

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6288014号
(P6288014)

(45) 発行日 平成30年3月7日 (2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日 (2018.2.16)

(51) Int.Cl.

F 1

FO2F 1/42 (2006.01)

FO2B 31/00 (2006.01)

FO2F 1/42 F

FO2B 31/00 500Z

請求項の数 2 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-176934 (P2015-176934)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成27年9月8日 (2015.9.8)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2017-53259 (P2017-53259A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成29年3月16日 (2017.3.16)	(74) 代理人	100105957
審査請求日	平成29年2月23日 (2017.2.23)		弁理士 恩田 誠
		(74) 代理人	100068755
			弁理士 恩田 博宣
		(72) 発明者	山本 康博
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社 内
		(72) 発明者	永崎 岳人
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリンダヘッドに設けられている吸気ポートから燃焼室内に吸入空気を流入させることにより、同燃焼室内にタンブル流を発生させる内燃機関であって、

前記吸気ポートは、前記燃焼室に接続されるとともに、同燃焼室に近づくにつれて通路断面積が広がる接続部分と、同接続部分の上流端に接続されている上流部分とを有し、前記接続部分の下流端には、吸気バルブの傘部が当接するバルブシートが設けられており、

前記吸気ポートの周面において機関出力軸の延伸する方向における両側の部位のうち、少なくとも一方の部位には、前記吸気ポートの延びる方向に延伸するとともに、前記接続部分と前記上流部分とに跨る凹部が設けられている

ことを特徴とする内燃機関。

【請求項2】

前記シリンダヘッドは、シリンダブロックに取り付けられており、

前記シリンダヘッドにおいて前記シリンダブロックに取り付けられる面を取付面とし、排気バルブの傘部において前記燃焼室に臨む面を排気バルブ底面とし、前記吸気バルブの傘部において前記吸気ポートに臨む面をポート側傘面とし、

前記取付面を基準とした前記凹部の延伸する方向の角度を凹部角度（ ε ）とし、前記ポート側傘面において前記排気バルブに最も近い部分の、前記取付面を基準とする傾斜角度を吸気側傾斜角度（ β ）とし、前記排気バルブ底面の前記取付面を基準とする傾斜角度を

排気底面角度 (θ) とした場合、

前記凹部角度 (ε) と前記吸気側傾斜角度 (β) との和を「2」で除した値 (ρ) が、「0 (零)」よりも大きく、且つ前記排気底面角度 (θ) 以下である

請求項1に記載の内燃機関。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、吸気ポートから燃焼室内に吸入空気を流入させることにより、同燃焼室内にタンブル流を発生させる内燃機関に関する。

【背景技術】

10

【0002】

特許文献1には、燃焼室内にタンブル流を発生させる内燃機関の一例が記載されている。すなわち、図11に示すように、吸気ポート500を通じて燃焼室510内に流入した吸入空気が図中反時計回り方向に流れることにより、燃焼室510内にタンブル流が発生するようになっている。この内燃機関のシリンダヘッド520には、吸気バルブ530の軸部531を摺動自在に支持する筒状のバルブガイド540が設けられている。そして、バルブガイド540の長手方向における一端（すなわち、図中下端）は、吸気ポート500内に突出している。

【0003】

また、吸気ポート500の周面501においてバルブガイド540の近傍には、バルブガイド540の周りに回り込みつつ吸気ポート500の延伸する方向に延びる溝部502が設けられている。すなわち、この溝部502は、吸気ポート500の周面501において燃焼室510から離れた側（すなわち、図中上側）の部位に設けられている。これにより、吸気ポート500を流れる吸入空気の一部が溝部502内を流れるようになり、バルブガイド540を避けるような吸入空気の流れを同吸気ポート500内に形成することができる。その結果、吸入空気がバルブガイド540に衝突しにくくなり、同バルブガイド540への吸入空気の衝突に起因する燃焼室510内への吸入空気の流入速度の低下を抑制することができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献1】特開2008-255860号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、図11に示すように、上記の溝部502の深さは下流端に向かうにつれて次第に浅くなっている。そして、図11に破線の矢印で示すように、溝部502内を流れて下流端から流出した吸入空気は、開弁している吸気バルブ530の傘部532に向けて流れるようになる。すなわち、吸気ポート500内では、溝部502を設けることにより、バルブガイド540を避けるような吸入空気の流れを形成することはできるものの、燃焼室510に対してほぼ垂直に向かう吸入空気の流れが形成されてしまう。こうした吸入空気の流れを支流とし、溝部502内に流入することなく吸気ポート500から燃焼室510内に流入する吸入空気の流れを本流とした場合、当該本流は支流によってピストン550側、すなわち図中下方に押されることとなり、当該本流を形成する吸入空気の流動方向が変わってしまう。その結果、吸気ポート500から燃焼室510に流入した吸入空気が排気バルブ560の傘部561に向かいにくくなり、図11に実線の矢印で示すように、当該吸入空気の流れの回転半径が小さくなる。したがって、燃焼室510内に強いタンブル流が発生しにくくなる。

40

【0006】

本発明の目的は、燃焼室内での吸入空気の流れの回転半径が小さくなることを抑制し、

50

燃焼室内に強いタンブル流を発生させることができる内燃機関を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するための内燃機関は、シリンダヘッドに設けられている吸気ポートから燃焼室内に吸入空気を流入させることにより、同燃焼室内にタンブル流を発生させる内燃機関である。この内燃機関において、吸気ポートは、燃焼室に接続されるとともに、同燃焼室に近づくにつれて通路断面積が広がる接続部分と、同接続部分の上流端に接続されている上流部分とを有する。そして、接続部分の下流端には、吸気バルブの傘部が当接するバルブシートが設けられている。また、吸気ポートの周面において機関出力軸の延伸する方向における両側の部位のうち、少なくとも一方の部位には、吸気ポートの延びる方向に延伸するとともに、上記接続部分と上記上流部分とに跨る凹部が設けられている。

10

【0008】

上記構成によれば、吸気ポートの周面において機関出力軸の延伸する方向における両側の部位のうち、少なくとも一方の部位に、吸気ポートの延びる方向に延伸する凹部が設けられており、当該凹部は、吸気ポートの接続部分の周面に開口している。そして、こうした凹部内に吸気ポート内を流れる吸入空気の一部が流入し、同凹部の下流端から吸入空気が燃焼室内に流入するようになる。このように、吸気ポートの周面において機関出力軸の延伸する方向における両側の部位のうち、少なくとも一方の部位に凹部を設けたことにより、当該凹部の下流端から流出した吸入空気は、燃焼室内にほぼ垂直に流入することはない。すなわち、凹部内に流入することなく吸気ポートを通じて燃焼室内に流入した吸入空気の流れを本流とし、凹部内を流動して燃焼室内に流入した吸入空気の流れを支流とした場合、支流によって本流がピストン側に押されにくくなる。その結果、吸気ポートから燃焼室内に流入した吸入空気が、燃焼室壁面に沿って流動するようになる。つまり、燃焼室内での吸入空気の流れの回転半径が小さくなりにくい。したがって、燃焼室内での吸入空気の流れの回転半径が小さくなることを抑制し、燃焼室内に強いタンブル流を発生させることができるようになる。

20

【0009】

なお、シリンダヘッドは、シリンダブロックに取り付けられている。そして、シリンダヘッドにおいてシリンダブロックに取り付けられる面を取付面とし、排気バルブの傘部において燃焼室に臨む面を排気バルブ底面とし、吸気バルブの傘部において吸気ポートに臨む面をポート側傘面としたとする。また、上記取付面を基準とした凹部の延伸する方向の角度を凹部角度 (ε) とし、上記ポート側傘面において排気バルブに最も近い部分の、取付面を基準とする傾斜角度を吸気側傾斜角度 (β) とし、上記排気バルブ底面の取付面を基準とする傾斜角度を排気底面角度 (θ) としたとする。

30

【0010】

吸気ポートから燃焼室内に流入した吸入空気（本流及び支流）は排気バルブの傘部に向けて流れ、同吸入空気の流動方向は同傘部の排気バルブ底面によって変更される。その後、吸入空気は、当該排気バルブ底面に沿って流れ、気筒の内周面に沿ってピストンの頂面に向けて流れることとなる。

【0011】

40

また、凹部角度 (ε) と吸気側傾斜角 (β) との和を「2」で除した値 (ρ) は、支流の流動方向の取付面を基準とする角度の代表値である。そのため、仮に当該値 (ρ) が排気底面角度 (θ) よりも大きいとすると、支流を排気バルブ底面に沿って流動させにくくなる。

【0012】

そこで、上記内燃機関では、凹部角度 (ε) と吸気側傾斜角度 (β) との和を「2」で除した値 (ρ) を、「0（零）」よりも大きく、且つ排気底面角度 (θ) 以下とすることが好ましい。このように凹部角度 (ε) と吸気側傾斜角 (β) との和を「2」で除した値 (ρ) を、「0（零）」よりも大きく、且つ排気底面角度 (θ) 以下とすることにより、吸気ポートから燃焼室内に流入した吸入空気全体（本流及び支流）を排気バルブ底面に沿

50

って流動させやすくなる。そして、こうした吸入空気は、排気バルブ底面に沿って流動した後、気筒の内周面に沿って流れるようになる。すなわち、吸入空気を燃焼室壁面に沿って流動させることができ、ひいては燃焼室内に強いタンブル流を発生させることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】内燃機関の一実施形態の一部を示す断面図。

【図2】同内燃機関のシリンダヘッドを燃焼室側から見た場合における吸気ポート及び排気ポートの配置態様を示す模式図。

【図3】シリンダヘッドの吸気ポートの吸気接続部分を形成する前の状態であるシリンダヘッド粗材の一部を示す断面図。 10

【図4】同シリンダヘッド粗材に対してレーザクラッド加工を施している様子を模式的に示す断面図。

【図5】シリンダヘッド粗材に対して加工を施し、吸気ポートの吸気接続部分を形成するとともに、吸気ポートの周面に凹部を設けている様子を示す断面図。

【図6】同内燃機関の一部を示す断面図。

【図7】同内燃機関の吸気バルブの一部を示す断面図。

【図8】同内燃機関の一部を示す断面図。

【図9】吸気ポートの吸気接続部分とその周辺を拡大して示す模式図。

【図10】同内燃機関において、吸気ポートから燃焼室内に流入した吸入空気の流れを説明する作用図。 20

【図11】従来の内燃機関の一部を示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、内燃機関を具体化した一実施形態を図1～図10に従って説明する。

図1に示すように、本実施形態の内燃機関11は、シリンダブロック12と、シリンダブロック12の図中上部に取り付けられているシリンダヘッド13とを備えている。シリンダヘッド13においてシリンダブロック12に取り付けられる図中下面を「取付面13A」というものとする。

【0015】

30

内燃機関11の内部には複数の気筒14が形成されており、各気筒14内には、図中上下方向に進退移動するピストン15がそれぞれ設けられている。このピストン15には、紙面に直交する方向に延びる機関出力軸16がコネクティングロッド17を介して連結されている。また、ピストン15の頂面151とシリンダヘッド13との間に、燃料と吸入空気とを含む混合気が燃焼される燃焼室18が形成されている。なお、本明細書では、燃焼室18を区画形成する面のことを「燃焼室壁面181」といい、この燃焼室壁面181は、気筒14の内周面及びピストン15の頂面151などによって構成されている。

【0016】

図1及び図2に示すように、シリンダヘッド13には、吸入空気を燃焼室18内に流入させる吸気ポート19と、燃焼室18での混合気の燃焼によって生じた排気が排出される排気ポート20とが設けられている。本実施形態の内燃機関11にあっては、一つの気筒14に対し、2つの吸気ポート19と2つの排気ポート20とが設けられている。そして、両吸気ポート19から吸入空気が燃焼室18内に流入されると、吸入空気が燃焼室壁面181に沿って流れることにより、図1に矢印で示すようなタンブル流が発生するようになっている。 40

【0017】

また、内燃機関11は、燃焼室18に対して吸気ポート19を開閉する吸気バルブ30と、燃焼室18に対して排気ポート20を開閉する排気バルブ40とを備えている。これら各バルブ30、40は、ロッド状をなす軸部31、41と、軸部31、41の先端に設けられている傘部32、42とを有している。吸気バルブ30の傘部32は、吸気ポート 50

１９に臨む面であるポート側傘面３２１と、燃焼室１８に臨む面である吸気バルブ底面３２２とを有している。また、排気バルブ４０の傘部４２は、燃焼室１８に臨む面である排気バルブ底面４２１を有している。そして、吸気バルブ底面３２２及び排気バルブ底面４２１の双方は、燃焼室壁面１８１を構成する面の一部を構成している。なお、各バルブ３０、４０は、略円筒形状をなすバルブガイド２１、２２を介し、シリンダヘッド１３に対して軸部３１、４１の軸方向に移動自在な状態で支持されている。

【００１８】

吸気ポート１９は、燃焼室１８との接続部分である吸気接続部分１９１と、この吸気接続部分１９１の上流端に接続される上流部分である吸気上流部分１９２とを有している。吸気接続部分１９１の下流端には、吸気バルブ３０の傘部３２が当接する吸気用のバルブシート２６が設けられている。なお、この吸気用のバルブシート２６は、レーザークラッドバルブシートである。一方、排気ポート２０は燃焼室１８との接続部分である排気接続部分２０１を有しており、排気接続部分２０１には、排気バルブ４０の傘部４２が当接する排気用のバルブシート２７が設けられている。

10

【００１９】

なお、図１に示すように、吸気接続部分１９１は、燃焼室１８に近づくにつれて通路断面積が広がっている。そして、吸気接続部分１９１において排気バルブ４０から離れている側（すなわち、図中右斜め下側）の部位は、吸気上流部分１９２に対してほぼ直角に接続されている。本明細書では、このように吸気上流部分１９２に対してほぼ直角に接続されている吸気接続部分１９１の部位のことを、「剥離壁１９１Ａ」という。

20

【００２０】

また、図１及び図２に示すように、機関出力軸１６の延びる方向（すなわち、図２における上下方向）を規定方向とした場合、吸気ポート１９の周面１９Ａの規定方向における両側の部位には、吸気ポート１９の延伸する方向に延びる凹部５０がそれぞれ設けられている。これら凹部５０の下流端は吸気接続部分１９１においてバルブシート２６よりも上流側に位置しており、凹部５０は吸気上流部分１９２と吸気接続部分１９１とに跨っている。

【００２１】

なお、凹部５０の深さは、上流端から下流に向かうにつれて次第に深くなっている。すなわち、凹部５０は、その下流端が最も深くなるように構成されている。

30

次に、図３～図５を参照し、シリンダヘッド１３において吸気ポート１９の吸気接続部分１９１を形成する方法、同吸気接続部分１９１にバルブシート２６を設ける方法、及び、吸気ポート１９の周面１９Ａに凹部５０を形成する方法について説明する。

【００２２】

図３には、加工途中のシリンダヘッド１３であるシリンダヘッド粗材１３０の一部が図示されており、このシリンダヘッド粗材１３０に加工を施すことによりシリンダヘッド１３が形成される。図３に示すように、シリンダヘッド粗材１３０において吸気ポート１９の吸気接続部分１９１となる部分には、環状をなすクラッド堆積溝１３１と、クラッド堆積溝１３１よりも燃焼室１８から離れた位置に径方向内側に突出する環状の底板部１３２とが設けられている。

40

【００２３】

そして、図４に示すように、バルブシート２６の素材となる銅合金粉末をクラッド堆積溝１３１に供給しつつ、供給された銅合金粉末に対してレーザー出力装置４００からレーザービームが照射される。その結果、銅合金粉末がレーザービームによって溶融され、銅合金粉末が供給された部分に銅合金が肉盛りされた状態となる。

【００２４】

続いて、図５に示すように、底板除去刃具２００を用いることにより、吸気ポート１９に吸気接続部分１９１が形成されるとともに、吸気用のバルブシート２６の加工が施される。底板除去刃具２００において図中下端に位置する加工部２１０は、２段テーパ形状となっている。すなわち、加工部２１０の第１のテーパ部位２１１の直径、及び、第１のテ

50

ーパ部位 2 1 1 よりも先端側に位置する第 2 のテーパ部位 2 1 2 の直径の双方は、図中下方に近づくにつれて小さくなっている。そして、第 2 のテーパ部位 2 1 2 の直径の縮小勾配は、第 1 のテーパ部位 2 1 1 の直径の縮小勾配よりも小さい。

【0025】

こうした底板除去刃具 2 0 0 を回転させつつ下方に移動させることにより、底板部 1 3 2 が切削される。このとき、底板部 1 3 2 において排気ポート 2 0 に近い部分はほぼ削り取られる。この際、底板部 1 3 2 だけではなく、シリンダヘッド粗材 1 3 0 の本体もまた、底板除去刃具 2 0 0 によって少しだけ削られることとなる。これにより、吸気ポート 1 9 の吸気接続部分 1 9 1 は燃焼室 1 8 に近づくにつれて通路断面積が広くなり、さらに、吸気接続部分 1 9 1 には剥離壁 1 9 1 A が設けられることとなる。

10

【0026】

なお、この際、上記の銅合金の内周面の形状もまた、底板除去刃具 2 0 0 によって加工される。その結果、吸気用のバルブシート 2 6 が、吸気ポート 1 9 の吸気接続部分 1 9 1 の下流端に形成されることとなる。

【0027】

その次に、図 5 に示すように、凹部加工刃具 3 0 0 を用いることにより、吸気ポート 1 9 の周面 1 9 A に凹部 5 0 が形成される。凹部加工刃具 3 0 0 は、略円柱形状をなしている。そして、こうした凹部加工刃具 3 0 0 を回転させつつ吸気ポート 1 9 内に移動させることにより、同吸気ポート 1 9 の周面 1 9 A の一部が削られる。その結果、吸気ポート 1 9 に、同吸気ポート 1 9 の延伸方向に延びる凹部 5 0 が形成される。

20

【0028】

ここで、図 6 及び図 7 を参照し、凹部 5 0 の傾斜の度合いについて説明する。なお、図 6 に示される各種の角度は、シリンダヘッド 1 3 の取付面 1 3 A を基準とする相対角度である。

【0029】

排気バルブ 4 0 の傘部 4 2 の排気バルブ底面 4 2 1 の取付面 1 3 A を基準とした傾斜角度を「排気底面角度 θ (例えば、 $15 \sim 35^\circ$)」とし、吸気バルブ 3 0 の傘部 3 2 のポート側傘面 3 2 1 において排気バルブ 4 0 に最も近い部分の、取付面 1 3 A を基準とする傾斜角度を「吸気側傾斜角度 β (例えば、 $-20 \sim +15^\circ$)」とし、取付面 1 3 A を基準とした凹部 5 0 の延伸方向の傾斜角度を「凹部角度 ε (例えば、 $20 \sim 55^\circ$)」とする。すなわち、 $(\varepsilon + \beta) / 2 = \rho$ とする。そして、吸気側傾斜角度 β と凹部角度 ε との和を「2」で除算した角度を「第 1 の中間線角度 ρ (例えば、 0 (零) $\sim 35^\circ$)」とする。すなわち、 $(\varepsilon + \beta) / 2 = \rho$ とする。このとき、第 1 の中間線角度 ρ は、「0 (零)」よりも大きく、且つ排気底面角度 θ 以下となっている。言い換えると、凹部 5 0 は、以下の関係式 (式 1) を満たすような形で形成されている。

30

【0030】

$$-\beta < \varepsilon \leq 2 \times \theta - \beta \quad \cdots \text{(式 1)}$$

すなわち、凹部角度 ε の上限は、「 $2 \times \theta - \beta$ 」と等しい角度である。その一方で、凹部角度 ε の下限は「 $-\beta$ 」ということとなるが、吸気ポート 1 9 の周面 1 9 A に、凹部角度 ε が「 $-\beta$ 」となるような凹部 5 0 を形成することはできない。そのため、凹部角度 ε の下限は「0 (零)」と考えてよい。しかし、上述したように、本例では、燃焼室 1 8 側から凹部加工刃具 3 0 0 を吸気ポート 1 9 内に移動させることで、凹部 5 0 が形成される。そのため、凹部角度 ε が「0 (零)」である場合、凹部加工刃具 3 0 0 を吸気ポート 1 9 内に進入させることができない。したがって、凹部角度 ε の実際の下限は、「0 (零)」よりも大きく、凹部加工刃具 3 0 0 の直径などの形状によって規定される。なお、上述したように、凹部 5 0 は、吸気ポート 1 9 の伸びる方向に延伸するように構成されている。そのため、吸気ポート 1 9 の伸びる方向の取付面 1 3 A を基準とした傾斜角度は、凹部角度 ε とはある程度の相関性を有している。

40

【0031】

図 7 に示すように、吸気バルブ 3 0 の傘部 3 2 は、ポート側傘面 3 2 1 及び吸気バルブ

50

底面 3 2 2 に加え、第 1 の接続面 3 2 3 及び第 2 の接続面 3 2 4 を有している。この第 1 の接続面 3 2 3 は、吸気バルブ 3 0 の軸部 3 1 の周面とポート側傘面 3 2 1 とを繋ぐ面である。また、第 2 の接続面 3 2 4 は、ポート側傘面 3 2 1 と吸気バルブ底面 3 2 2 とを繋ぐ面である。そして、第 1 の接続面 3 2 3 は、ポート側傘面 3 2 1 の径方向内側の端部に接続されており、第 2 の接続面 3 2 4 は、ポート側傘面 3 2 1 の径方向外側の端部に接続されている。吸気バルブ 3 0 の軸線方向に沿って同吸気バルブ 3 0 を切断した場合、第 1 の接続面 3 2 3 は円弧状をなしている。その一方、ポート側傘面 3 2 1 及び第 2 の接続面 3 2 4 は、ほぼ直線状をなしているものの、第 2 の接続面 3 2 4 の径方向長さはポート側傘面 3 2 1 の径方向長さと比較して極めて短い。

【0032】

次に、図 8 及び図 9 を参照し、吸気ポート 1 9 の吸気接続部分 1 9 1 の傾斜の度合いについて説明する。なお、図 8 に示される各種の角度は、シリンダヘッド 1 3 の取付面 1 3 A を基準とする相対角度である。

【0033】

吸気ポート 1 9 の周面 1 9 A において排気用のバルブシート 2 7 に最も近い部分から吸気ポート 1 9 の延伸方向に延びる部位を「吸気ポート上壁面 1 9 A 1」とし、吸気ポート上壁面 1 9 A 1 の取付面 1 3 A を基準とする傾斜角度を「吸気ポート上壁面角度 α （例えば、 $30 \sim 45^\circ$ ）」としたとする。この場合、吸気ポート上壁面角度 α と上記の吸気側傾斜角度 β との和を「2」で除算した角度を「第 2 の中間線角度 γ （例えば、 $5 \sim 30^\circ$ ）」とする。すなわち、 $(\alpha + \beta) / 2 = \gamma$ とする。このとき、第 2 の中間線角度 γ は、排気底面角度 θ 以下となっている。すなわち、 $(\alpha + \beta) / 2 \leq \theta$ となっている。言い換えると、吸気接続部分 1 9 1 は、以下の関係式（式 2）を満たすような形で形成されている。

【0034】

$$\alpha \leq 2 \times \theta - \beta \quad \dots \text{（式 2）}$$

なお、吸気ポート上壁面角度 α は、以下に説明するように求めることができる。すなわち、図 9 に示すように、吸気ポート 1 9 における吸気接続部分 1 9 1 の剥離壁 1 9 1 A と吸気上流部分 1 9 2 との接続部位 A を通り、吸気ポート上壁面 1 9 A 1 に垂直な垂線 L 1 と吸気ポート上壁面 1 9 A 1 との交点 A 1 と、吸気ポート上壁面 1 9 A 1 における吸気接続部分 1 9 1 の下流端 A 2 とが設定される。そして、交点 A 1 と下流端 A 2 とを繋ぐ直線 L 2 の取付面 1 3 A を基準とする傾斜角度が、吸気ポート上壁面角度 α とされる。上述の通り、吸気ポート上壁面角度 α と凹部角度 ε とはある程度の相関性を有しており、両者の差の絶対値（ $= |\alpha - \varepsilon|$ ）は 10° 以下であることが好ましい。

【0035】

ところで、吸気ポート 1 9 から燃焼室 1 8 内に吸入空気を流入させて同燃焼室 1 8 内にタンブル流を発生させる際には、吸入空気を燃焼室壁面 1 8 1 に沿って流動させることにより、タンブル流を強くすることができる。すなわち、吸気ポート 1 9 から燃焼室 1 8 内に流入した吸入空気の流れの回転半径を大きくすることにより、燃焼室 1 8 内で強いタンブル流が発生することとなる。

【0036】

ちなみに、吸気ポート 1 9 の吸気接続部分 1 9 1 と吸気バルブ 3 0 の傘部 3 2 との間を介して燃焼室 1 8 内に流入した吸入空気の上記取付面 1 3 A を基準とする傾斜角度が、排気バルブ底面 4 2 1 の角度である排気底面角度 θ 以下であるときには、当該吸入空気が排気バルブ底面 4 2 1 に向かいやすくなる。そのため、こうした場合、当該吸入空気は排気バルブ底面 4 2 1 に衝突し、その流動方向が変更されると、当該吸入空気が排気バルブ底面 4 2 1 に沿って流動するようになる。

【0037】

一方、燃焼室 1 8 内に流入した吸入空気の上記取付面 1 3 A を基準とする傾斜角度が、排気バルブ底面 4 2 1 の角度である排気底面角度 θ よりも大きいときには、当該吸入空気が排気バルブ底面 4 2 1 に向かいにくくなる。そのため、こうした場合、燃焼室 1 8 内で

10

20

30

40

50

の吸入空気の流れの回転半径が小さくなり、ひいてはタンブル流が弱くなりやすくなる。

【0038】

ここで、凹部50内に流入することなく吸気ポート19から燃焼室18内に流入した吸入空気の流れを「本流X1」とし、凹部50を流れて燃焼室18内に流入した吸入空気の流れを「支流X2」とする。このとき、本流X1の流動方向の上記取付面13Aを基準とする角度は、吸気ポート19の吸気ポート上壁面19A1の傾斜角度である吸気ポート上壁面角度 α と吸気側傾斜角度 β とによって規制される。したがって、本流X1の流動方向の上記取付面13Aを基準とする角度は、吸気ポート上壁面角度 α よりも小さく、且つ吸気側傾斜角度 β よりも大きくなると推定することができる。

【0039】

本実施形態の内燃機関11では、吸気ポート上壁面角度 α と吸気側傾斜角度 β との和を「2」で除算した値である第2の中間線角度 γ が、「0（零）」よりも大きく、且つ排気バルブ底面421の傾斜角度である排気底面角度 θ 以下となっている。この第2の中間線角度 γ は、本流X1の流動方向の取付面13Aを基準とする角度の代表値である。そのため、吸気ポート19から燃焼室18内に流入した本流X1が排気バルブ底面421に衝突し、その後、当該本流X1を形成する吸入空気は排気バルブ底面421に沿って流動することとなる。このとき、第2の中間線角度 γ が排気底面角度 θ に近いほど、排気バルブ底面421に沿った吸入空気の流れが形成されやすくなる。その結果、吸気ポート19から燃焼室18内に流入した吸入空気の流れの回転半径が小さくなりにくい。

【0040】

ここで、仮に第2の中間線角度 γ が排気底面角度 θ よりも大きいとする。すると、この場合、吸気ポート19から燃焼室18内に流入した本流X1の流動方向の上記取付面13Aを基準とする傾斜角度が排気底面角度 θ よりも大きくなりやすい。そのため、当該吸入空気を排気バルブ底面421に沿って流動させにくくなり、結果として、吸気ポート19から燃焼室18内に流入した吸入空気の流れの回転半径が小さくなりやすい。

【0041】

一方、凹部50を流れて燃焼室18内に流入した吸入空気の流れである支流X2の流動方向の上記取付面13Aを基準とする角度は、凹部角度 ε と吸気側傾斜角度 β とによって規制される。したがって、支流X2の流動方向の上記取付面13Aを基準とする角度は、凹部角度 ε よりも小さく、且つ吸気側傾斜角度 β よりも大きくなると推定することができる。

【0042】

本実施形態の内燃機関11では、凹部角度 ε と吸気側傾斜角度 β との和を「2」で除算した値である第1の中間線角度 ρ が、「0（零）」よりも大きく、且つ排気バルブ底面421の傾斜角度である排気底面角度 θ 以下となっている。この第1の中間線角度 ρ は、支流X2の流動方向の取付面13Aを基準とする角度の代表値である。そのため、凹部50を通過した支流X2も排気バルブ底面421に沿って流動することとなる。このとき、第1の中間線角度 ρ が排気底面角度 θ に近いほど、支流X2についても排気バルブ底面421に沿って流動させやすくなる。その結果、吸気ポート19から燃焼室18内に流入した吸入空気全体（本流X1及び支流X2）の流れの回転半径が小さくなりにくい。

【0043】

ここで、仮に第1の中間線角度 ρ が排気底面角度 θ よりも大きいとする。すると、この場合、凹部50を流れて燃焼室18内に流入した吸入空気の流れである支流X2の流動方向の上記取付面13Aを基準とする傾斜角度が排気底面角度 θ よりも大きくなりやすい。そのため、当該支流X2を形成する吸入空気を排気バルブ底面421に沿って流動させにくくなり、結果として、吸気ポート19から燃焼室18内に流入した吸入空気の一部（すなわち、支流X2を形成する吸入空気）の流れの回転半径が小さくなりやすい。

【0044】

次に、図10を参照し、本実施形態の内燃機関11の作用について説明する。

吸気バルブ30が開き始めると、吸気ポート19を通じて吸入空気が燃焼室18内に流

10

20

30

40

50

入される。すなわち、凹部 50 内に流入することなく吸気ポート 19 を流れた本流 X1、及び、凹部 50 内を流動した支流 X2 の双方が、吸気ポート 19 の吸気接続部分 191 と吸気バルブ 30 の傘部 32 との間を介して燃焼室 18 内に流入される。

【0045】

凹部 50 は、吸気ポート 19 の周面 19A において上記規定方向における両側の部位に設けられているとともに、吸気ポート 19 の延伸方向に延びている。そのため、吸気ポート 19 の凹部 50 から流出した支流 X2 が燃焼室 18 内に向けてほぼ垂直（図 1 における下方）に流動することはない。そのため、凹部 50 内に流入することなく吸気ポート 19 から燃焼室 18 内に流入した本流 X1 は、支流 X2 によってピストン 15 側（すなわち、図 1 における下側）に押されにくい。

10

【0046】

また、凹部 50 は、下流端が最も深くなるように構成されている。そのため、図 10 に示すように、支流 X2 は、本流 X1 の規定方向における両側で、当該本流 X1 に沿うようになる。その結果、吸気ポート 19 内において燃焼室 18 内に流入する直前で、本流 X1 と支流 X2 とがぶつかり合うことが抑制されるため、吸気バルブ 30 の傘部 32 の近傍での乱流の発生が抑制される。

【0047】

そして、吸気ポート 19 から燃焼室 18 内に流入した吸入空気は、排気バルブ 40 の傘部 42 の排気バルブ底面 421 に向かうこととなる。そして、排気バルブ底面 421 によって流動方向が変更された吸入空気は、排気バルブ底面 421 に沿って流れた後、気筒 14 の内周面に沿ってピストン 15 に向けて流れる。その後、ピストン 15 の頂面 151 に至った吸入空気は、この頂面 151 に沿って流れ、気筒 14 の内周面を吸気バルブ 30 に向けて流れる。このとき、吸気バルブ 30 が未だ閉弁していない場合、このように燃焼室 18 内を流れる吸入空気は、吸気ポート 19 から流入している吸入空気と合流し、燃焼室 18 内を、燃焼室壁面 181 に沿って図 1 における反時計回り方向に流動することとなる。

20

【0048】

以上、上記構成及び作用によれば、以下に示す効果を得ることができる。

(1) 吸気ポート 19 の周面 19A において上記規定方向における両側に凹部 50 が設けられているため、本流 X1 が支流 X2 によってピストン 15 側に押されにくくなる。これにより、吸気ポート 19 から燃焼室 18 内に流入した吸入空気を排気バルブ底面 421 に向かわせやすくなる。そのため、当該吸入空気を排気バルブ底面 421 に沿って流動させることができ、ひいては燃焼室 18 内での吸入空気の流れの回転半径が小さくなることを抑制することができる。したがって、燃焼室 18 内に強いタンブル流を発生させることができる。

30

【0049】

(2) 具体的には、吸気ポート 19 の凹部 50 から燃焼室 18 内に流入して排気バルブ底面 421 に向かう支流 X2 の流動方向の上記取付面 13A を基準とする傾斜角度を、「0（零）」よりも大きく、且つ排気バルブ底面 421 の傾斜角度である排気底面角度 θ 以下としている。このような構成により、本流 X1 及び支流 X2 の双方を含む吸入空気全体を排気バルブ底面 421 に沿って流動させやすくなる。その結果、吸入空気全体が、燃焼室壁面 181 に沿って流れるようになり、燃焼室 18 内での吸入空気の流れの回転半径が小さくなりにくくなる。したがって、燃焼室 18 内に強いタンブル流を発生させることができる。

40

【0050】

(3) 吸気接続部分 191 において排気バルブ 40 から離れている側の部位は、吸気上流部分 192 に対してほぼ直角に接続されている剥離壁 191A となっている。その結果、燃焼室 18 内での逆タンブル流の発生が抑制されるため、タンブル流を弱くなりにくくすることができる。

【0051】

50

(4) なお、本実施形態の内燃機関 11 では、吸気ポート 19 の周面 19A の上記規定方向（すなわち、機関出力軸 16 の延びる方向）における両側の部位に凹部 50 が設けられている。そのため、周面 19A の規定方向における両側の部位のうち一方の部位に対してのみ凹部 50 が設けられている場合と比較し、吸気ポート 19 から燃焼室 18 内への吸入空気の流入量を増大させることができる。

【0052】

なお、上記実施形態は以下のような別の実施形態に変更してもよい。

・上記実施形態では、吸気ポート 19 の周面 19A の上記規定方向における両側の部位に凹部 50 が設けられている。しかし、これに限らず、吸気ポート 19 の周面 19A の規定方向における両側の部位のうち、何れか一方の部位に対してのみ凹部 50 を設けるようにしてもよい。すなわち、周面 19A の規定方向における両側の部位のうち、規定方向における外側の部位に対してのみ凹部 50 を設けてもよいし、規定方向における内側の部位に対してのみ凹部 50 を設けるようにしてもよい。この場合であっても、吸気ポート 19 の周面 19A に凹部 50 を設けない場合と比較し、吸気ポート 19 から燃焼室 18 内への吸入空気の流入量を増大させることができる。

10

【0053】

・1つの気筒 14 に対して設けられる吸気ポート 19 の数は、2つ以外の数（例えば、1つや3つ）であってもよい。こうした場合であっても、吸気ポート 19 の周面 19A において上記規定方向における両側の部位のうち少なくとも一方の部位に凹部 50 を設けることにより、上記（1）及び（2）と同等の効果を得ることができる。

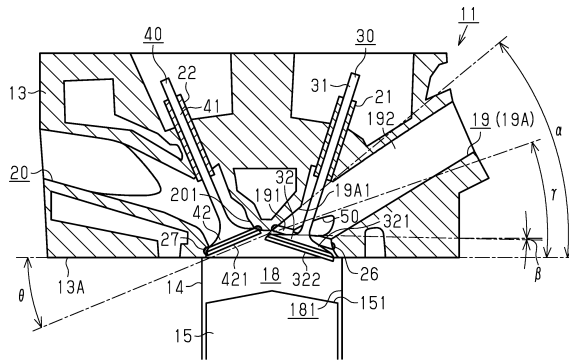
20

【符号の説明】

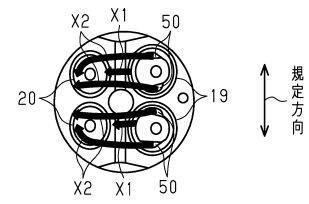
【0054】

11…内燃機関、12…シリンダブロック、13…シリンダヘッド、13A…取付面、16…機関出力軸、18…燃焼室、19…吸気ポート、191…吸気接続部分、192…吸気上流部分、19A…周面、30…吸気バルブ、32…傘部、321…ポート側傘面、40…排気バルブ、42…傘部、421…排気バルブ底面、26…バルブシート、50…凹部。

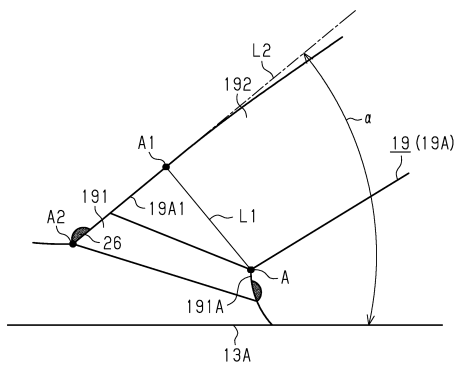
【図 8】



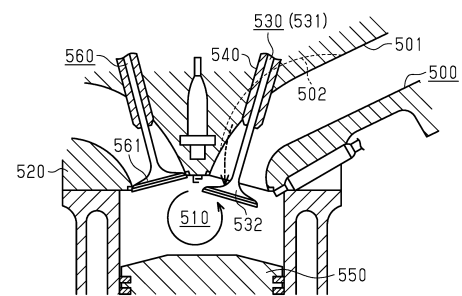
【図 10】



【図 9】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 宮本 洋輔
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内
- (72)発明者 宮良 直之
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内
- (72)発明者 高川 元
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内

審査官 松永 謙一

- (56)参考文献 特開2009-007953 (JP, A)
特開2007-046457 (JP, A)
特開2006-070860 (JP, A)
特開平04-339134 (JP, A)
特開平08-014102 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F02F 1/42
F02B 31/00