

(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2011-129736

(P2011-129736A)

(43) 公開日 平成23年6月30日(2011.6.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 41/083 (2006.01)	HO 1 L 41/08	R
	HO 1 L 41/08	S
	HO 1 L 41/08	Q

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-287301 (P2009-287301)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成21年12月18日 (2009.12.18)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100080045
			弁理士 石黒 健二
		(74) 代理人	100124752
			弁理士 長谷 真司
		(72) 発明者	望月 孝一
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	松本 哲平
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内

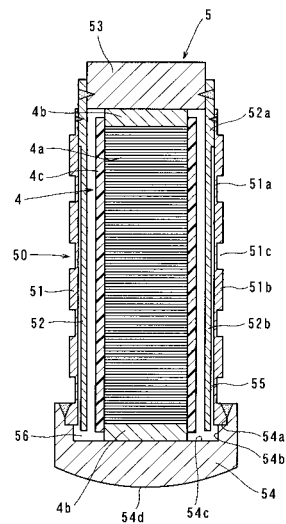
(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 種々な不純物が混入している高圧流体下でも用いることができ、高圧流体やピエゾスタックの特質に対する設計自由度の大きい圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】 ピエゾスタック4を収容するケース50は、弾性変形可能な金属材料によって形成され、全周に亘る環状溝51cによって形成された薄肉弾性部51aを有しており、ピエゾスタック4の伸縮に呼応して薄肉弾性部51aが弾性変形し、軸方向に伸縮する。また、ケース50の内側には、筒状体をなした金属製の第2金属部材52を対向配置している。これにより、高圧流体に晒される部分が金属製で、不純物に影響されにくい構造とすることができ、薄肉弾性部51aの肉厚や幅の変更によってピエゾスタック4の伸縮に対応することができる。したがって、種々な高圧流体下での適応は勿論のこと、薄肉弾性部51aの肉厚や幅の変更は簡単に精度よく行えるため、設計自由度が大きい。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のピエゾ素子を積層して構成され、充放電により積層方向へ伸縮するピエゾスタックと、

このピエゾスタックの外周囲を覆って配置され、前記ピエゾスタックを収容する内部と高圧流体に晒される外部とを区画する全体として筒状体をなしたケースとを具備し、

前記ピエゾスタックの伸縮に伴い前記ケースが前記ピエゾスタックの積層方向へ伸縮する圧電アクチュエータにおいて、

前記ケースは、弾性変形可能な金属材料によって形成されるとともに、全周に亘る溝によって形成された肉厚の薄い薄肉弾性部を有し、

前記ケースの内側には、このケースとの間に前記薄肉弾性部の弾性変形を許容するクリアランスを介して対向配置されて、前記ケースを補強する筒状体をなした金属製の補強部材が設けられていることを特徴とする圧電アクチュエータ。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の圧電アクチュエータにおいて、

前記補強部材の一部は、高圧流体に晒され、

前記補強部材の他部は、前記ケースの内部に収容されており、

前記ケースは、前記補強部材の一部と組み合わせられて、前記ピエゾスタックを収容する内部と高圧流体に晒される外部とを区画することを特徴とする圧電アクチュエータ。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載の圧電アクチュエータにおいて、

前記補強部材の全ては、前記ケースの内部に収容されることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の圧電アクチュエータにおいて、

前記薄肉弾性部は、前記ケースの外周面のみ形成された前記溝によって設けられることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の圧電アクチュエータにおいて、

前記薄肉弾性部は、前記ケースの外周面のみ形成された複数の環状溝によって設けられることを特徴とする圧電アクチュエータ。

30

【請求項 6】

請求項 4 に記載の圧電アクチュエータにおいて、

前記薄肉弾性部は、前記ケースの外周面のみ形成された螺旋状の溝によって設けられることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 に記載の圧電アクチュエータにおいて、

前記ケースと前記補強部材との対向面の少なくとも一方の面には、低摩擦係数の材料よりなる被膜が設けられることを特徴とする圧電アクチュエータ。

40

【請求項 8】

請求項 4 ないし請求項 6 に記載の圧電アクチュエータにおいて、

前記薄肉弾性部において前記補強部材に対向する面のみ、あるいは前記補強部材において前記薄肉弾性部に対向する面のみ、低摩擦係数の材料よりなる被膜が設けられることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

50

【0001】

本発明は、各種機能部品の駆動源として用いられる圧電アクチュエータに関するもので、特に車両に搭載される内燃機関用燃料噴射装置のインジェクタのごとく高圧流体下で使用される機能部品の駆動源として好適な圧電アクチュエータに係る。

【背景技術】

【0002】

(従来技術)

従来より、強力な駆動力を発揮する駆動源として、ピエゾスタックの伸縮を利用した圧電アクチュエータが知られている。特に近年、内燃機関用燃料噴射装置においては、インジェクタから噴射される燃料の噴霧をより微粒化して燃焼効率を上げるべく、インジェクタによる燃料の噴射圧力の高圧化が進んでおり、噴射応答性を強化することも含めて、インジェクタの駆動源として圧電アクチュエータが採用されるようになってきた(例えば、特許文献1参照)。

10

【0003】

しかしながら、この種の圧電アクチュエータは、その中枢をなすピエゾスタックが外部からの湿気や異物の侵入を嫌うため、ピエゾスタックを収容する場所を、密閉構造にするなど工夫しなければならないという使用面での制約がある。

【0004】

一方、上述のインジェクタの駆動源として圧電アクチュエータを採用する場合には、インジェクタ自体に課せられた体格、機能面、製作面などから、特許文献1でも明らかなように、圧電アクチュエータの周囲が燃料で満たされる構成、換言すれば圧電アクチュエータが高圧燃料に晒される構造をとらざるを得ない状況にある。

20

しかも、燃料はガソリンに代表されるように水分が溶け込みやすく、軽油でも異物や不純物が混入しやすいため、使用する燃料に注意を払うことが肝要となる。

【0005】

そこで、ピエゾスタックの密封を圧電アクチュエータ側単体で完結し、種々なインジェクタに搭載可能な汎用性のあるものが切望されている。

そのため、圧電アクチュエータにおいて、ピエゾスタックを密封する構造として、ピエゾスタック全体を樹脂製フィルムなどの樹脂で囲繞したり、蛇腹状の金属ケースに収容することが考えられている(例えば、特許文献2、3参照)。

30

【0006】

(従来技術の問題点)

しかしながら、このような構造には、それぞれ次のような問題がある。

まず、前者の樹脂囲繞構造(特許文献2参照)は、水分や異物に対する保護機能はあるものの、軽油に代表されるように、燃料には洗浄剤のごとき化学的物質やイオン化物質(以下不純物と総称する)が混入する場合があります。この不純物の影響で往々にして樹脂の劣化損傷を招いたり、樹脂フィルムなどを透過してピエゾスタックに悪影響を及ぼす恐れがある。特に最近、燃料には生成面、取扱い面で種々な不純物が混じるとか、化石燃料の代替として種々な成分の燃料が開発・使用される傾向にあるため、燃料の性状によって適否を決定する必要があるなど、圧電アクチュエータによる強力な駆動源としての汎用性に乏しい。

40

【0007】

また、後者の蛇腹構造(特許文献3参照)は、金属製であるため、燃料の選択自由度は確保できるものの、使用される燃料の圧力やピエゾスタックの要求特性に応じて適切な所望の伸縮作用を確保するために蛇腹部自体、山部・谷部とも一定の肉厚でしかも曲面状に精度よく形成する必要があるが、このような曲面状部分を高精度に製作することが困難で、生産性が悪く、かつ所望の伸縮作用を得るための設計自由度に欠ける。

【0008】

以上、インジェクタの例について詳述したが、この種の圧電アクチュエータは、今や油圧装置の弁の駆動源など様々な用途で活用されるようになってきており、種々な高圧流体

50

に即応できる汎用性、用途の多様化に応じた設計自由度を兼ね備える有用な圧電アクチュエータが囑望されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2008-255869号公報

【特許文献2】特表2009-527117号公報

【特許文献3】独国特許出願公開第102008003839号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、種々な不純物が混入している高圧流体下でも用いることができ、しかも用途に応じた高圧流体やピエゾスタックの特性に対する設計自由度が大きい圧電アクチュエータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

[請求項1の手段]

請求項1に記載の発明によれば、ピエゾスタックを収容する内部と高圧流体に晒される外部とを区画する全体として筒状体をなしたケースは、弾性変形可能な金属材料によって形成されるとともに、全周に亘る溝によって形成された肉厚の薄い薄肉弾性部を有して、この薄肉弾性部がピエゾスタックの軸方向（ピエゾ素子の積層方向）の伸縮に呼応して弾性変形することにより、ケースが軸方向に伸縮するようにしている。

【0012】

これにより、高圧流体に晒される部分が、金属製で不純物に影響されにくい構造であるため、種々な性状の高圧流体に対応できるのは勿論のこと、薄肉弾性部の肉厚や軸方向の幅、さらには薄肉弾性部の軸方向の配設個数の組み合わせによって、ケースにおける軸方向の弾性度合（一種のパネ定数）を自在に設定することができ、しかも、上記の組み合わせはケースの製作過程で簡単に精度よく選定することができるため、生産性が高く、用途に応じた高圧流体やピエゾスタックの特性に対する設計自由度も大きい。

【0013】

また、ケースの内側には、筒状体をなした金属製の補強部材が所定のクリアランスをもって設けられる。この補強部材は、筒状体故に自体剛性を有するため、薄肉弾性部を設けたことによる不具合（薄肉弾性部の塑性変形に繋がる過度な局部変形など）を防ぐことができ、クリアランスを設けることでケースと補強部材との接触面積を小さくすることができるため、接触による伸縮の阻害を最小限にできる。

【0014】

[請求項2の手段]

請求項2に記載の発明によれば、ケースは、補強部材の一部と組み合わせられて、内部と外部を区画している。よって、補強部材を、ケースの補強のみならず、ケースの構成部品の一部として有効活用することができる。

【0015】

[請求項3の手段]

請求項3に記載の発明によれば、補強部材の全てがケースの内部に収容されている。かかる構成によれば、補強部材はケースの内部と外部の区画に全く関与しないため、完全な筒状体でなくてもよい。

【0016】

[請求項4の手段]

請求項4に記載の発明によれば、薄肉弾性部は、ケースの外周面のみ形成された溝によって設けられる。かかる構成によると、薄肉弾性部は、内周面側に位置することになり、内側（補強部材側）に膨らむように弾性変形する際に高圧流体の影響が加わっても、薄

10

20

30

40

50

肉弾性部の付け根部分に加わる応力を軽減することができる。

【 0 0 1 7 】

[請求項 5 の手段]

請求項 5 に記載の発明によれば、薄肉弾性部は、ケースの外周面のみ形成された複数の環状溝によって設けられる。

[請求項 6 の手段]

請求項 6 に記載の発明によれば、薄肉弾性部は、ケースの外周面のみ形成された螺旋状の溝によって設けられる。

上記の両請求項の構成によれば、薄肉弾性部の軸方向の幅を実質的に複数に分割して形成できるため、強度を維持しつつ弾性度合（一種のパネ定数）を自在に調整することができる。

10

【 0 0 1 8 】

[請求項 7 の手段]

請求項 7 に記載の発明によれば、ケースの内周面または補強部材の外周面に、低摩擦係数の材料よりなる被膜が設けられる。よって、薄肉弾性部の弾性変形によりケースの内周面が補強部材の外周面に接触しても、円滑に摺接し、ピエゾスタックの伸縮作用に悪影響を及ぼさない。また、クリアランスもより小さく設定することができ、小型化に有利である。

【 0 0 1 9 】

[請求項 8 の手段]

請求項 8 に記載の発明によれば、薄肉弾性部において補強部材に対向する面のみ、あるいは補強部材において薄肉弾性部に対向する面のみ、低摩擦係数の材料よりなる被膜が設けられる。かかる構成によれば、少ない被膜量で効率的に請求項 7 の発明と同様な機能を得ることができる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】本発明の実施例 1 に係る圧電アクチュエータを備えたインジェクタの全体構成を模式的に示す縦断面図である。

【 図 2 】図 1 に示す圧電アクチュエータの縦断面図である。

【 図 3 】本発明の実施例 2 に係る圧電アクチュエータの縦断面図である。

30

【 図 4 】(a)、(b)本発明に係る圧電アクチュエータの特性を説明するための効果検証モデルの模式的断面図である。

【 図 5 】図 4 に示す効果検証モデルの解析結果を示すグラフである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 1 】

本発明を実施するための最良の形態は、種々な不純物が混入している高圧流体下でも用いることが可能で、しかも用途に応じた高圧流体やピエゾスタックの特性に対する設計自由度を大きくすることができる課題を、ピエゾスタック収容用のケース自体の工夫、すなわち弾性変形可能な金属材料よりなるケースに、全周に亘る溝によって薄肉弾性部を形成するとともに、ケースの内側に、このケースを補強する筒状で金属製の補強部材を設けて、薄肉弾性部をピエゾスタックの伸縮に呼応させて弾性変形させることで実現した。

40

【 実施例 】

【 0 0 2 2 】

[実施例 1]

図 1 は、本発明の実施例 1 に係る圧電アクチュエータを駆動源として備えたインジェクタを示したものであり、まず、インジェクタ 1 の全体構成ならびにその機能について説明する。

【 0 0 2 3 】

インジェクタ 1 は、例えば、ディーゼルエンジンのような直噴型のエンジン（図示せず）に搭載され、コモンレールから受け入れた高圧の燃料を、直接、気筒内に噴射供給する

50

ものであり、ニードル 2 をリフト駆動して噴孔 3 を開放することで燃料を噴射する。

そして、この駆動力を強化する手段として、ピエゾスタック 4 を内蔵した圧電アクチュエータ 5 が組み込まれており、ピエゾスタック 4 の伸長力をニードル 2 の駆動力として利用している。なお、圧電アクチュエータ 5 の詳細については後述する。

【 0 0 2 4 】

このインジェクタ 1 は、噴孔 3 を開閉するニードル 2 と、軸方向に伸縮する圧電アクチュエータ 5 と、この圧電アクチュエータ 5 の伸縮に応じて軸方向に進退するピストン 6 と、ニードル 2 を摺動自在に支持する第 1 スリーブ 7 と、ピストン 6 を摺動自在に支持する第 2 スリーブ 8 と、第 1、第 2 スリーブ 7、8 の間に配されるフランジ 9 と、第 1、第 2 スリーブ 7、8 およびフランジ 9 が遊挿されるボディ 10 とを備える。

10

【 0 0 2 5 】

ニードル 2 は、軸方向後端側の部分が第 1 スリーブ 7 に支持される第 1 軸部 13 をなす。また、その軸方向先端側の部分は、第 1 軸部 13 よりも径小に設けられ、ボディ 10 に摺動自在に支持される第 2 軸部 14 をなす。さらに、第 2 軸部 14 より先端側の部分（つまり、ニードル 2 の先端部）は、第 2 軸部 14 よりも径小に設けられ、噴孔 3 を開閉する弁部 15 をなす。よって、ニードル 2 は、第 1、第 2 軸部 13、14 が個別に摺動自在に支持されて軸方向に変位することにより噴孔 3 を開閉する。

【 0 0 2 6 】

ここで、ボディ 10 は、第 1、第 2 スリーブ 7、8 およびフランジ 9 を収容する径大の第 1 内部室 17 と、その先端側に、第 1 内部室 17 よりも径小の第 2 内部室 18 を有しており、第 2 軸部 14 は、自身の外周面 19 が第 2 内部室 18 をなす内周面 20 に摺接することでボディ 10 に支持されている。

20

なお、第 1、第 2 スリーブ 7、8 およびフランジ 9 は、先端側から第 1 スリーブ 7、フランジ 9、第 2 スリーブ 8 の順に軸方向に隣り合って一体的に配され、全体としてひとつのスリーブ体 21 を構成している。

【 0 0 2 7 】

第 2 内部室 18 において、内周面 20 と弁部 15 の外周面 22 とで形成される空間は、ニードル 2 に対し開弁方向に燃料圧を及ぼす燃料が流出入するノズル室 23 をなしており、内周面 20 の先端側に弁部 15 が離着するシート面 24 が設けられ、シート面 24 の先端に噴孔 3 が開口している。よって、弁部 15 がシート面 24 から離座すると、噴孔 3 とノズル室 23 との間が開放されてノズル室 23 の燃料が噴孔 3 から噴射され、弁部 15 がシート面 24 に着座すると、噴孔 3 とノズル室 23 との間が閉鎖されて燃料の噴射が停止される。

30

【 0 0 2 8 】

圧電アクチュエータ 5 は、後端がボディ 10 に固定されるとともに先端がピストン 6 の後端面に当接している。圧電アクチュエータ 5 は、電圧印加を受けると先端側に向けて伸長し、ピストン 6 を先端側に付勢する。なお、第 1 内部室 17 には、コモンレールから受け入れた高圧の燃料が充満しており、圧電アクチュエータ 5 は、この第 1 内部室 17 に収容されるため、高圧の燃料に晒されることになる。

【 0 0 2 9 】

ピストン 6 は、後端側に鏝部 25 を有する円柱体をなしていて、先端面 26 により圧力室 27 を形成しており、圧電アクチュエータ 5 から受ける伸長力により先端側に変位して圧力室 27 の燃料圧を増圧する。つまり、先端面 26 は、圧力室 27 の燃料圧を増圧する加圧面をなす。なお、圧電アクチュエータ 5 の伸長力が発生しなくなると、ピストン 6 は後記する第 1 スプリング 28 に付勢されて後端側に変位する。

40

【 0 0 3 0 】

第 1 スリーブ 7 は、先端側に付勢されて第 1 内部室 17 をなす内部表面 30 に着座することで、ニードル 2 およびボディ 10 とともに制御室 31 を形成する。すなわち、制御室 31 は、第 1 スリーブ 7 の内周面 32、第 2 軸部 14 の外周面 19、第 1 軸部 13 の先端面 33 および内部表面 30 により区画されて形成される。

50

【 0 0 3 1 】

そして、先端面 3 3 が制御室 3 1 の燃料圧を後端側に向けて受ける受圧面として機能することで、ニードル 2 は、制御室 3 1 の燃料圧により開弁方向に付勢される。なお、スリーブ体 2 1 は、後記する第 1 スプリング 2 8 により先端側に付勢されて、第 1 スリーブ 7 の先端面が内部表面 3 0 に着座している。

【 0 0 3 2 】

第 2 スリーブ 8 は、ピストン 6 およびフランジ 9 とともに圧力室 2 7 を形成する。すなわち、圧力室 2 7 は、第 2 スリーブ 8 の内周面 3 6、ピストン 6 の先端面 2 6 およびフランジ 9 の後端面 3 7 により区画されて形成される。そして、前記のように先端面 2 6 が加圧面として機能することで、圧力室 2 7 の燃料圧が増減される。つまり、ピストン 6 の進退に応じて、圧力室 2 7 の容積が拡張され圧力室 2 7 の燃料圧が増減される。

10

【 0 0 3 3 】

また、圧力室 2 7 は、連通路 3 5 により制御室 3 1 と連通しているため、圧力室 2 7 の燃料圧が増減されると、制御室 3 1 の燃料圧も増減される。つまり、ピストン 6 の進退に応じて制御室 3 1 の燃料圧も増減される。なお、連通路 3 5 は、高圧の燃料が充填するフランジ 9 および第 1 スリーブ 7 の外周側の第 1 内部室 1 7 とは隔離され、フランジ 9 および第 1 スリーブ 7 を貫通している。

【 0 0 3 4 】

また、第 2 スリーブ 8 の先端部とピストン 6 の鍔部 2 5 との間に、第 1 スプリング 2 8 が装着されている。第 1 スプリング 2 8 は、第 2 スリーブ 8 とピストン 6 とを軸方向に互いに逆向きに付勢しており、第 2 スリーブ 8 を先端側に付勢することで、第 1 スリーブ 7 をボディ 1 0 の内部表面 3 0 に着座させている。また、第 1 スプリング 2 8 は、ピストン 6 を後端側に付勢することで、ピストン 6 に対する復元パネとして機能する。

20

【 0 0 3 5 】

フランジ 9 は、第 1 スリーブ 7 およびニードル 2 とともに、ニードル 2 に対し閉弁方向に燃料圧を及ぼす燃料が流出入する背圧室 4 1 を形成する。よって、ニードル 2 は、後端面 4 2 により背圧室 4 1 の燃料圧を閉弁方向に受ける。なお、フランジ 9 の先端面 4 3 は、ニードル 2 がリフト駆動されて後端側に変位すると、ニードル 2 の後端面 4 2 と当接する。つまり、フランジ 9 は、ニードル 2 のリフト量を規制するストッパとして機能する。

【 0 0 3 6 】

また、背圧室 4 1 は、フランジ 9 に設けられた連通路 4 0 により第 1 内部室 1 7 と連通しており、連通路 4 0 を介して第 1 内部室 1 7 との間で燃料が流出入される。また、背圧室 4 1 は、第 2 軸部 1 4 に設けられた連通路 4 6 によりノズル室 2 3 と連通している。なお、背圧室 4 1 には、ニードル 2 を閉弁方向に付勢する第 2 スプリング 4 7 が収容されている。

30

【 0 0 3 7 】

以上の構成により、圧電アクチュエータ 5 に電圧が印加されると、ピストン 6 が先端側に変位して圧力室 2 7 の燃料圧が増圧される。これにより、圧力室 2 7 で増圧された燃料が連通路 3 5 を介して制御室 3 1 に流入するので、制御室 3 1 の燃料圧も増圧されてニードル 2 が開弁方向に駆動される。このため、噴孔 3 が開放されてノズル室 2 3 の燃料が噴射される。

40

【 0 0 3 8 】

このとき、背圧室 4 1 の燃料は連通路 4 0 を介して第 1 内部室 1 7 に流出し、ニードル 2 のリフト量は、第 1 軸部 1 3 がフランジ 9 に当接することで規制される。また、ノズル室 2 3 には、連通路 4 0、背圧室 4 1、連通路 4 6 を介して第 1 内部室 1 7 から高圧の燃料が流入する。

【 0 0 3 9 】

そして、圧電アクチュエータ 5 への電圧印加が停止されると、圧力室 2 7 の燃料圧が増圧されなくなるので、制御室 3 1 の燃料圧も低下する。これにより、ニードル 2 が第 2 スプリング 4 7 に付勢されて閉弁方向に駆動され、噴孔 3 が閉鎖されて燃料の噴射が停止さ

50

れる。また、背圧室 4 1 には連通路 4 0 を介して第 1 内部室 1 7 から高圧の燃料が流入し、ピストン 6 は第 1 スプリング 2 8 に付勢されて後端側に変位する。

【0040】

(実施例 1 の背景)

上述のごとく、圧電アクチュエータ 5 は、インジェクタ 1 内に効率よく組み込まれるため、高圧の燃料に常時晒されることになる。このため、ピエゾスタック 4 が露出している燃料に直接接触すると、燃料に含まれる成分の影響を受けて作動不良などの問題が生じる。したがって、ピエゾスタック 4 を密封することが肝要となる。

【0041】

(実施例 1 の特徴)

上記のピエゾスタック 4 自体は従来周知の一般的なもので、複数のピエゾ素子を積層して構成され、充放電により積層方向へ伸縮する機能を有するものであって、このピエゾスタック 4 を密封するために、実施例 1 の圧電アクチュエータ 5 では、次の技術を採用しており、図 2 を用いて詳述する。

【0042】

圧電アクチュエータ 5 は、ピエゾスタック 4 の外周囲を覆って配置され、ピエゾスタック 4 を収容する内部と燃料（高圧流体）に晒される外部とを区画し、ピエゾスタック 4 を密封するケース 5 0 を備えている。このケース 5 0 は、全体として筒状体（特に円筒体）をなしており、実質的に燃料に晒される外枠を形成する第 1 金属部材 5 1 と、この第 1 金属部材 5 1 の内側に配置されて第 1 金属部材 5 1 の補強をする第 2 金属部材 5 2 と、ピエゾスタック 4 の積層方向の両端を支持し、第 1、第 2 金属部材 5 1、5 2 の開放端の蓋をなす一对の金属製の支持部材 5 3、5 4 とからなる。

【0043】

第 1 金属部材 5 1 は、弾性変形可能な金属材料によって形成されている。この材料としては金属ガラス（例えば Zr - Al - Ni - Cu 合金）のごときアモルファス金属やゴムメタル（登録商標）のごときチタン合金が好適である。これらの金属は、低ヤング率と高引張強度の両立を図れ、超弾性的性質でヒステリシスのない非線形な弾性変形挙動を呈するなどの特質を有しており、かつ後述のごとき単純化された形状のものを、公知の鑄造法や冷間加工法により精度よく簡単に製作できる。

【0044】

また、第 1 金属部材 5 1 は、外周面側のみにおいて肉厚を変化させて、肉厚の薄い薄肉弾性部 5 1 a と肉厚の厚い剛性部 5 1 b とを有している。つまり、この薄肉弾性部 5 1 a および剛性部 5 1 b は、全周に亘る複数の環状溝 5 1 c によって分割形成されたもので、いずれも第 1 金属部材 5 1 の外周囲を圍繞するように断面矩形の環状をなし、かつ軸方向に交互に配設されている。よって、薄肉弾性部 5 1 a の弾性変形により第 1 金属部材 5 1 が軸方向に伸縮する。かくして、薄肉弾性部 5 1 a のみの単純な形状で伸縮機能を確保できる。

【0045】

一方、第 2 金属部材 5 2 は、ステンレス（例えば、SUS304）のごとき高強度の材料にて形成され、全体として円筒体をなしているが、図示上端側（後端側）の一部が、第 1 金属部材 5 1 の内径とほぼ同径の外径を有する大径部 5 2 a で、それより下方は図示下端側（先端側）に向かって第 1 金属部材 5 1 の内径より小さい外径を有する小径部 5 2 b になっている。この小径部 5 2 b の外周面が、薄肉弾性部 5 1 a の弾性変形を許容する程度の僅かなクリアランス 5 5 を介して、第 1 金属部材 5 1 の内周面と対面している。

【0046】

一对の支持部材 5 3、5 4 のうち、図示上端側（後端側）に位置する一方の支持部材 5 3 は円盤状をなしている。また、図示下端側（先端側）に位置する他方の支持部材 5 4 は、全体として円盤状をなしているものの、図示上面側が大径穴部 5 4 a と小径穴部 5 4 b とを有する段付状の凹部 5 4 c に形成され、図示下面側が球面状の凸部 5 4 d に形成されている。この凸部 5 4 d が前述のピストン 6 に作用する。

10

20

30

40

50

【0047】

そして、一方の支持部材53の外周面には、第2金属部材52の大径部52aの内周面が嵌合し全周にわたってレーザー溶接によりシール接合されている。また、他方の支持部材54の大径穴部54aの内周面には、第1金属部材51の一端(図示下端側)の外周面が嵌入し、全周にわたってレーザー溶接によりシール接合されている。さらに、第1金属部材51の他端(図示上端側)の内周面は、第2金属部材52の大径部52aの外周面に嵌合し、全周にわたってレーザー溶接によりシール接合されている。したがって、この大径部52aは、ピエゾスタック4を収容するケース50の一部を形成し、燃料に晒されることになる。

【0048】

なお、第2金属部材52の小径部52bは、図示下端側が、他方の支持部材54に対し、凹部54cの小径穴部54bに挿入しているものの遊離しており、自由端になっている。この小径部52bと凹部54cとの離間スペース56は、第1金属部材51が最大限に収縮した場合にも、小径部52bの下端が凹部54cの底部に接触しない寸法に調整されている。

【0049】

しかして、従来周知のピエゾスタック4は、複数のピエゾ素子を積層して構成される例えば一体積層型の素子群4aと、支持部材53、54との電氣的絶縁を図る絶縁基板4bと、素子群4aを保護する絶縁被膜4cとを主要構成要素として成り立っている。

このピエゾスタック4は、前述のごとく、電圧の印加により伸長するものであり、実機として使用するためには、第1金属部材51の軸長をプリセットしておく必要がある。

【0050】

つまり、図示の状態は、ピエゾスタック4が最大限に伸長したときの状態(作動時)を示しており、ピエゾスタック4の非動作時(最小軸長時)にはこれに呼応して第1金属部材51自体も軸長を収縮させておかなければならない。そのため、第1金属部材51の組付け過程において、薄肉弾性部51aを弾性変形(内周面側に膨らむように変形)させた状態で、前述のシール接合(第1金属部材51と支持部材54との接合)がなされる。なお、この収縮状態を円滑に確保するために、前述のクリアランス55および離間スペース56が役立つ。

【0051】

(実施例1の効果)

以上の構成において、ケース50の軸方向の伸縮を担う第1金属部材51は、ピエゾスタック4の伸縮特性に呼応しなければならない。この第1金属部材51の伸縮特性(一種のパネ定数)は、薄肉弾性部51aの弾性度合によって一義的に決定することができる。換言すれば、薄肉弾性部51aにおいて、その肉厚、軸方向の幅、設置個数(分割数)によって、その弾性度合を自在に選定することができるわけで、しかも全体として単純な形状を呈するため、このような第1金属部材51の製作は前述のごとく、公知の製造方法により精度よく、簡単に達成できる。これにより、用途に応じた燃料圧やピエゾスタック4の特性に対する設計自由度を大きく確保できる。

【0052】

また、第1金属部材51は、高圧の燃料に晒されており、特に薄肉弾性部51aが設けられているため、径方向にたわみやすく、また薄肉弾性部51aが局部的に過度な弾性変形を惹起し、ピエゾスタック4の作動不良や第1金属部材51の破損などの不具合が生じる恐れがある。これに対し、内側に配置された第2金属部材52は、筒状体をなし、それ自体剛性を有する形態であるため、第1金属部材51をその内側より補強し、上述の不具合を防ぐことができる。

なお、第2金属部材52は、ステンレス管のごとく金属パイプを切断することにより簡単に得られるが、一对の半割り円筒形状のものを接合してパイプとしてもよい。

【0053】

また、第1金属部材51と第2金属部材52の間にはクリアランス55が存在してい

10

20

30

40

50

るため、薄肉弾性部 5 1 a が内周面側に膨らむように弾性変形しても、第 2 金属部材 5 2 との接触を回避できる。

なお、この薄肉弾性部 5 1 a は、内周面側に位置しており、外周面側に位置させる場合に比して、付け根部分に加わる弾性変形時の応力を軽減できることは勿論である。この実施例では、付け根部分を直角状に設けているが、曲面状に形成することで一層応力緩和ができる。

【 0 0 5 4 】

[実施例 2]

図 3 は、本発明の実施例 2 に係る圧電アクチュエータ 5 を示したもので、上述の実施例 1 に比して、ケース 5 0 の構造に次のような特徴がある。

本実施例では、図示上端側（後端側）に位置する一方の支持部材 5 3 は、円盤状をなしているものの、大径部 5 3 a と小径部 5 3 b とを有している。この大径部 5 3 a には、円筒状の第 1 金属部材 5 1 の上端が直接嵌合し、レーザー溶接によりシール接合されている。

一方、第 2 金属部材 5 2 は、第 1 金属部材 5 1 の内径より小さい外径を有するものの、全長にわたって同一の外径を有しており、第 1 金属部材 5 1 の内側において、固定端をなす上端が小径部 5 3 b に嵌合し、レーザー溶接によりシール接合されている。

【 0 0 5 5 】

上記構成によれば、第 2 金属部材 5 2 は、全長にわたって第 1 金属部材 5 1 の内側に位置し、全てが第 1 金属部材 5 1 に収容されるため、高圧燃料に晒されることはない。よって、第 2 金属部材 5 2 は、補強機能を達成する程度の形態であればよく、完全な筒状体でなくてもよい。例えば、一对の略半割状のものを、隙間を隔てて対向配置して実質的な筒状体を構成するようにしてもよい。かくすれば、第 2 金属部材 5 2 を形成するための素材の選定が有利となる。

【 0 0 5 6 】

しかして、本発明の特徴は、ケース 5 0 の構造に集約されるので、図 4 および図 5 を用いて、本発明により得られる特性の検証結果について説明する。

まず、ケース 5 0 の効果検証モデルとして、図 4 (a)、(b) に示す 2 種類のものを用意した。ちなみに、図 4 (a) は、第 1 金属部材 5 1 の薄肉弾性部 5 1 a が複数のタイプ、図 4 (b) は、第 1 金属部材 5 1 の薄肉弾性部 5 1 a が極端に幅広の 1 個のタイプを模式的に示している。

【 0 0 5 7 】

外側管 A は、第 1 金属部材 5 1 に相当するもので、弾性変形可能な金属材料として金属ガラスを用い、鑄造法によりそれぞれの所定形状に形成したもので、その両端は支持台 X、Y に固定され、完全拘束状態である。

内側管 B は、第 2 金属部材 5 2 に相当するもので、ステンレス管製であり、外側管 A の内側にクリアランス C (前述のクリアランス 5 5 に相当) を介して対向配置されている。その上端は支持台 X に固定し完全拘束状態にあるが、下端は支持台 Y に対し遊離させて自由端となっている。

【 0 0 5 8 】

ここで、外側管 A は、ヤング率 1 0 0 G P a、降伏応力 1 6 5 0 M P a であって、モデルとして必要な主要形状の寸法を、次のように決定した。

第 1 金属部材 5 1 の内径 $D = 7.5 \text{ mm}$ 、弾性変形に貢献する最大有効長 $L = 20 \text{ mm}$ 、薄肉弾性部 5 1 a の肉厚 $T_a = 0.1 \text{ mm}$ 、 $T_b = 0.114 \text{ mm}$ 、薄肉弾性部 5 1 a の軸方向幅 $H_a = 3$ 、剛性部 5 1 b の肉厚 $T_c = 0.2 \text{ mm}$ 、剛性部 5 1 b の軸方向幅 $H_b = 1.25 \text{ mm}$ 、第 1 金属部材 5 1 の両端部の軸長 $K = 3 \text{ mm}$ 、第 1 金属部材 5 1 の両端部の肉厚 $T_d = 1 \text{ mm}$ 。

【 0 0 5 9 】

そして、外側管 A の外周面から高圧流体に相当する外圧（本例では一義的に 2 0 M P a に設定した）を加えると、外側管 A が弾性変形し、その内周面が内側管 B の外周面に接触

10

20

30

40

50

する。このときの内側管 B に加わる径方向の荷重総和 R (kN) を、クリアランス C (μm) の大きさに応じて計測した結果を、図 5 のグラフに示す。図 5 に示す実線が、図 4 (a) のモデルの結果であり、図 5 に示す破線が、図 4 (b) のモデルの結果であり、矢視で示すように、約 20 (μm) 付近のクリアランスまで実用に供することができる。

なお、外側管 A の弾性変形によりその内周面が内側管 B の外周面を摺接する際の摩擦力は、上記の内側管 B に加わる径方向の荷重に換算することができる。

【0060】

一方、上述のクリアランス C をできるだけ小さくすることは、圧電アクチュエータ 5 の小型化のために重要であり、外側管 A の内周面および内側管 B の外周面の摺接時における摩擦係数を低くする手段を講じることが望ましい。このような手段として、低摩擦係数の材料よりなる被膜の活用が挙げられる。なお、低摩擦係数の材料としては、潤滑性に優れた周知のテフロン (登録商標) 系もしくはモリブデン系の材料を用いることができる。

10

次に、この被膜について説明する。

【0061】

ひとつは、第 1 金属部材 5 1 の内周面または第 2 金属部材 5 2 の外周面の少なくともいずれか一方に、低摩擦係数の材料よりなる被膜を設ける手段である。

また、別の例としては、薄肉弾性部 5 1 a において第 2 金属部材 5 2 に対向する面のみ、あるいは第 2 金属部材 5 2 において薄肉弾性部 5 1 a に対向する面のみ、低摩擦係数の材料よりなる被膜を設ける手段である。この後者の手段によれば、最も摩擦が起き易い面のみ効果的に被膜を設けることになり、少ない被膜量で効率的に同様な低摩擦機能を付与することができる。

20

【0062】

[変形例]

以上の実施例では、ケース 5 0 の形状について、円筒を例示したが、四角などの多角筒であってもよく、要は、ピエゾスタック 4 の外周を覆って、ピエゾスタック 4 を収容する内部と高圧流体に晒される外部とを区画し、ピエゾスタック 4 が高圧流体に触れるのを防ぐ筒状体をなしていれば、いかなる形状でもよい。第 1 金属部材 5 1 と一方の支持部材 5 3 とを一体化することも可能である。

また、薄肉弾性部 5 1 a を形成する環状溝 5 1 c は、螺旋状でもよい。この場合、薄肉弾性部 5 1 a も螺旋形状になり、ケース 5 0 は回動しながら軸方向に伸縮することになるが、このような動きを許容する用途には有用である。

30

いずれにしても、複数の溝により薄肉弾性部 5 1 a の軸方向の幅を実質的に複数に分割することは、強度を維持しつつ弾性度合 (一種のパネ定数) を自在に調整することができるため、図 4、図 5 に示す対比からも明らかなく、設計上有利である。

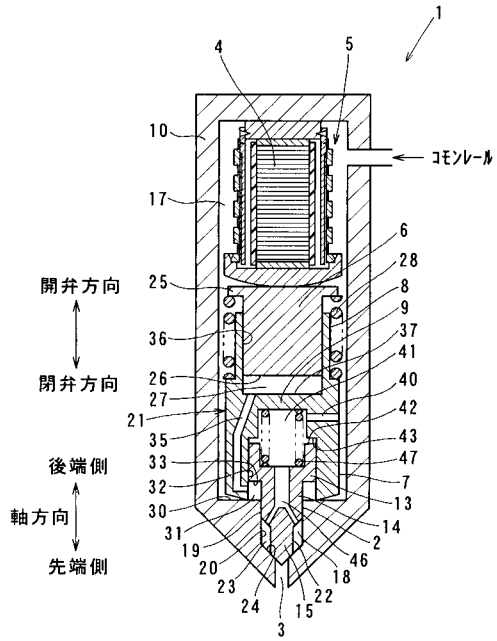
【符号の説明】

【0063】

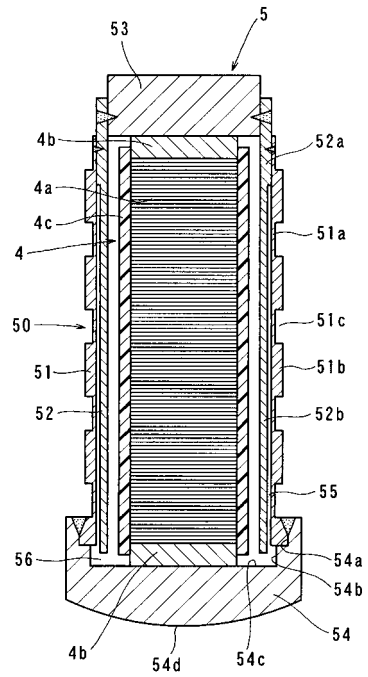
- 4 ピエゾスタック
- 5 圧電アクチュエータ
- 5 0 ケース
- 5 1 第 1 金属部材
- 5 1 a 薄肉弾性部
- 5 1 b 剛性部
- 5 1 c 環状溝
- 5 2 第 2 金属部材 (補強部材)
- 5 3 支持部材
- 5 4 支持部材
- 5 5 クリアランス

40

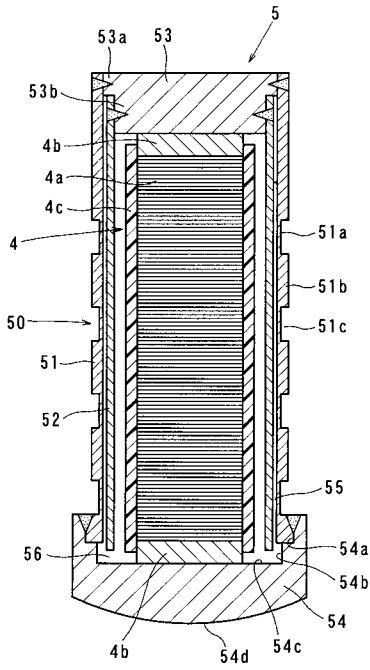
【 図 1 】



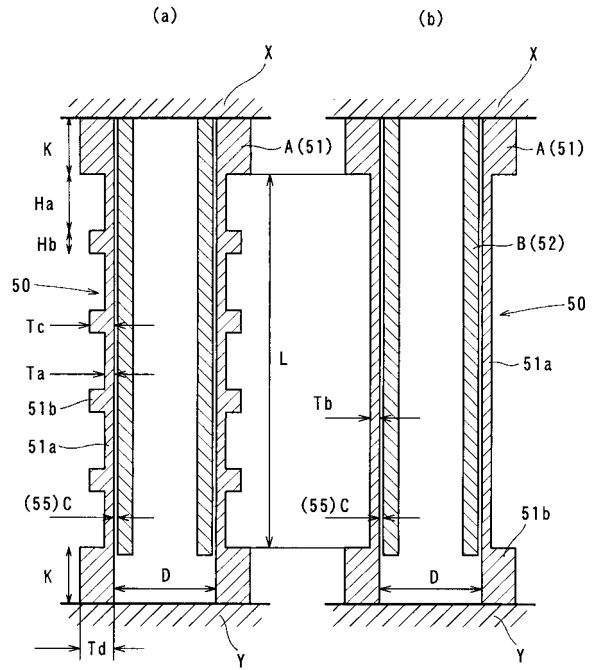
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

