポート A を含む第 1 出力流路 9 と給気ポート P を含む給気流路 8 との接続が、上記第 2 ランド部 2 4 によって遮断されると共に、第 2 出力ポート B を含む第 2 出力流路 1 0 と第 2 排気ポート E B を含む第 2 排気流路 1 2 との接続が、上記第 4 ランド部 2 8 によって遮断されている。そして、このようなスプール孔 7 とスプール 2 0 との位置関係により、上記第 1 出力流路 9 と第 1 排気流路 1 1 とがスプール孔 7 を通じて相互に接続されると共に、上記第 2 出力流路 1 0 と給気流路 8 とが同じくスプール孔 7 を通じて相互に接続されている。なお、このとき上記第 2 排気流路 1 2 は、上記スプール孔 7 内において閉塞されている。

10

【 0 0 3 2 】

一方、図 2 に示すように、弁駆動部 5 を構成する電磁式パイロット弁部が ON の状態においては、第 1 シリンダ孔 3 0 の第 1 室 3 0 a に対し該弁駆動部 5 を通じてパイロット流体が供給される。そのため、上記第 1 ピストン 3 1 が、その押圧力により、スプール 2 0 と共に第 2 ピストン 4 1 を、該第 2 ピストン 4 1 の押圧力に抗して第 2 シリンダ孔 4 0 の第 2 室 4 0 上側のストローク端へと移動させ、その結果、該スプール 2 0 が上記第 2 切換位置に切り換えられた状態となる。そのとき、軸 L 方向において、上記スプール 2 0 の第 1 ランド部 2 2 は上記スプール孔 7 の第 1 被摺動面 7 1 の位置に配され、第 2 ランド部 2 4 は第 3 流路溝 7 4 の位置に配され、第 3 ランド部 2 6 は第 3 被摺動面 7 5 の位置に配され、第 4 ランド部 2 8 は第 5 流路溝 7 8 の位置に配されている。

20

【 0 0 3 3 】

すなわち、スプール孔 7 内において、第 1 出力ポート A を含む第 1 出力流路 9 と第 1 排気ポート E A を含む第 1 排気流路 1 1 との接続が、上記第 1 ランド部 2 2 によって遮断されると共に、第 2 出力ポート B を含む第 2 出力流路 1 0 と給気ポート P を含む給気流路 8 との接続が、上記第 3 ランド部 2 6 によって遮断されている。そして、このようなスプール孔 7 とスプール 2 0 との位置関係により、上記第 1 出力流路 9 と給気流路 8 とがスプール孔 7 を通じて相互に接続されると共に、上記第 2 出力流路 1 0 と第 2 排気流路 1 2 とが同じくスプール孔 7 を通じて相互に接続されている。なお、このとき上記第 1 排気流路 1 1 は、上記スプール孔 7 内において閉塞されている。

【 0 0 3 4 】

30

以下、スプール 2 0 とスプール孔 7 との間のシール構造の各実施形態について、図 3 - 図 6 を用いてより具体的に説明する。ただし、ここでは、主として、図 1 の M 及び図 2 の N で示す、第 3 ランド部 2 6 とスプール孔 7 との間のシール構造について説明することとし、その説明の中では「第 3 ランド部 2 6 」を単に「ランド部 2 6 」、「第 4 環状凹部 2 7 」を単に「環状凹部 2 7 」、「第 3 流路溝 7 4 」を単に「流路溝 7 4 」、「第 3 被摺動面 7 5 」を単に「被摺動面 7 5 」とそれぞれいうこととする。そして、その他の第 1 、第 2 及び第 4 ランド部 2 2 , 2 4 , 2 8 とスプール孔 7 との間のシール構造については、上記第 3 ランド部 2 6 によるシール構造と実質的に同じであるから、詳細な説明は重複記載を避けるため省略することとする。

【 0 0 3 5 】

40

本発明の各実施形態に係るシール構造において、上記スプール 2 0 のランド部 2 6 の上記摺動部としての外周面 2 6 a は、上記被摺動面 7 5 と実質的に平行を成している。そして、該外周面 2 6 a の軸 L 方向の中央には、径方向 Y に開口する上記凹溝 1 5 が軸 L 周りに周設されていて、該凹溝 1 5 に上記パッキン 5 0 が装着されている。ここで、上記パッキン 5 0 の材料としては、シール機能を発揮するゴム弹性材であれば特に限定されるものではないが、例えばニトリルゴムやフッ素ゴム等を用いることができる。

【 0 0 3 6 】

上記凹溝 1 5 は、軸 L 周りに環状に周設されると共に該軸 L に沿って平坦に延びた底壁面 1 5 a と、該底壁面 1 5 a の軸 L 方向の両端から径方向 Y (軸 L と直交方向) に延びて互いに対向する、上記第 1 被押圧部 2 0 a 側の第 1 側壁面 1 5 b 及び上記第 2 被押圧部 2

50

0 b 側の第 2 側壁面 15 c とから構成されている。すなわち、上記外周面 26 a と、互いに平行な平面に形成された一対の側壁面 15 b, 15 c とは、互いに直角に交わっていて、それにより、上記凹溝 15 の開口を形成している。そして、上記凹溝 15 は、軸 L に沿った横断面において、径方向 Y に延びる中心軸に関して軸 L 方向に左右対称な矩形状に形成されている。

【 0 0 3 7 】

ここで、この凹溝 15 の底壁面 15 a は直径 D 5 に形成されており、そのため、上記外周面 26 a から該底壁面 15 a までの距離 ($= (D_3 - D_5) / 2$) が、該凹溝 15 の深さ H g に相当している。そして、該凹溝 15 は、ランド部 26 の周方向全体に亘って均一な深さ H g を有している。また、該凹溝 15 の軸 L に沿った溝幅 W g も、その開口から底壁面 15 a までの深さ全体に亘って均一に形成されている。ただし、この凹溝 15 は、上述の形態のものに限定されず、例えば上記一対の側壁面 15 b, 15 c を、上記底壁面 15 a 及び外周面 26 a と鋭角に交わらせて、溝幅 W g が上記底壁面 15 a から開口に向けて徐々に狭くなる略等脚台形状に形成されていても良い。

10

【 0 0 3 8 】

その一方で、上記パッキン 50 は、凹溝 15 に装着されていない未使用状態において、その内径が上記凹溝 15 の底壁面 15 a の直径 D 5 よりも小さく形成されている。換言すると、パッキン 50 の内周面（すなわち基端面）50 a の周方向長さが、上記凹溝 15 の底壁面 15 a の周方向長さよりも短く形成されている。そのため、図 3 - 図 6 のように、パッキン 50 を凹溝 15 に装着した状態においては、ゴム弾性材から成るパッキン 50 が周方向に伸長されて、その内周面 50 a が上記底壁面 15 a に弾性的に圧接されている。それにより、パッキン 50 の内周面 50 a と凹溝 15 の底壁面 15 a との間のシール性を確保している。

20

【 0 0 3 9 】

以下においては、上記パッキン 50 が上記凹溝 15 内に装着された状態について説明することとする。

図 3 に示す第 1 実施形態のシール構造において、上記パッキン 50 は、軸 L に沿った横断面において、実質上、径方向 Y の中心軸に関して軸 L 方向に左右対称な中実の矩形状に形成されている。すなわち、このパッキン 50 の外形は、該パッキン 50 の内周面によって形成され、軸 L 周りに環状を成すと共に軸 L に沿って平坦に延びた上記基端面 50 a と、該パッキン 50 の外周面によって形成され、軸 L 周りに環状を成すと共に軸 L に沿って平坦に延びた先端面 50 d と、上記基端面 50 a 及び先端面 50 d の軸 L 方向の一端同士を連結し、上記凹溝 15 の第 1 側壁面 15 b と対向して径方向 Y に延びる第 1 側端面 50 b と、上記基端面 50 a 及び先端面 50 d の軸 L 方向の他端同士を連結し、上記凹溝 15 の第 2 側壁面 15 c と対向して径方向 Y に延びる第 2 側端面 50 c との四面によって形作られている。このように、上記基端面 50 a は、その全面が上記底壁面 15 a に圧接されていると共に、上記先端面 50 d と平行を成して背向している。また、上記一対の側端面 50 b, 50 c は、共に全体が平面に形成され、互いに平行を成して背向すると共に、上記基端面 50 a 及び先端面 50 d と直角を成している。

30

【 0 0 4 0 】

そして、上記凹溝 15 に装着されたパッキン 50 の外径（本第 1 実施形態では上記先端面 50 d の径）を D p としたとき、パッキン 50 における上記底壁面 15 a に圧接された基端面 50 a から先端面 50 d まで距離、すなわちパッキン 50 の径方向 Y の高さ H p ($= (D_p - D_5) / 2$) は、上記凹溝 15 の深さ H g よりも大きく形成されている。よって、上記パッキン 50 における先端面 50 d を含む高さ H p - H g の先端部 51 が、上記ランド部 26 の外周面（摺動部）26 a から径方向 Y に突出しており、基端面 50 a を含む高さ H g の基端部 52 が、上記凹溝 15 内に収容されている。このとき、上記凹溝 15 の深さ H g がパッキン 50 全体の高さの H p の 1/2 以上であると、パッキン 50 が該凹溝 15 から外れるのを防止することができて望ましい。

40

【 0 0 4 1 】

50

ところで、本第1実施形態のシール構造においては、上記パッキン50が、径方向Yにおいて基端面50aから先端面50dに至るまで、均一な軸L方向の幅Wpを有していて、この幅Wpは上記凹溝15の幅Wgよりも小さく形成されている。すなわち、本発明において、パッキン50における凹溝15内に収容された基端部52の最大幅Wpmaxは、上記凹溝15の最小幅Wgminよりも小さく形成されている。そのため、該パッキン50は、流体圧によって、上記凹溝15の第1側壁面15bと第2側壁面15cとの間を軸L方向に移動可能となっている。

【0042】

また、上記パッキン50の先端面50dの外径Dpは、上記スプール孔7の被摺動面75の内径D0よりも僅かに小さく形成されている。このとき、上記パッキン50の先端部51における上記第1側端面50b側の端部が、軸L周りに環状の第1シール部53を形成し、同じく上記第2側端面50c側の端部が、軸L周りに環状の第2シール部54を形成している。ここで、上記第1シール部53は、上記先端面50dと第1側端面50bとが交わる直角の角部を含んでおり、上記第2シール部54は、上記先端面50dと第2側端面50cとが交わる直角の角部を含んでいる。

10

【0043】

そして、上記各ランド部22, 24, 26, 28の摺動部が、上記スプール孔7における対応する各被摺動面71, 73, 75, 77と対峙し、且つ、スプール孔7における各ランド部22, 24, 26, 28によって区画された一対の空間S1, S2(図3(b)-図5(b)参照)のうちの一方に、上記給気流路8から圧縮流体が供給されている状態において、その圧縮流体の流体圧でパッキン50が弾性変形することにより、上記ランド部の摺動部とスプール孔の被摺動面との間に、必要なシール性が確保されるようになっている。具体的には、上記圧縮流体の流体圧によるパッキン50の弾性変形により、上記第1及び第2シール部53, 54のうち上記圧縮流体が供給されている一方の空間S1, S2側に位置するシール部が、上記ランド部の摺動部とスプール孔の被摺動面との間の空隙(=(D0-Dp)/2)を狭窄するか、又は該被摺動面に当接し、その結果、上述のように、被摺動面と摺動面との間の必要なシール性を確保することができるようになっている。

20

【0044】

このようなシール構造の機序を、図3のランド部26を例に挙げてより具体的にすると、まず、図1に示すように、スプール20が上記第1切換位置に切り換えられた状態においては、図3(a)に示すように、上記ランド部26が流路溝74の位置に配されていて、該ランド部26の摺動部26aが、対応する被摺動面75と対峙していない。そのため、上記パッキン50が実質的に変形したり凹溝15内を移動したりすることなく、上記ランド部26は、給気流路8からスプール孔7内に供給された圧縮流体が、被摺動面75と環状凹部27との間に形成された流路を通じて出力されるのを許容している。

30

【0045】

次に、上記弁駆動部5を切り換えると、スプール20が上記第1切換位置から図2に示す第2切換位置へと移動し、それに伴って、ランド部26及びそのパッキン50も、上述した図3(a)の位置から、図3(b)の位置へと移動する。このスプールが第2切換位置に切り換えられた状態においては、上記ランド部26の摺動部26aが、上記スプール孔7の被摺動面75と対峙した状態、すなわち、該ランド部26に装着されたパッキン50における上記両シール部53, 54を含んだ先端面50dの全体が被摺動面75と対峙した状態となり、該ランド部26によってスプール孔7内の空間が、給気流路8に接続された第1空間S1と排気流路12に接続された第2空間S2とに区画される。

40

【0046】

そのとき、上記第1空間S1には給気流路8から圧縮流体が供給されているため、その流体圧により、上記パッキン50が凹溝15内を第2側壁面15c側に移動して、該パッキン50の第2側端面50cが上記第2側壁面15cに押し付けられた状態となっている。また、それと同時に、上記パッキン50には、上記流体圧により、上記第2側壁面15

50

c の開口縁を中心とした図中時計回りのモーメント力が作用し、上記パッキン 5 0 における第 1 側端面 5 0 b と第 1 シール部 5 3 とを含んだ第 1 空間 S 1 側の側端部が、径方向 Y に向けて（すなわち、スプール孔 7 の被摺動面 7 5 に向けて）弾性的に伸長している。その結果、上記第 1 シール部 5 3（特に上記角部）が、上記被摺動面 7 5 との間に形成された空隙 を狭窄するか、又は該被摺動面 7 5 に当接した状態となっている。以上のようにして、上記第 1 空間 S 1 から第 2 空間 S 2 への圧縮流体の漏れを可及的に抑制し、これら空間 S 1 , S 2 の間におけるシール性を確保することができるようになっている。

【 0 0 4 7 】

ところで、上記ランド部 2 6 が、図 3 (a) の位置から図 3 (b) の位置へと変位する過程において、該ランド部 2 6 のパッキン 5 0 は、スプール孔 7 の流路溝 7 4 と被摺動面 7 5 との境界部分（すなわち、流路溝 7 4 の開口縁のテーパ部 T ）を横切って該被摺動面 7 5 と対峙する位置へと移動する。そのとき、先ずパッキン 5 0 の第 2 シール部 5 4 が被摺動面 7 5 と対峙し、続いて第 1 シール部 5 3 も該被摺動面 7 5 と対峙することとなるが、パッキン 5 0 の外径 D p がスプール孔 7 の被摺動面 7 5 の内径 D 0 よりも小さく形成されているため、少なくとも第 2 シール部 5 4 は上記境界部分に衝突することなく被摺動面 7 5 と対峙する位置に移動する。そして、このようにして、第 2 シール部 5 4 が被摺動面 7 5 と対峙すると、第 1 シール部 5 3 が上記境界部分（テーパ部 T ）を横切る前に、圧縮流体の流体圧により、パッキン 5 0 の第 2 側端面 5 0 c が凹溝 1 5 の第 2 側壁面 1 5 c に押圧されると共に、上記パッキン 5 0 における第 1 側端面 5 0 b と第 1 シール部 5 3 とを含んだ側端部が、弾性変形により径方向 Y に向けて伸長することが想定される。

【 0 0 4 8 】

そのとき、たとえ、上記第 1 シール部（特に、先端面 5 0 d と第 1 側端面 5 0 b とが交わる直角の角部）の外径が被摺動面 7 5 の内径 D 0 よりも大きくなって、それにより、該第 1 シール部 5 3 が上記境界部分に衝突し、さらに上記被摺動面 7 5 に乗り上げて当接したとしても、それらに伴うパッキン 5 0 の変形量が従来のものと比較して小さく、しかも、それらに伴ってパッキン 5 0 に作用する力は、流体圧による弾性変形を元に戻す方向に作用するため、上記衝突によるパッキン 5 0 への負荷や、該パッキン 5 0 と被摺動面 7 5 との間の摺動抵抗を可及的に抑制することができる。

【 0 0 4 9 】

以上のような第 1 実施形態に係るシール構造によれば、スプール 2 0 を第 1 切換位置と第 2 切換位置とに選択的に変位させて、各流路 8 , 9 , 1 0 , 1 1 , 1 2 間の接続状態を切り換えた際に、たとえ、上記ランド部 2 2 , 2 4 , 2 6 , 2 8 のパッキン 5 0 が圧縮流体の流体圧で弾性変形することによって上記流路溝 7 0 , 7 4 , 7 8 の開口縁（テーパ部 T ）に対し衝突したとしても、該パッキン 5 0 への負荷を可及的に抑制することができると共に、該パッキン 5 0 と被摺動面 7 1 , 7 3 , 7 5 , 7 7 との間に生じる摩擦抵抗も可及的に抑制することができる。その結果、スプール 2 0 のよりスマーズな動作を実現することが可能になると共に、パッキン 5 0 の物理的な劣化や損傷を可及的に抑制して該パッキン 5 0 の長寿命化を図ることが可能となる。

【 0 0 5 0 】

また、圧縮流体を給気流路 8 に供給することなくスプール 2 0 の動作を停止させた状態、すなわち、該スプール 2 0 のランド部がその摺動面をスプール孔 7 の被摺動面と対峙させて停止した状態が、長期間維持されたとしても、そのとき、パッキン 5 0 の各シール部 5 3 , 5 4 は、スプール孔 7 の被摺動面とは非接触状態にあるため、ゴム弾性材から成るパッキン 5 0 が、永久変形したり上記スプール孔 7 の被摺動面に固着したりして物理的に劣化又は損傷するのを防止することができる。さらに、スプール式切換弁を組み立てるにあたっても、ハウジング 6 におけるスプール孔 7 の開口部に、スプール 2 0 を導入するための加工（例えは面取り加工等）を必ずしも施す必要性が無い。

【 0 0 5 1 】

次に、図 4 に基づいて、本発明に係るシール構造の第 2 実施形態について説明する。ただし、ここでは重複記載を避けるため、上記第 1 実施形態と同じ構成部分及びその作用効果

10

20

30

40

50

については、図に同じ符号を付して説明は省略することとする。

【0052】

この第2実施形態のシール構造が上記第1実施形態のシール構造と異なる部分は、主として、パッキンの先端部51に周設された第1及び第2シール部の形態にある。図4(a)に示すように、この第2実施形態において、上記第1シール部は、パッキン50Aの先端面50dにおける第1側端面50b側の端部から、径方向Yに向けて一体に突設された環状の第1突条53aによって形成されている。また、第2シール部は、上記先端面50dにおける第2側端面50c側の端部から、径方向Yに向けて一体に突設された環状の第2突条54aによって形成されている。すなわち、これら突条53a, 54aは、軸L方向において、軸方向に平坦な先端面50dを間に介在させて、該先端面50dの両側端部に離間して配置されている。

10

【0053】

また、このような第1突条53a及び第2突条54aを有するパッキン50Aも、軸Lに沿った横断面において、径方向Yの中心軸に関して軸L方向に左右対称を成している。そのため、上記先端面50dから上記各突条53a, 54aの先端までの距離は互いに等しくなっており、上記スプール孔7の被摺動面75から上記各突条53a, 54aの先端までの距離も互いに等しくなっている。そして、軸Lからこれら突条53a, 54aの先端までの距離の2倍が、本第2実施形態におけるパッキン50Aの外径Dpとなっている。

20

【0054】

さらに、このパッキン50Aにおいては、上記一対の突条53a, 54aが、その先端面50d上の基端から被摺動面75側の先端に向けて、軸L方向の幅が徐々に狭くなる楔形状に形成されている。具体的には、上記第1突条53aは、上記第1側端面50bから成り上記先端面50dと直角を成す外壁と、該先端面50dから上記第1側端面50b側に傾斜させて立設された内壁とによって形成されている。また、上記第2突条54aは、上記第2側端面50cから成り上記先端面50dと直角を成す外壁と、該先端面50dから上記第2側端面50c側に傾斜させて立設された内壁とによって形成されている。換言すると、本第2実施形態のパッキン50Aは、第1実施形態のパッキン50において、その外周面の軸L方向中央に、先端面50dを底面とする断面逆等脚台形の溝を形成したものであり、上記第1及び第2突条53a, 54aの先端は、第1及び第2側端面50b, 50cと鋭角を成す角部によって形成されている。

30

【0055】

このようなパッキン50Aを備えた第2実施形態に係るシール構造においては、スプール20を上記第1切換位置(図1参照)から上記第2切換位置(図2参照)に変位させた際に、第1空間S1の流体圧により、上記第1及び第2シール部としての第1及び第2突条53a, 54aが、上記第1実施形態と同様の機序で、上記被摺動面75との間の空隙($= (D0 - Dp) / 2$)を狭窄するか、又は該被摺動面75に当接する(図4(b)参照)。そして、その結果、上記スプール孔7の被摺動面75と上記ランド部26の摺動面26aとの間の必要なシール性を確保することができるようになっている。

40

【0056】

次に、図5に基づいて、本発明に係るシール構造の第3実施形態について説明する。ただし、ここでも重複記載を避けるため、上記第1及び第2実施形態と同じ構成部分及びその作用効果については、図に同じ符号を付して説明は省略することとする。

【0057】

図5(a)に示すように、この第3実施形態に係るシール構造においては、パッキン50Bの第1側端面50b及び第2側端面50cに、軸Lを中心とした同じ直径を有する環状の第1くびれ溝55a及び第2くびれ溝55bが周設されている。すなわち、これらくびれ溝55a, 55bは、該パッキン50Bの横断面において、上記基端面50aからの高さが同じ位置に対向配置されており、それにより、該パッキン50Bの幅Wpが狭くなるくびれ部56を形成している。そして、このパッキン50Bにおいては、これらくびれ

50

溝 55a, 55b によって、例えば図 5 (b) に示すように、上記第 1 空間 S1 の流体圧が第 1 側端面 50b に作用した時に、上述のような弾性変形による径方向 Y への伸長が促進されるようになっている。なお、他の実施形態と同様に、上記パッキン 50B も、横断面の中心軸に関して軸 L 方向に左右対称に形成されている。

【0058】

より具体的には、上記一対のくびれ溝 55a, 55b は、その溝壁が滑らかな凹曲面、好ましくは円弧面によって形成され、上記くびれ部 56 の幅はパッキン 50B の全幅 Wp の 1/2 よりも大きくなっている。上記側端面 50b, 50c における両くびれ溝 55a, 55b の開口幅は、パッキン 50B の全高 Hp の 1/2 よりも小さくなっている。そして、本第 3 実施形態においては、上記一対のくびれ溝 55a, 55b 及びくびれ部 56 の全体が、パッキン 50B の基端部 52 に設けられており、具体的には、パッキン 50B の高さ方向の中央よりも外周側であって、凹溝 15 内におけるその開口の近傍に形成されている。

【0059】

また、本第 3 実施形態においては、パッキン 50B の横断面の中心軸と凹溝 15 の横断面の中心軸とを一致させた状態で、該パッキン 50B の基端面 50a が、凹溝 15 の底壁面 15a に対して接着により固定されている。すなわち、パッキン 50B は凹溝 15 の幅方向の中央に固定されていて、第 1 側端面 50b と第 1 側壁面 15b との間及び第 2 側端面 50c と第 2 側壁面 15c との間には、同幅の空隙 (= (Wg - Wp) / 2) が形成されている。よって、上記一対のくびれ溝 55a, 55b は、上記凹溝 15 の開口に連通している。

【0060】

このようなパッキン 50B を備えた第 3 実施形態に係るシール構造によれば、図 5 (b) に示すように、スプール 20 を上記第 1 切換位置 (図 1 参照) から上記第 2 切換位置 (図 2 参照) に変位させた際に、第 1 空間 S1 の流体圧によって、パッキン 50B に対し図中時計回りのモーメント力が作用する。すると、第 1 実施形態の場合と同様に、パッキン 50B における第 1 空間 S1 側 (すなわち、圧縮流体の流体圧が作用している第 1 側端面 50b 側) の側端部が伸長する。そのとき、第 1 側端面 50b に形成された第 1 くびれ溝 55a は該流体圧によって拡大するが、それとは逆の第 2 側端面 50c に形成された第 2 くびれ溝 55b は縮小するため、上記第 1 側端面 50b 側の側端部の伸長がより促進されることとなる。また、上記第 2 側端面 50c と凹溝 15 の第 2 側壁面 15c との間に空隙が形成されているため、上記第 1 側端面 50b 側の側端部の伸長が妨げられることもない。さらに、パッキン 50B は凹溝 15 の幅方向の中央に接着により固定されているため、上記モーメント力及び流体圧でパッキン 50B の基端面 (内周面) 50a が凹溝 15 の底壁面 15a から浮き上がるのを防止することができる。

【0061】

そして、その結果、圧縮流体の流体圧が作用している第 1 空間 S1 側の第 1 シール部 53 が、上記被摺動面 75 との間の空隙 (= (D0 - Dp) / 2) を狭窄するか、又は該被摺動面 75 に当接することにより、上記スプール孔 7 の被摺動面 75 と上記ランド部 26 の摺動面 26a との間の必要なシール性を確保することができるようになっている。

【0062】

なお、上記第 2 実施形態に係るシール構造においては、圧縮流体の漏れを抑制するラビリンスシールを形成するために、図 6 に示すように、上記パッキン 50A の先端面 50d における上記第 1 突条 53a と第 2 突条 54a との間の位置に、ラビリンス突起 57 が径方向 Y に向けて立設されていても良い。このラビリンス突起 57 は、好ましくは、上記先端面 50d の軸 L 方向の中央 (パッキン 50A の横断面の中心軸上) に、上記突条 53a, 54a と平行を成して軸 L 周りに環状に形成されている。そして、その横断面は、例えば頂角が鋭角の二等辺三角形等、左右対称で先端に向けて徐々に幅が狭くなる楔形状に形成されている。また、上記先端面 50d から先端までのラビリンス突起 57 の高さは、上記突条 53a, 54a の高さ以上であることが望ましい。

10

20

30

40

50

【0063】

以上、本発明に係るスプール式切換弁におけるシール構造について説明してきたが、本発明は上記の各実施形態に限定されることなく、特許請求の範囲の趣旨を逸脱しない範囲で様々な設計変更が可能であることは言うまでもない。

例えば、図3や図4に示す第1及び第2実施形態においても、図5の第3実施形態のようにして、パッキン50の基端面50aと凹溝15の底壁面15aとを、接着等により固定しても良い。スプール20を動作させる弁駆動部5も、電磁式パイロット弁部によって構成されたものに限定されず、直動式等様々な駆動機構によって構成することが可能である。また、ポートの数やランド部の数を変更したり、第2ピストン41に替えてコイルバネを使用したりしても良い。さらに、上記シール部53(53a), 54(54a)は、上述のように、パッキン50の側端面50b, 50cと直角又は鋭角を成す角部を有していることが望ましいが、必ずしもそれに限定されるものではない。

10

【符号の説明】

【0064】

- 1 スプール式切換弁(電磁弁)
- 2 弁本体部
- 3 第1アダプタ部
- 4 第2アダプタ部
- 5 弁駆動部(電磁式パイロット弁部)
- 6 ハウジング
- 7 スプール孔
- 8 給気流路
- 9 第1出力流路
- 10 第2出力流路
- 11 第1排気流路
- 12 第2排気流路
- 15 凹溝
- 15a 底壁面
- 15b 第1側壁面
- 15c 第2側壁面
- 20 スプール
- 26 第3ランド部
- 26a 外周面(摺動部、摺動面)
- 27 第4環状凹部
- 50, 50A, 50B パッキン
- 50a 基端面
- 50b 第1側端面
- 50c 第2側端面
- 50d 先端面
- 51 先端部
- 52 基端部
- 53, 53a 第1シール部
- 54, 54a 第2シール部
- 55a 第1くびれ溝
- 55b 第2くびれ溝
- 56 くびれ部
- 57 ラビリンス突起
- 74 スプール孔の第3流路溝
- 75 スプール孔の第3被摺動面

20

パッキンと被摺動面との間の空隙(=(D0-Dp)/2)

30

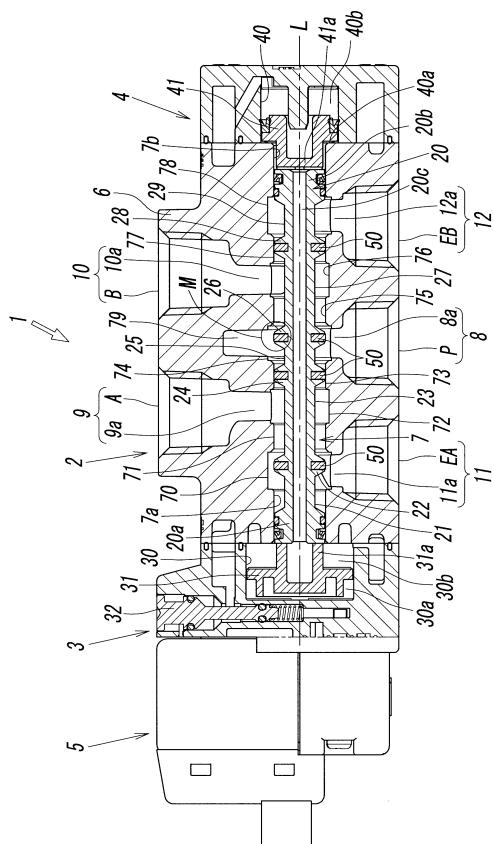
40

50

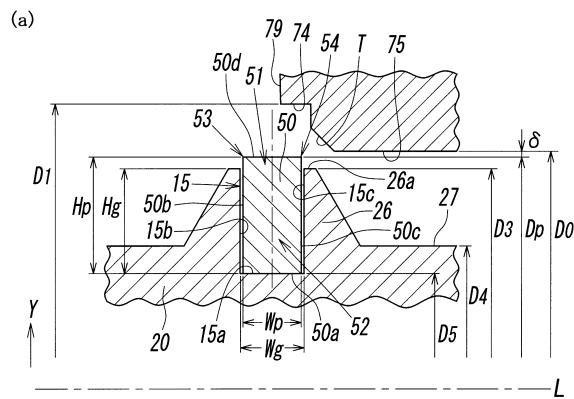
D₀ 被摺動面の内径
 D_p パッキンの外径
 W_p パッキンの横断面の幅
 W_g 環状凹溝の横断面の幅
 L 軸

【図面】

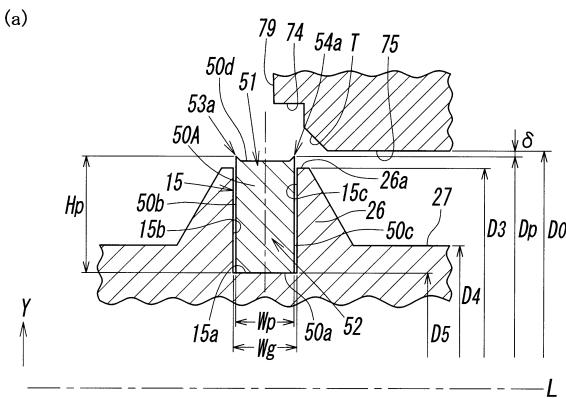
【図 1】



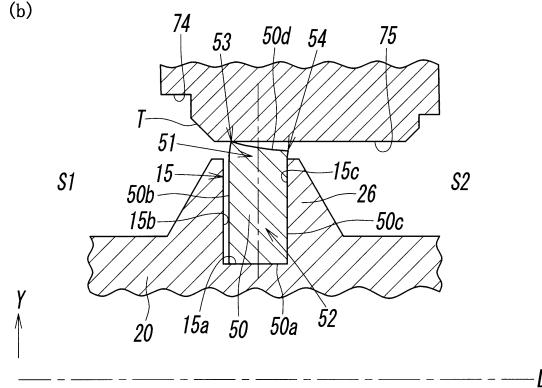
【 図 3 】



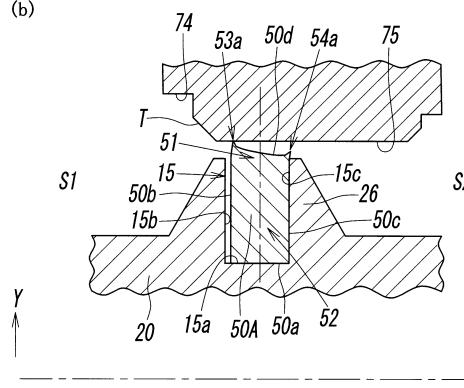
【 図 4 】



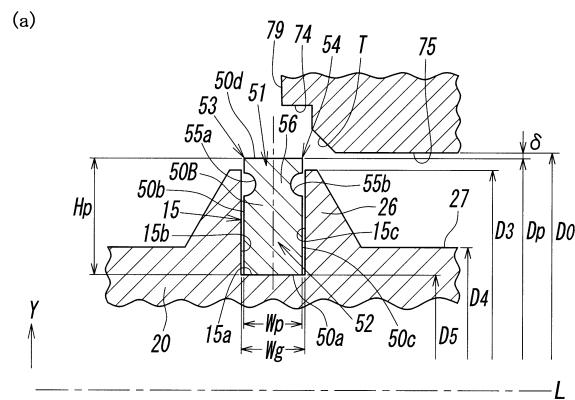
(b)



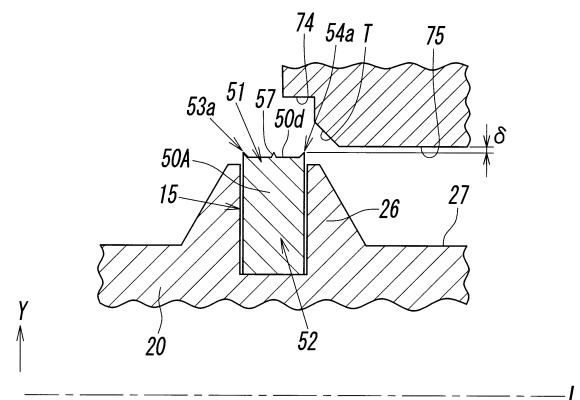
(b)



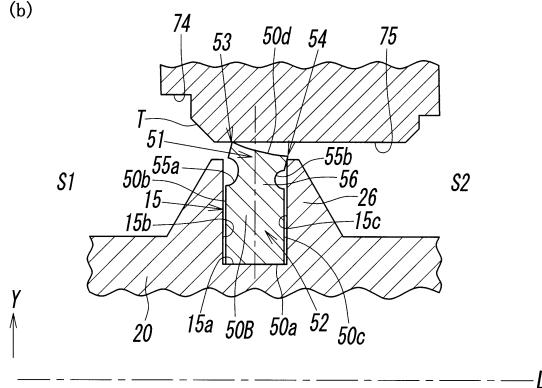
【図5】



【圖 6】



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 梅田 和寛
茨城県つくばみらい市絹の台 4 - 2 - 2 SMC 株式会社筑波技術センター内

(72)発明者 工藤 政行
茨城県つくばみらい市絹の台 4 - 2 - 2 SMC 株式会社筑波技術センター内

(72)発明者 川上 雅彦
茨城県つくばみらい市絹の台 4 - 2 - 2 SMC 株式会社筑波技術センター内

審査官 山本 健晴
特開 2010-101341 (JP, A)
国際公開第 2012/124534 (WO, A1)
特開 2010-014202 (JP, A)
特開昭 49-112059 (JP, A)
米国特許出願公開第 2018/0080564 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F 16 J 15 / 18
F 16 J 15 / 3268
F 16 J 15 / 447