

(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2019-100208

(P2019-100208A)

(43) 公開日 令和1年6月24日(2019.6.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2M 61/16 (2006.01)	FO2M 61/16 M	3G066
FO2M 47/00 (2006.01)	FO2M 61/16 F	
FO2M 51/06 (2006.01)	FO2M 47/00 A	
	FO2M 51/06 N	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2017-229422 (P2017-229422)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成29年11月29日 (2017.11.29)		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	100106149
			弁理士 矢作 和行
		(74) 代理人	100121991
			弁理士 野々部 泰平
		(74) 代理人	100145595
			弁理士 久保 貴則
		(72) 発明者	山下 司
			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	芹澤 一史
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		Fターム(参考)	3G066 BA50 CC01 CC08T CD14 CD21

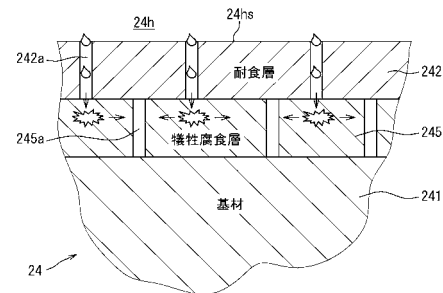
(54) 【発明の名称】 燃料噴射弁

(57) 【要約】

【課題】 腐食対策を向上させた燃料噴射弁を提供する。

【解決手段】 燃料噴射弁10は、燃料を噴射する噴孔が形成された弁ボデー24（ボデー）と、噴孔を開閉する弁ニードル（弁体）と、を備える。弁ボデー24は、基材241、耐食層242および拡散抑止層243を有する。基材241は、噴孔が形成された金属製である。耐食層242は、基材241のうち少なくとも噴孔を形成する部分の表面を覆い、基材241に比べて腐食しにくい材質である。拡散抑止層243は、基材241と耐食層242の間に位置し、基材241の金属成分の拡散が耐食層242に比べて生じにくい材質である。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料を噴射する噴孔（24h）が形成されたボデー（24、24A、24B、24C、24D）と、
前記噴孔を開閉する弁体（30）と、を備え、
前記ボデーは、
前記噴孔が形成された金属製の基材（241）と、
前記基材のうち少なくとも前記噴孔を形成する部分の表面を覆い、前記基材に比べて腐食しにくい材質の耐食層（242）と、
前記基材と前記耐食層の間に位置し、前記耐食層に比べて腐食しやすい材質の犠牲腐食層（245）と、
を有する燃料噴射弁。 10

【請求項 2】

前記ボデーは、前記犠牲腐食層および前記耐食層を複数有し、
複数の前記耐食層および複数の前記犠牲腐食層は交互に積層配置されている請求項 1 に記載の燃料噴射弁。

【請求項 3】

複数の前記耐食層および複数の前記犠牲腐食層の各層は、線膨張係数またはヤング率を異にし、
前記各層の線膨張係数またはヤング率は、前記基材に近づくにつれて徐々に変化する請求項 2 に記載の燃料噴射弁。 20

【請求項 4】

前記ボデーは、前記犠牲腐食層と前記耐食層との間に位置する中間層（244）を有し、
前記中間層の線膨張係数またはヤング率は、前記犠牲腐食層および前記耐食層の一方よりも低く、前記犠牲腐食層および前記耐食層の他方よりも高い請求項 1～3 のいずれか 1 つに記載の燃料噴射弁。

【請求項 5】

前記中間層の線膨張係数またはヤング率は、前記犠牲腐食層および前記耐食層の一方に近づくほど徐々に高くなり、前記犠牲腐食層および前記耐食層の他方に近づくほど徐々に低くなる請求項 4 に記載の燃料噴射弁。 30

【請求項 6】

前記中間層を形成する金属成分には、前記犠牲腐食層を形成する金属成分および前記耐食層を形成する金属成分の両方が含まれている請求項 4 または 5 に記載の燃料噴射弁。

【請求項 7】

前記犠牲腐食層は、水素イオン指数が 4 以下で溶出する材質である請求項 1～6 のいずれか 1 つに記載の燃料噴射弁。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この明細書における開示は、燃料を噴射する燃料噴射弁に関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関の燃焼に用いられる燃料を噴孔から噴射する燃料噴射弁に関し、噴孔を形成する弁ボデーには凝縮水が付着し得る。そして、付着した凝縮水による弁ボデーの腐食が懸念される。特に噴孔の部分が腐食すると、噴孔から噴射される燃料の噴霧形状や噴射量に変化するという、噴射特性の変化が生じてしまう。

【0003】

この対策として、特許文献 1 には、弁ボデーの外周面および噴孔の内周面にクロムめっきを施すことで、弁ボデーの耐食性を向上させる旨が開示されている。 50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平5-209575号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

さて、内燃機関の排ガスの一部を還流ガスとして吸気に還流させることで、排ガス規制の対象となる窒素酸化物（ NO_x ）を低減させる技術が、従来より知られている。近年では、排ガス規制の強化に伴い、還流ガスの量（EGR量）を増大させる傾向にある。

10

【0006】

しかしながら、還流ガスには硫黄や窒素が多く含まれているため、EGR量を増大させると、弁ポデーに付着する凝縮水に硫黄や窒素が多く溶け込むようになり、その結果、弁ポデーの腐食が促進されてしまう。そのため、近年の弁ポデーでは腐食対策の要求が高まってきており、クロムめっきを施しただけの従来構造では、腐食対策の向上に限界がある。

【0007】

開示される1つの目的は、腐食対策を向上させた燃料噴射弁を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

20

上記目的を達成するため、開示された1つの態様は、
燃料を噴射する噴孔（24h）が形成されたポデー（24、24A、24B、24C、24D）と、噴孔を開閉する弁体（30）と、を備え、
ポデーは、
噴孔が形成された金属製の基材（241）と、
基材のうち少なくとも噴孔を形成する部分の表面を覆い、基材に比べて腐食しにくい材質の耐食層（242）と、
基材と耐食層の間に位置し、耐食層に比べて腐食しやすい材質の犠牲腐食層（245）と、
を有する燃料噴射弁とされる。

30

【0009】

ここで、厳密には、耐食層に欠陥が存在し、その欠陥は膜厚方向に貫通している場合がある。そのため、上記態様に反して犠牲腐食層を廃止し、基材の表面に耐食層を直接設けると、耐食層の表面に付着した凝縮水が上記欠陥を通じて基材に到達し、基材を腐食させる懸念が生じる。上記欠陥は極めて小さいので、基材に到達する凝縮水は僅かな量ではあるものの、先述したようにEGR量を増大させることに伴い腐食対策の要求が高まってきている近年においては、このような僅かな量の凝縮水であっても無視できなくなっている。

【0010】

この知見に基づき、上記態様に係る燃料噴射弁では、耐食層に比べて腐食しやすい材質の犠牲腐食層が、基材と耐食層の間に位置する。そのため、耐食層の表面に付着した凝縮水が耐食層を通過したとしても、その通過した凝縮水は犠牲腐食層で酸化反応して化学変化を生じるので、凝縮水が基材に到達することを抑制できる。よって、基材が凝縮水により酸化（腐食）することを抑制できる。

40

【0011】

尚、上記括弧内の参照番号は、後述する実施形態における具体的な構成との対応関係の一例を示すものにすぎず、技術的範囲を何ら制限するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態に係る燃料噴射弁の断面図である。

50

【図 2】図 1 に記載の弁ボデーの断面図である。

【図 3】図 2 の拡大図である。

【図 4】図 3 の一点鎖線に示す部分の拡大図である。

【図 5】第 1 実施形態に対する比較例としての弁ボデーの断面図である。

【図 6】第 2 実施形態に係る弁ボデーの断面図である。

【図 7】第 3 実施形態に係る弁ボデーの断面図である。

【図 8】第 4 実施形態に係る弁ボデーの断面図である。

【図 9】第 5 実施形態に係る弁ボデーの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

10

以下、本開示の複数の実施形態を図面に基づいて説明する。尚、各実施形態において対応する構成要素には同一の符号を付すことにより、重複する説明を省略する場合がある。各実施形態において構成の一部分のみを説明している場合、当該構成の他の部分については、先行して説明した他の実施形態の構成を適用することができる。

【0014】

（第 1 実施形態）

本開示の第 1 実施形態による燃料噴射弁は、内燃機関の燃焼に用いられる燃料を噴孔から噴射するものである。内燃機関は、圧縮自着火式のディーゼルエンジンであり、走行駆動源として車両に搭載されている。図示しない燃料タンクに貯留された燃料（例えば軽油）は、高圧燃料ポンプによりコモンレールへ圧送された後、コモンレールから各々の燃料

20

【0015】

図 1 に示すように、燃料噴射弁 10 は、ボデー 20、弁ニードル 30、駆動部 40、制御弁体 50、制御プレート 60 およびシリンダ 61 等を備える。

【0016】

ボデー 20 は、駆動部ボデー 21、バルブプレート 22、オリフィスプレート 23 および弁ボデー 24 等の複数の金属部材を有し、これらの金属部材はリテーニングナット 25 により一体的に組み合わされている。具体的には、弁ボデー 24 の係止部 24k にリテーニングナット 25 を係止させた状態で、駆動部ボデー 21 のネジ部 21a にリテーニングナット 25 を締結させる。これにより、弁ボデー 24 と駆動部ボデー 21 とは、互いに軸

30

【0017】

弁ニードル 30、制御プレート 60 およびシリンダ 61 は弁ボデー 24 に收容され、駆動部 40 は駆動部ボデー 21 に收容され、制御弁体 50 はバルブプレート 22 に收容されている。さらに、駆動部ボデー 21、バルブプレート 22、オリフィスプレート 23 および弁ボデー 24 には、コモンレールから分配供給される高圧燃料を流通させる高圧通路 H1、H2、H3、H4、H5 が形成されている。

【0018】

40

弁ボデー 24 内に形成されている高圧通路 H4 は、弁ニードル 30 の外周面と弁ボデー 24 の内壁面 24in（図 2 参照）との間に形成された環状の形状である。弁ボデー 24 内に形成されている高圧通路 H5（図 3 参照）は、弁ニードル 30 の先端面と弁ボデー 24 の内壁面 24in との間に形成されている。この高圧通路 H5 は、高圧通路 H4 の下流側に連通し、高圧通路 H4 にて環状に分布していた高圧燃料を集合させるサック室とも呼ばれる。弁ボデー 24 には、燃料を噴射する複数の噴孔 24h が形成されている。高圧通路 H5（サック室）は、噴孔 24h の上流側に連通し、複数の噴孔 24h へ高圧燃料を分配する。なお、弁ボデー 24 は、噴孔 24h が形成された「ボデー」に相当し、弁ニードル 30 は、噴孔 24h を開閉する「弁体」に相当する。

【0019】

50

弁ボデー 24 の内壁面 24 i n のうち、高圧通路 H 4 を形成する部分であって、高圧通路 H 5 の直上に位置する部分は、弁ニードル 30 が離着座するシート面 24 s として機能する。弁ニードル 30 がリフトアップ（開弁作動）してシート面 24 s から離座した状態では、高圧通路 H 4 が開放されて噴孔 24 h から高圧燃料が噴射される。弁ニードル 30 がリフトダウン（閉弁作動）してシート面 24 s に着座した状態では、高圧通路 H 4 が閉塞されて噴孔 24 h からの燃料噴射が停止される。

【0020】

シリンダ 61 は、弾性部材 S P 1 とオリフィスプレート 23 との間に挟持された状態で弁ボデー 24 に収容され、制御プレート 60 はシリンダ 61 に対して摺動可能な状態で配置されている。弁ニードル 30 の反噴孔側には、燃料が充填される制御室 61 a が設けられている。制御室 61 a は、シリンダ 61 の内周面、制御プレート 60 の噴孔側の面、および弁ニードル 30 の反噴孔側の面で囲まれている。

【0021】

バルブプレート 22 には、制御弁体 50 を収容する収容室 22 a、および収容室 22 a と連通する低圧通路 L 1 が形成されている。オリフィスプレート 23 には、高圧通路 H 4 と収容室 22 a とを連通させる高圧通路 H 6、収容室 22 a と制御室 61 a とを連通させる高圧通路 H 7、および高圧通路 H 2 と制御室 61 a とを連通させる高圧通路 H 8 が形成されている。制御弁体 50 は、収容室 22 a と低圧通路 L 1 との連通を開閉するとともに、高圧通路 H 6 と収容室 22 a との連通を開閉する。また、制御プレート 60 は、高圧通路 H 8 と制御室 61 a との連通を開閉する。

【0022】

駆動部 40 は電動アクチュエータであり、ピエゾスタック 41 およびロッド 42 等を有する。ピエゾスタック 41 は、複数のピエゾ素子を積層したものであり、通電オンさせると伸長し、通電オフさせると縮小する。ロッド 42 は、ピエゾスタック 41 の伸長力を制御弁体 50 へ伝達して制御弁体 50 を押し下げる。

【0023】

次に、燃料噴射弁 10 の作動について説明する。

【0024】

ピエゾスタック 41 への通電をオンさせると、制御弁体 50 が駆動部 40 により押し下げられる。その結果、収容室 22 a と低圧通路 L 1 とが連通し、かつ、高圧通路 H 6 と収容室 22 a との連通が遮断される。そうすると、制御室 61 a の燃料が、高圧通路 H 7、収容室 22 a および低圧通路 L 1 の順に流出し、制御室 61 a の燃料圧力（背圧）が低下する。その結果、弾性部材 S P 1 から付与される閉弁力に抗して弁ニードル 30 が開弁作動して、噴孔 24 h から燃料が噴射される。

【0025】

ピエゾスタック 41 への通電をオフさせると、制御弁体 50 が弾性部材 S P 2 により押し上げられる。その結果、収容室 22 a と低圧通路 L 1 との連通が遮断され、かつ、高圧通路 H 6 と収容室 22 a とが連通する。そうすると、高圧通路 H 6 から収容室 22 a および高圧通路 H 7 を通じて制御室 61 a へ高圧燃料が流入し、制御室 61 a の燃料圧力（背圧）が上昇する。その結果、弁ニードル 30 が閉弁作動して、噴孔 24 h から燃料が噴射される。なお、高圧通路 H 7 から制御室 61 a への燃料流入を開始した直後に、制御プレート 60 が開作動して高圧通路 H 8 と制御室 61 a とが連通する。これにより、両方の高圧通路 H 7、H 8 から高圧燃料が制御室 61 a へ流入するので、通電オン後の背圧上昇が促進され、弁ニードル 30 の閉弁応答性向上が図られる。

【0026】

さて、弁ボデー 24 のうち噴孔 24 h が形成されている部分は、内燃機関の燃焼室に露出しており、燃焼前の混合気や燃焼後の排気に晒されている。そして、内燃機関の停止後において、燃焼室に残存する排気が温度低下すると、排気に含まれている水成分が凝縮して弁ボデー 24 に付着することがある。排気には窒素や硫黄が含まれていることに起因して、弁ボデー 24 に付着する凝縮水にも窒素や硫黄が含まれている。そのため、弁ボデー

24は、窒素や硫黄が溶け込んだ水に対する耐腐食性、つまり酸性の水との酸化反応が生じにくい性質が要求される。特に近年、EGR量を増大させる傾向にあることは先述した通りであり、高い耐腐食性が要求されている。

【0027】

以下、上述した耐腐食性を発揮させる弁ボデー24の構造について、図4を用いて説明する。

【0028】

図4に示すように、弁ボデー24は、基材241、耐食層242および犠牲腐食層245を有する。基材241は、鉄を主成分とする鉄系金属であり、円柱形状の母材を加工することで図2に示す形状に形成されている。基材241の表面全体、つまり内壁面24i
nと外壁面24out（図2参照）の全体には、犠牲腐食層245および耐食層242が積層して設けられている。

10

【0029】

耐食層242は、基材に比べて腐食しにくい材質、例えば酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）、酸化ニオブ（ Nb_2O_5 ）および酸化チタン（ TiO_2 ）等により形成されている。耐食層242の材質は、原子配列が非周期となっている非晶質（アモルファス）であることが望ましいが、周期的な原子配列となっている結晶質であってもよい。

【0030】

犠牲腐食層245は、基材241と耐食層242の間に位置し、耐食層242に比べて腐食しやすい金属酸化物等の材質である。例えば、犠牲腐食層245の材質は、耐食層242に含まれる複数種類の金属酸化物と同じ成分を含み、それらの成分の配合を異ならせることで、耐食層242に比べて腐食しやすい材質となっている。或いは、犠牲腐食層245の材質は、基材241の主成分（例えば鉄）と同一の成分を主成分とする。

20

【0031】

いずれにしても、犠牲腐食層245の材質は、水素イオン指数（PH）が4以下で溶出する材質であることが望ましい。つまり、犠牲腐食層245に辿り着いた凝縮水のPHが4以下であれば、その凝縮水により犠牲腐食層245は酸化して溶出する。より望ましくは、犠牲腐食層245の材質は、水素イオン指数が2以下で溶出する材質である。

【0032】

耐食層242の膜厚は、犠牲腐食層245の膜厚と同一に形成されている。また、これらの膜厚は0.5μm未満であることが望ましい。耐食層242と基材241とでは線膨張係数が異なり、犠牲腐食層245の線膨張係数は、耐食層242と基材241との中間の値である。また、耐食層242と基材241とではヤング率が異なり、犠牲腐食層245のヤング率は、耐食層242と基材241との中間の値である。

30

【0033】

耐食層242および犠牲腐食層245は、気相での化学反応により基材241の表面に膜を堆積する手法、つまり化学気相成長法により形成される。特に、化学気相成長法的一种である原子層堆積法（ALD）で耐食層242および犠牲腐食層245を形成することが望ましい。具体的には、先ず、加熱された状態の基材241をチャンバー内に配置する。その後、犠牲腐食層245の前駆体となるガス状材料をチャンバー内に投入して、基材241の表面に犠牲腐食層245を成膜する。その後、耐食層242の前駆体となるガス状材料をチャンバー内に投入して、犠牲腐食層245の表面に耐食層242を成膜する。

40

【0034】

このように、基材241の表面に犠牲腐食層245および耐食層242を化学気相成長法で積層するので、基材241の表面には犠牲腐食層245が接触し、犠牲腐食層245の表面には耐食層242が接触する。そして、耐食層242の表面は噴孔24hに露出し、噴孔24hの内壁面24hsとして機能する。

【0035】

以上により、本実施形態によれば、弁ボデー24は、基材241、耐食層242および犠牲腐食層245を有する。基材241は、噴孔24hが形成された金属製である。耐食

50

層 2 4 2 は、基材 2 4 1 のうち少なくとも噴孔 2 4 h を形成する部分の表面を覆い、基材 2 4 1 に比べて腐食しにくい材質である。犠牲腐食層 2 4 5 は、耐食層 2 4 2 に比べて腐食しやすい材質である。

【0036】

ここで、図 4 に示すように、厳密には、耐食層 2 4 2 に存在する欠陥が、積層方向に貫通する貫通孔 2 4 2 a を形成する。例えば A L D において、犠牲腐食層 2 4 5 の表面のうち、耐食層 2 4 2 の前駆体となるガス状材料が付着しなかった部分が、上記欠陥として形成されてしまう。犠牲腐食層 2 4 5 にも、耐食層 2 4 2 と同様にして欠陥により形成される貫通孔 2 4 5 a が存在する。特に、化学気相成長法により同一工程で成膜された 1 つの膜内では、欠陥が膜を貫通する形状（貫通孔）になりやすい。但し、耐食層 2 4 2 および犠牲腐食層 2 4 5 の各々は別工程で成膜されているため、耐食層 2 4 2 の貫通孔 2 4 2 a と犠牲腐食層 2 4 5 の貫通孔 2 4 5 a とが連通する可能性は低い。

10

【0037】

例えば、図 5 に示す比較例としての弁ポデー 2 4 X の如く、本実施形態に反して犠牲腐食層 2 4 5 を備えていない場合、以下のように基材 2 4 1 が腐食することが懸念される。すなわち、内壁面 2 4 h s に付着した凝縮水は、耐食層 2 4 2 の貫通孔 2 4 2 a を通じて耐食層 2 4 2 を膜厚方向に通過して基材 2 4 1 に到達し、その到達した凝縮水により基材 2 4 1 が酸化（腐食）して強度不足に陥る。

【0038】

これに対し、本実施形態では犠牲腐食層 2 4 5 を備えるので、内壁面 2 4 h s に付着した凝縮水が、耐食層 2 4 2 の貫通孔 2 4 2 a を通過したとしても、その通過した凝縮水は犠牲腐食層 2 4 5 で酸化反応して化学変化を生じる。そのため、凝縮水が犠牲腐食層 2 4 5 の貫通孔 2 4 5 a を通じて基材 2 4 1 に到達することを抑制できる。よって、基材 2 4 1 が凝縮水により酸化することを抑制でき、基材 2 4 1 が腐食することを抑制できる。要するに、犠牲腐食層 2 4 5 が基材 2 4 1 よりも優先して腐食することで、耐食層 2 4 2 を通過して基材 2 4 1 に到達する凝縮水を犠牲腐食層 2 4 5 で減少させる。これにより、基材 2 4 1 の腐食を抑制できる。

20

【0039】

仮に、基材 2 4 1 が凝縮水で腐食する場合には、基材 2 4 1 のうち耐食層 2 4 2 の側の面が腐食により大きく凹むことになる。すると、その凹んだ部分に積層されている犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 は、基材 2 4 1 から浮き上がって剥がれ落ちやすくなる。このように各層が基材 2 4 1 から剥がれ落ちると、噴孔 2 4 h の内壁面 2 4 h s 形状が変化して、噴孔 2 4 h から噴射される燃料の噴霧形状や噴射量が変化するという、噴射特性の変化が生じてしまう。この問題に対し、本実施形態によれば、上述の如く犠牲腐食層 2 4 5 を備えることで基材 2 4 1 の腐食を抑制できるので、各層が剥がれ落ちることによる噴射特性の変化を抑制できる。なお、犠牲腐食層 2 4 5 の膜厚は基材 2 4 1 の厚さ寸法に比べて極めて薄い。そのため、腐食した犠牲腐食層 2 4 5 は、腐食した基材 2 4 1 のように大きく凹むことがないので、その凹んだ部分に積層されている耐食層 2 4 2 が剥がれ落ちる可能性は低い。

30

【0040】

さらに本実施形態では、犠牲腐食層 2 4 5 は、水素イオン指数が 4 以下で溶出する材質である。そのため、凝縮水が犠牲腐食層 2 4 5 で酸化反応しやすくなるので、凝縮水が犠牲腐食層 2 4 5 で酸化反応せずに基材 2 4 1 へ到達するおそれを抑制できる。

40

【0041】

（第 2 実施形態）

図 6 に示すように、本実施形態に係る弁ポデー 2 4 A は、犠牲腐食層 2 4 5 と耐食層 2 4 2 との間に位置する中間層 2 4 4 を有する。中間層 2 4 4 は複数の膜を積層して設けられている。図 6 では、これら各々の膜を中間層 2 4 4 a、2 4 4 b、2 4 4 c と表記している。

【0042】

50

各々の中間層 2 4 4 a、2 4 4 b、2 4 4 c は、気相での化学反応により犠牲腐食層 2 4 5 の表面に膜を堆積する手法、つまり化学気相成長法により形成される。特に、化学気相成長法的一种である原子層堆積法 (A L D) で中間層 2 4 4 a、2 4 4 b、2 4 4 c を形成することが望ましい。

【0 0 4 3】

中間層 2 4 4 の線膨張係数は、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の一方よりも低く、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の他方よりも高い。例えば、耐食層 2 4 2 の線膨張係数が犠牲腐食層 2 4 5 の線膨張係数よりも高い場合には、中間層 2 4 4 の線膨張係数は、耐食層 2 4 2 (一方) よりも低く犠牲腐食層 2 4 5 (他方) よりも高い値に設定される。さらに、複数の中間層 2 4 4 a、2 4 4 b、2 4 4 c の線膨張係数は、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の一方に近づくほど徐々に高くなり、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の他方に近づくほど徐々に低くなるように設定されている。

10

【0 0 4 4】

中間層 2 4 4 のヤング率は、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の一方よりも低く、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の他方よりも高い。例えば、耐食層 2 4 2 のヤング率が犠牲腐食層 2 4 5 のヤング率よりも高い場合には、中間層 2 4 4 のヤング率は、耐食層 2 4 2 (一方) よりも低く犠牲腐食層 2 4 5 (他方) よりも高い値に設定される。さらに、複数の中間層 2 4 4 a、2 4 4 b、2 4 4 c のヤング率は、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の一方に近づくほど徐々に高くなり、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の他方に近づくほど徐々に低くなるように設定されている。

20

【0 0 4 5】

中間層 2 4 4 を形成する金属成分には、犠牲腐食層 2 4 5 を形成する金属成分および耐食層 2 4 2 を形成する金属成分の両方が含まれている。具体的には、先ず、第 1 実施形態と同様にして、犠牲腐食層 2 4 5 の前駆体となるガス状材料 (第 1 前駆体) を、基材 2 4 1 が配置されたチャンバー内に投入して、基材 2 4 1 の表面に犠牲腐食層 2 4 5 を成膜する。その後、耐食層 2 4 2 の前駆体となるガス状材料 (第 2 前駆体) および第 1 前駆体の両方を、チャンバー内に投入して、犠牲腐食層 2 4 5 の表面に 1 層目の中間層 2 4 4 a を成膜する。

【0 0 4 6】

次に、第 1 前駆体および第 2 前駆体をチャンバー内に投入して、1 層目の中間層 2 4 4 a の表面に 2 層目の中間層 2 4 4 b を成膜する。さらにその後、第 1 前駆体および第 2 前駆体をチャンバー内に投入して、2 層目の中間層 2 4 4 b の表面に 3 層目の中間層 2 4 4 c を成膜する。各々の中間層 2 4 4 a、2 4 4 b、2 4 4 c の成膜工程において、第 1 前駆体および第 2 前駆体の投入割合を異ならせることで、線膨張係数およびヤング率を上述の如く設定する。なお、複数の中間層 2 4 4 a、2 4 4 b、2 4 4 c の膜厚は、全て同一に形成されている。次に、第 2 前駆体をチャンバー内に投入して、中間層 2 4 4 c の表面に耐食層 2 4 2 を成膜する。

30

【0 0 4 7】

中間層 2 4 4 の材質は、上述の如く犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の前駆体を混合させたものであるため、中間層 2 4 4 の耐食性は、耐食層 2 4 2 より低く犠牲腐食層 2 4 5 より高い。複数の中間層 2 4 4 a、2 4 4 b、2 4 4 c の耐食性は拡散抑止層 2 4 3 に近づくほど徐々に低くなる。

40

【0 0 4 8】

ここで、本実施形態に反して中間層 2 4 4 を有しない場合、弁ボデー 2 4 A が熱膨張または熱収縮すると、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の線膨張係数の違いに起因して、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 境界で剥離やクラック等の損傷が懸念される。これに対し、本実施形態に係る弁ボデー 2 4 A は、犠牲腐食層 2 4 5 と耐食層 2 4 2 との間に位置する中間層 2 4 4 を有する。そして、中間層 2 4 4 の線膨張係数は、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 の一方よりも低く他方よりも高い。そのため、隣接する各層間での線膨張係数の違いを小さくできるので、上記損傷の懸念を抑制できる。

50

【0049】

さらに、中間層244a、244b、244cの線膨張係数は、犠牲腐食層245および耐食層242の一方に近づくほど徐々に高くなり他方に近づくほど徐々に低くなる。そのため、中間層244の全体を同一の線膨張係数にした場合に比べて、中間層244aと犠牲腐食層245との線膨張係数の違いを小さくでき、同様に、中間層244cと耐食層242との線膨張係数の違いを小さくできる。よって、上記損傷の懸念抑制を促進できる。

【0050】

また、本実施形態に反して中間層244を有しない場合、弁ポデー24Aが外力を受けて変形すると、犠牲腐食層245および耐食層242のヤング率の違いに起因して、犠牲腐食層245および耐食層242境界で剥離やクラック等の損傷が懸念される。これに対し本実施形態では、中間層244のヤング率は、犠牲腐食層245および耐食層242の一方よりも低く他方よりも高い。そのため、隣接する各層間でのヤング率の違いを小さくできるので、上記損傷の懸念を抑制できる。

【0051】

さらに、中間層244a、244b、244cのヤング率は、犠牲腐食層245および耐食層242の一方に近づくほど徐々に高くなり他方に近づくほど徐々に低くなる。そのため、中間層244の全体を同一のヤング率にした場合に比べて、中間層244aと犠牲腐食層245とのヤング率の違いを小さくでき、同様に、中間層244cと耐食層242とのヤング率の違いを小さくできる。よって、上記損傷の懸念抑制を促進できる。

【0052】

さらに本実施形態では、中間層244を形成する金属成分には、犠牲腐食層245を形成する金属成分および耐食層242を形成する金属成分の両方が含まれている。そのため、中間層の線膨張係数またはヤング率を犠牲腐食層245および耐食層242の一方よりも低くし、他方よりも高くすることを、容易に実現できる。

【0053】

(第3実施形態)

上記第1実施形態に係る弁ポデー24は、図4に示すように、犠牲腐食層245および耐食層242が基材241に設けられた構造である。これに対し、本実施形態に係る弁ポデー24Bは、図7に示すように、犠牲腐食層245および耐食層242に加えて拡散抑止層243が基材241に設けられた構造である。以下、拡散抑止層243について詳細に説明する。

【0054】

拡散抑止層243は、基材241と犠牲腐食層245の間に位置し、基材241の金属成分(例えば鉄)の拡散が耐食層242および犠牲腐食層245に比べて生じにくい材質、例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)等により形成されている。「拡散」は、気体や液体内で物質が拡がる現象として知られているが、固体内でも原子、イオン、欠陥が移動して拡散し得る。そして、拡散抑止層243は、基材241の金属原子が拡散抑止層243に入り込んで拡散することが生じにくい材質で形成されている。拡散抑止層243の材質は、原子配列が非周期となっている非晶質(アモルファス)であることが望ましいが、周期的な原子配列となっている結晶質であってもよい。

【0055】

拡散抑止層243は、犠牲腐食層245と耐食層242の間に形成される。例えば、拡散抑止層243は、耐食層242および犠牲腐食層245とともに、化学気相成長法(例えばALD)により基材241に形成される。具体的には、まず、加熱された状態の基材241をチャンバー内に配置する。その後、拡散抑止層243の前駆体となるガス状材料をチャンバー内に投入して、基材241の表面に拡散抑止層243を成膜する。その後、犠牲腐食層245の前駆体となるガス状材料をチャンバー内に投入して、拡散抑止層243の表面に犠牲腐食層245を成膜する。その後、耐食層242の前駆体となるガス状材料をチャンバー内に投入して、犠牲腐食層245の表面に耐食層242を成膜する。なお

、犠牲腐食層 2 4 5 の膜厚は、耐食層 2 4 2 の膜厚または拡散抑止層 2 4 3 の膜厚と同一に形成されている。

【0056】

以上により、本実施形態に係る弁ボデー 2 4 B は、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 に加えて拡散抑止層 2 4 3 を有する。拡散抑止層 2 4 3 は、基材 2 4 1 と犠牲腐食層 2 4 5 との間に位置し、基材 2 4 1 の金属成分の拡散が犠牲腐食層 2 4 5 に比べて生じにくい材質である。そのため、基材 2 4 1 の金属成分が犠牲腐食層 2 4 5 へ直接拡散することは無くなり、拡散抑止層 2 4 3 により犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 への拡散が抑止される。

【0057】

特に本実施形態では、拡散抑止層 2 4 3 は基材 2 4 1 に接触しているので、基材 2 4 1 から拡散する金属成分は、拡散抑止層 2 4 3 により直ぐに抑止される。そのため、基材 2 4 1 の金属成分が耐食層 2 4 2 へ拡散することの抑止効果を向上できる。

【0058】

(第 4 実施形態)

上記第 3 実施形態に係る弁ボデー 2 4 B は、耐食層 2 4 2 および犠牲腐食層 2 4 5 を 1 層ずつ備える。これに対し、図 8 に示す本実施形態の弁ボデー 2 4 C は、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 を複数有し、複数の耐食層 2 4 2 および複数の犠牲腐食層 2 4 5 は交互に積層配置されている。

【0059】

複数の耐食層 2 4 2 および複数の犠牲腐食層 2 4 5 の各層は、線膨張係数およびヤング率を異にする。図 8 の例では、耐食層 2 4 2 が 2 層、犠牲腐食層 2 4 5 が 2 層であり、上記各層の合計は 4 層である。そして、各層の線膨張係数およびヤング率は、基材 2 4 1 に近づくにつれて徐々に変化する。例えば、上記 4 層のうち、基材 2 4 1 に近い層ほど線膨張係数およびヤング率が大きい値に設定されている。或いは、上記 4 層のうち、基材 2 4 1 に近い層ほど線膨張係数およびヤング率が小さい値に設定されている。

【0060】

以上により、本実施形態によれば、ボデー 2 4 B は、犠牲腐食層 2 4 5 および耐食層 2 4 2 を複数有し、複数の耐食層 2 4 2 および複数の犠牲腐食層 2 4 5 は交互に積層配置されている。そのため、拡散抑止層 2 4 3 および基材 2 4 1 へ凝縮水が到達するおそれを、より一層抑制できる。また、各層に形成される貫通孔 2 4 2 a、2 4 5 a が互いに直接連通する可能性は低いので、耐食層 2 4 2 および犠牲腐食層 2 4 5 を 1 層ずつ備える場合であって各層の膜厚を厚くした場合に比べて、凝縮水到達のおそれを抑制できる。

【0061】

ここで、本実施形態に反して、複数の耐食層 2 4 2 および複数の犠牲腐食層 2 4 5 の各層が、線膨張係数を異にしていない場合、以下の懸念が生じる。すなわち、弁ボデー 2 4 B が熱膨張または熱収縮すると、上記各層の線膨張係数の違いに起因して、各層の境界で剥離やクラック等の損傷が懸念される。この懸念に対し本実施形態では、複数の耐食層 2 4 2 および複数の犠牲腐食層 2 4 5 の各層は、線膨張係数を異にする。そして、上記各層の線膨張係数は、基材 2 4 1 に近づくにつれて徐々に変化する。そのため、隣接する各層間での線膨張係数の違いを小さくできるので、上記損傷の懸念を抑制できる。

【0062】

また、本実施形態に反して、上記各層がヤング率を異にしていない場合、弁ボデーが外力を受けて変形すると、上記各層のヤング率の違いに起因して各層の境界で剥離やクラック等の損傷が懸念される。この懸念に対し本実施形態では、複数の耐食層 2 4 2 および複数の犠牲腐食層 2 4 5 の各層は、ヤング率を異にする。そして、上記各層のヤング率は、基材 2 4 1 に近づくにつれて徐々に変化する。そのため、隣接する各層間でのヤング率の違いを小さくできるので、上記損傷の懸念を抑制できる。

【0063】

(第 5 実施形態)

上記第4実施形態に係る弁ボデー24Cでは、耐食層242、拡散抑止層243および犠牲腐食層245の各層の膜厚が同一である。これに対し、図9に示す本実施形態の弁ボデー24Dは、耐食層242および拡散抑止層243に比べて犠牲腐食層245の膜厚を大きく設定している。

【0064】

そのため、本実施形態によれば、拡散抑止層243および基材241へ凝縮水が到達するおそれを、より一層抑制できる。なお、本実施形態の変形例として、耐食層242および拡散抑止層243に比べて犠牲腐食層245の膜厚を小さく設定してもよい。また、複数の犠牲腐食層245の膜厚を同一にしてもよいし、異ならせてもよい。

【0065】

(他の実施形態)

以上、本開示の複数の実施形態について説明したが、各実施形態の説明において明示している構成の組み合わせばかりではなく、特に組み合わせに支障が生じなければ、明示していなくても複数の実施形態の構成同士を部分的に組み合わせることができる。そして、複数の実施形態及び変形例に記述された構成同士の明示されていない組み合わせも、以下の説明によって開示されているものとする。

【0066】

上記各実施形態では、犠牲腐食層245は、耐食層242に比べて腐食しやすい材質であるが、なおかつ、基材241に比べて腐食しやすい材質であってもよい。或いは、犠牲腐食層245は、耐食層242より腐食しやすく、かつ、基材241より腐食しにくい材質であってもよい。

【0067】

上記第3実施形態では、拡散抑止層243は、犠牲腐食層245に対して耐食層242の反対側に設けられているが、犠牲腐食層245に対して耐食層242の側に設けられていてもよい。また、上記第3実施形態では、拡散抑止層243は、基材241の金属成分の拡散が犠牲腐食層245に比べて生じにくい材質であるが、上記拡散が耐食層242に比べて生じにくい材質であってもよい。

【0068】

上記各実施形態では、基材241の材質の具体例として鉄系金属を挙げているが、さらなる具体例として、肌素焼き鋼、ステンレス、工具鋼、アルミニウム等が挙げられる。また、基材241には、焼入れ、浸炭、窒化などの熱処理が施されていてもよいし、このような熱処理が施されていなくてもよい。また、基材241は金属酸化物であってもよい。

【0069】

上記第1実施形態では、耐食層242の膜厚は、犠牲腐食層245の膜厚と同一に形成されているが、犠牲腐食層245の膜厚より小さくてもよいし、大きくてもよい。また、上記第3実施形態の如く弁ボデー24Bが拡散抑止層243を有する場合において、耐食層242の膜厚は、拡散抑止層243の膜厚と同一でもよいし、拡散抑止層243の膜厚より小さくてもよいし、大きくてもよい。

【0070】

上記各実施形態では、拡散抑止層243は犠牲腐食層245または耐食層242よりも拡散しやすい材質である。換言すれば、基材241の金属成分の拡散しやすいさの指標を拡散係数とし、拡散係数の値が大きいほど拡散しやすいとした場合に、拡散抑止層243の拡散係数は犠牲腐食層245または耐食層242の拡散係数より小さい。そして、このような拡散係数の関係は、少なくとも500℃以下の環境で成立していればよい。また、上述した拡散係数の関係は、基材241が鉄系金属である場合に成立していればよい。

【0071】

上記各実施形態では、耐食層242、犠牲腐食層245および拡散抑止層243はALD製法により成膜されている。これに対し、ALD以外の化学気相成長法により成膜されていてもよい。また、化学気相成長法以外の製法、例えばめっきにより成膜されていてもよい。

10

20

30

40

50

【0072】

上記各実施形態では、基材241の表面全体、つまり内壁面24inと外壁面24out（図2参照）の全体に、犠牲腐食層245および耐食層242が設けられている。これに対し、弁ボデー24のうちリテーニングナット25で覆われている部分に設けることを廃止してもよい。なお、弁ボデー24のうち少なくとも噴孔24hが形成されている部分については、犠牲腐食層245および耐食層242が設けられている。

【0073】

上記各実施形態では、排ガスの一部を吸気へ還流させる機能を有する内燃機関に搭載される燃料噴射弁10を対象として、耐食層242および犠牲腐食層245が設けられている。これに対し、上記還流の機能を有していない内燃機関に搭載される燃料噴射弁を対象として、耐食層242および犠牲腐食層245が設けられていてもよい。

10

【0074】

上記第4実施形態では、複数の耐食層242および複数の犠牲腐食層245の各層は、線膨張係数およびヤング率の両方を異にする。これに対し、線膨張係数およびヤング率の一方を異にしつつ他方については同一にしてもよいし、線膨張係数およびヤング率の両方を同一にしてもよい。

【0075】

上記第2実施形態に係る弁ボデー24Aは複数の中間層244を有しているが、中間層244は1つであってもよい。また、上記第2実施形態では、複数の中間層244の線膨張係数またはヤング率が徐々に変化しているが、複数の中間層244の線膨張係数またはヤング率が同一であってもよい。

20

【0076】

上記各実施形態では、拡散抑止層243が基材241に接触した状態で設けられている。これに対し、拡散抑止層243と基材241との間に別の層が設けられ、拡散抑止層243が基材241に非接触の状態であってもよい。

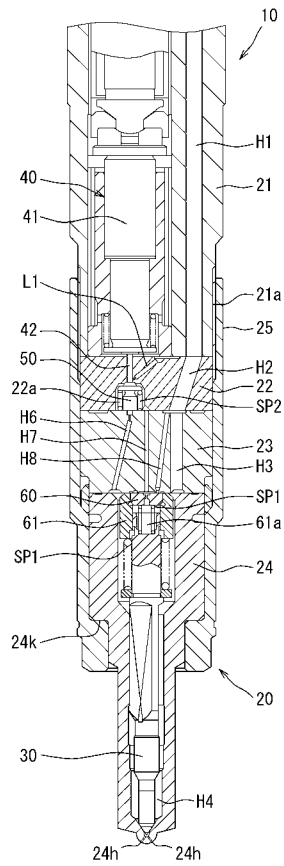
【符号の説明】

【0077】

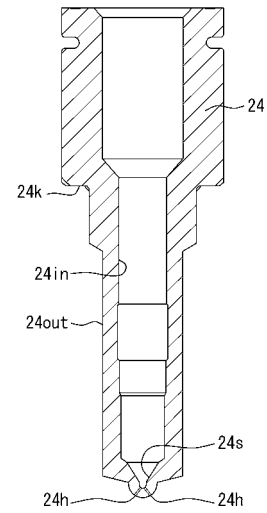
10 燃料噴射弁、 24 弁ボデー（ボデー）、 241 基材、 242 耐食層、 243 拡散抑止層、 244 中間層、 245 犠牲腐食層、 24A、24B、24C、24D 弁ボデー（ボデー）、 24h 噴孔、 30 弁ニードル（弁体）。

30

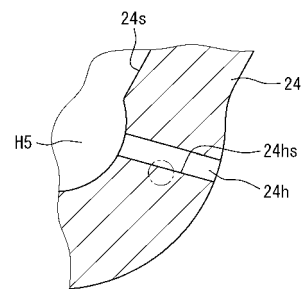
【図 1】



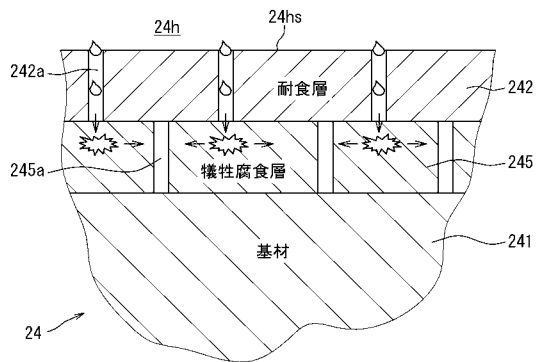
【図 2】



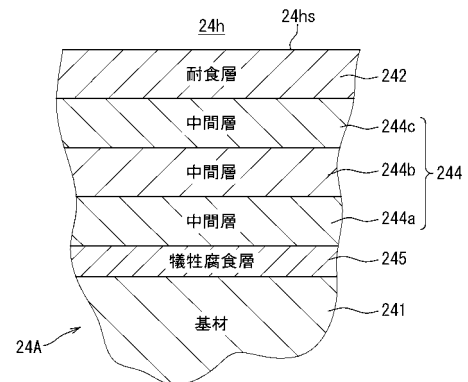
【図 3】



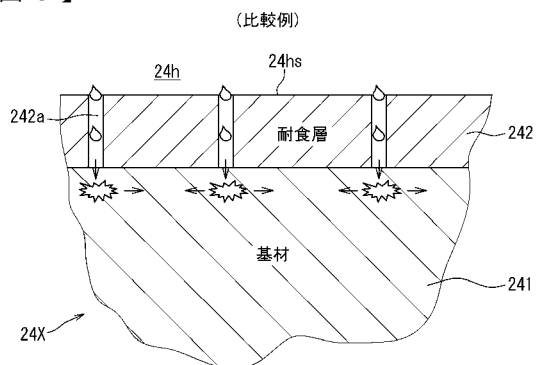
【図 4】



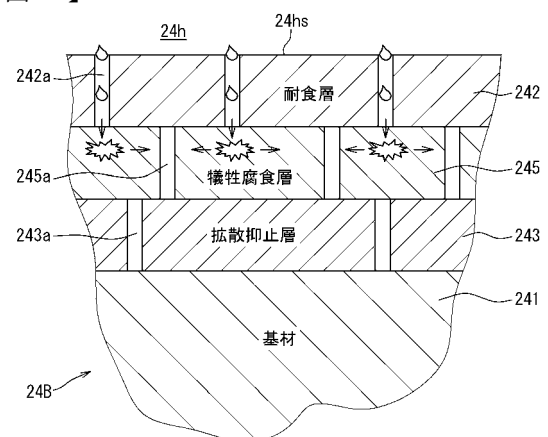
【図 6】



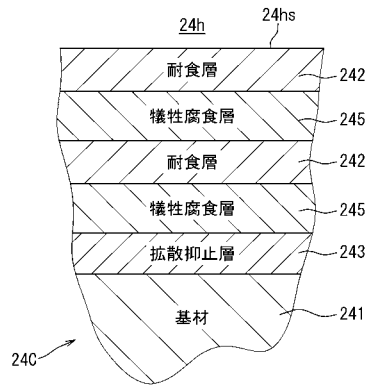
【図 5】



【図 7】



【 図 8 】



【 図 9 】

