

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4054223号
(P4054223)

(45) 発行日 平成20年2月27日(2008.2.27)

(24) 登録日 平成19年12月14日(2007.12.14)

(51) Int. Cl.	F I	
FO2B 23/10 (2006.01)	FO2B 23/10	S
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2B 23/10	D
FO2D 41/04 (2006.01)	FO2B 23/10	P
FO2F 3/26 (2006.01)	FO2B 23/10	V
FO2M 61/14 (2006.01)	FO2D 41/02	325A
請求項の数 1 (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2002-171480 (P2002-171480)
 (22) 出願日 平成14年6月12日(2002.6.12)
 (65) 公開番号 特開2004-19456 (P2004-19456A)
 (43) 公開日 平成16年1月22日(2004.1.22)
 審査請求日 平成17年5月31日(2005.5.31)

(73) 特許権者 000005348
 富士重工業株式会社
 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号
 (74) 代理人 100101982
 弁理士 久米川 正光
 (72) 発明者 工藤 真哉
 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士
 重工業株式会社内
 (72) 発明者 秋本 晃
 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士
 重工業株式会社内
 審査官 佐々木 芳枝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内噴射型エンジンおよび筒内噴射型エンジンの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

運転状態に応じて、均一混合燃焼または成層燃焼を選択的にを行い、第1の噴霧方向と第2の噴霧方向とに燃料を噴射する一のインジェクタが燃焼室内に臨んでおり、かつ、吸気側に偏在したキャビティがピストン頂面に形成されている筒内噴射型エンジンの制御方法において、

均一混合燃焼を行う場合、クランク角度が上死点後100°よりも下死点側に前記ピストンが位置している状態において、前記第1の噴射方向が前記キャビティ内に向い、かつ、前記第2の噴射方向が前記キャビティ外に向かうタイミングで燃料を噴射するステップと、

成層燃焼を行う場合、圧縮行程において、前記第1の噴射方向と前記第2の噴射方向とが前記キャビティ内に向かうタイミングで燃料を噴射するステップとを有することを特徴とする筒内噴射型エンジンの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、均一混合燃焼または成層燃焼を運転状態に応じて選択的に行う筒内噴射型エンジンおよびその制御方法に係り、特に、キャビティが頂面に形成されたピストンに対する燃焼室内への燃料の噴射形態および噴射タイミングの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、燃焼室内にインジェクタによって燃料を直接噴射するエンジン、すなわち、筒内噴射型エンジンが知られている。このタイプのエンジンは、燃料を素早く空気と混合させ、この可燃混合気を点火プラグ周りに形成することにより、リーンバーンによる燃費改善を図りつつ、低負荷低回転運転時の燃焼安定性を確保している。

【0003】

この点に関して、例えば、特開平11-223127号公報（先行例1）には、ペントルーフ型形状を有する燃焼室内のほぼ中央に点火プラグを配置し、ピストンの頂面にキャビティを吸気側に偏在させて凹設した構成が開示されている。この先行例1では、吸気ポート側のシリンダ壁近傍に配置されたインジェクタから噴射される燃料の噴射方向がシリンダの中心軸方向に対して斜め下方となるように傾斜させている。そして、燃料の噴霧形態が偏平で扇形をなすように形成することにより、燃料を燃焼室内に素早く分散させている。

10

【0004】

一方、特開2000-265842号公報（先行例2）および特開2000-248944号公報（先行例3）には、ピストンの頂面に形成されたキャビティの燃料噴射方向に対面する内壁面をオーバーハング形状にした構造が開示されている。これらの先行例2,3では、キャビティ内壁面に燃料の噴霧塊が衝突した際、インジェクタのペネトレーションを利用して、キャビティ内にスワールを生起させる。これにより、燃料の噴霧塊が点火プラグの放電電極に向けて巻き上げ、特に、低速負荷時における点火プラグの放電電極周りの燃料濃度を局部的に高めることにより、失火を防止し、燃焼安定性の向上を図っている。

20

【0005】

ところで、このような筒内噴射エンジンの燃焼形態には、均一混合燃焼と成層燃焼とがあり、運転状態に応じて、いずれかの燃焼形態が選択される。すなわち、通常走行運転時のようなエンジンの高負荷高回転運転領域、あるいは、ストイキオ領域では、燃焼室内に均質な混合気を形成して点火する均一混合燃焼が行われる。この場合、インジェクタによる燃料の噴霧は、吸気行程中に行われる。

【0006】

一方、空燃比を非常に大きくする希薄燃焼領域（リーンバーン領域）、すなわち、アイドルリング時のようなエンジンの低負荷低回転運転領域では、混合気の成層化により確実な着火を可能とする成層燃焼が行われる。この場合、インジェクタによる燃料の噴霧は、圧縮行程の後期において行われる。そして、インジェクタから噴射された燃料は、ピストンの頂面に形成されたキャビティに導入され、点火プラグの放電電極へと流れる。このため、この放電電極周辺に着火可能な混合気が層状に形成される。そして、これを適切なタイミングで点火して混合気を燃焼させる。

30

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した先行例1では、エンジンの高負荷高回転運転領域での均一混合燃焼において、燃料の分散性および空気利用率を十分に向上させることが困難である。すなわち、図12に示すように、エンジン本体Eを構成するシリンダ1の燃焼室8内には、吸気側に配置したインジェクタ12が臨み、このインジェクタ12より、燃料が一塊の噴霧塊Fとなって噴射されている。また、ピストン4の頂面4aには、キャビティ5がシリンダ1の中心軸Oから吸気側に偏在させて形成されている。そして、インジェクタ12による燃料の噴射方向を示す中心軸Qは、キャビティ5内に向けて取り付けられている。したがって、吸気行程の中期に、インジェクタ12から燃料の噴霧塊Fを噴射すると、インジェクタ12の中心軸Qを噴射方向として、噴霧塊Fがシリンダ1の中心軸Oから吸気側に偏在するキャビティ5内に向けて噴射される。その結果、燃料のほぼ全量がキャビティ5内に噴射される。

40

【0008】

50

ところが、このような吸排気ポート 9 a , 9 b における吸気バルブ 10 a の開弁状態および排気バルブ 10 b の閉弁状態で、ピストン 4 が上死点から下降すると、燃料の噴霧塊 F が吸気時の空気流動（図 12 に極太線矢印で示す）の影響を受け易い。このため、燃料と吸入空気との混合後の噴霧塊 F が排気側へ移行しようとしても、吸気時の空気流動により吸気側へ押し戻されてしまう。これにより、吸排気バルブ 10 a , 10 b の閉弁状態における圧縮行程の初期において、ピストン 4 が下死点から上昇すると、図 13 に示すように、噴霧塊 F は、キャビティ 5 内の吸気側へ巻き込まれ、排気側への燃料分布が阻害される。したがって、圧縮行程の後期では、図 14 に示すように、噴霧塊 F がキャビティ 5 内に残留し、吸気側に高濃度の燃料が偏在するという可能性がある。その結果、上述したように燃料の分散性および空気利用率を十分に向上させることができないため、熱効率損が発生し、出力性能の低下や燃費の悪化を引き起こす恐れがある。

10

【 0 0 0 9 】

一方、エンジンの低負荷低回転運転領域での成層燃焼においては、圧縮行程の後期、すなわち、ピストン 4 の上死点直前におけるキャビティ 5 とインジェクタ 12 とが近接した時点で、キャビティ 5 内への燃料の噴射が行われる。この場合には、図 15 に示すように、大半の燃料がキャビティ 5 内の排気側内壁面 5 a に向けて反射し、主噴霧塊 F となって点火プラグ 11 の放電電極 11 a に向けて巻き上げられる。ところが、残りの一部の残噴霧塊 F 0 は、キャビティ 5 内の吸気側内壁面 5 b に向けて主噴霧塊 F と反対側に反射し、主噴霧塊 F と残噴霧塊 F 0 が切り離される恐れがある。このような噴霧塊の分離状態で、点火プラグ 11 による点火が行われると、残噴霧塊 F 0 には火炎伝播が行われず、残噴霧塊 F 0 が未燃燃料となる可能性がある。このような事態が生じると、排気ガスの悪化を招くばかりでなく、燃費を向上させることができないという恐れがある。

20

【 0 0 1 0 】

そこで、上記した成層燃焼における不具合を解消する対策としては、点火プラグ 11 による点火タイミングを少し遅らせることが考えられる。この場合、図 16 に示すように、主噴霧塊 F が吸気側へ拡散するまで待って、主噴霧塊 F と残噴霧塊噴射口 F 0 とが合流した時点で点火させる。しかしながら、このような対策では、主噴霧塊 F と残噴霧塊 F 0 とがリング状に合流する恐れがあるため、塊周りの中空部に相当する部位や排気側に拡散する燃料が未燃燃料になり易い。しかも、点火プラグ 11 の放電電極 11 a 周りの主噴霧塊 F も吸気側に拡散していくため、着火安定性および燃焼安定性が低下する。また、成層燃焼時における高回転側では、適切な点火タイミングを得難く、熱効率の低下を招き易い。

30

【 0 0 1 1 】

さらに、上記した先行例 2 および 3 では、図 17 に示すように、ピストン 4 の頂面 4 a に形成されたキャビティ 5 の燃料噴射方向に対面する内壁面 5 a がオーバーハング形状となっている。このため、キャビティ 5 の内壁面 5 a に燃料の噴霧塊 F が衝突した際に、ほとんどの噴霧塊 F は吸気側に流動してキャビティ 5 内に残留する。これにより、均一混合燃焼においては、排気側の燃料分布が希薄になり易い。

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、低負荷低回転運転領域での成層燃焼において、良好な熱効率、排気ガスおよび燃焼安定性を維持し、高負荷高回転運転領域での均一混合燃焼においても、燃料分散性および空気利用率の低下を防止し、熱効率、出力性能および燃費の向上を図ることである。

40

【 0 0 1 3 】**【 課題を解決するための手段 】**

かかる課題を解決するために、第 1 の発明は、運転状態に応じて、均一混合燃焼または成層燃焼を選択的に行う筒内噴射型エンジンを提供する。この筒内噴射型エンジンは、シリンダ内に設けられたピストンを有する。このピストンの頂面には、キャビティが吸気側に偏在させて形成されている。また、シリンダとピストンとによって形成された燃焼室内には、第 1 の噴射方向と第 2 の噴射方向とに燃料を噴射するインジェクタが臨んでいる。そして、第 1 の噴射方向は、キャビティ内に向かっており、第 2 の噴射方向は、クランク角

50

度が上死点後100°よりも下死点側にピストンが位置している状態において、キャビティ外に向かっている。

【0014】

ここで、第1の発明においては、インジェクによって第1の噴射方向と第2の噴射方向とに噴射される燃料の噴霧塊の間の空間が、少なくとも10°以上の間隙角度を有することが好ましい。

【0015】

第2の発明は、筒内噴射型エンジンの制御方法を提供する。この制御方法は、運転状態に応じて、均一混合燃焼または成層燃焼を選択的に行う。燃焼室内には、第1の噴霧方向と第2の噴霧方向とに燃料を噴射するインジェクタが臨んでおり、ピストンの頂面には、キャビティが吸気側に偏在させて形成されている。そして、第1のステップでは、均一混合燃焼を行う場合に、吸気行程において、第1の噴射方向がキャビティ内に向い、かつ、第2の噴射方向がキャビティ外に向かうタイミングで燃料を噴射する。第2のステップでは、成層燃焼を行う場合に、圧縮行程において、第1の噴射方向と第2の噴射方向とがキャビティ内に向かうタイミングで燃料を噴射する。

【0016】

【発明の実施の形態】

図1は、本実施形態における筒内噴射エンジンの全体構成を概略的に示す説明図である。図2は、吸気行程初期における筒内噴射エンジンの断面図である。なお、図12から図17に示す従来構造で説明した部材と同じ部材については、同一の符号を付して説明する。

【0017】

エンジン本体Eを構成するシリンダ1は、シリンダブロック2とシリンダヘッド3とで形成されている。シリンダ1内には、ピストン4が上死点から下死点まで変位自在に設けられ、このピストン4の頂面4aには、キャビティ5が吸気側に偏在させて凹設されている。ピストン4は、コンロッド6を介してクランクシャフト7に連結されている。シリンダ1内には、ペントルーフ型形状を有する燃焼室8がシリンダヘッド3とピストン4の頂面4aとの間に形成されている。この燃焼室8の吸気側の傾斜ルーフ面8aには、吸気ポート9aを開閉する吸気バルブ10aが設けられ、排気側の傾斜ルーフ面8bには、排気ポート9bを開閉する排気バルブ10bが設けられている。燃焼室8における吸気バルブ10aと排気バルブ10bとの間の略中央のルーフ面には、点火プラグ11が取り付けられている。この点火プラグ11の放電電極11aは、燃焼室8内に臨んでいる。燃焼室8には、高圧化された燃料(ガソリン)を噴霧させるインジェクタ12が吸気側の傾斜ルーフ面8aに取り付けられている。このインジェクタ12は、電磁バルブであって、その中心軸Qがシリンダ1の中心軸Oに向けて斜め下方となるように燃焼室8内に臨んでいる。この結果、燃料は、吸気ポート9a側から排気ポート9b側に向けて燃焼室8内に直接噴霧される。

【0018】

吸気ポート9aには、燃焼空気を燃焼室8内に吸入するインテークマニホールド13が接続されている。このインテークマニホールド13には、図示しないエアクリーナを介して吸入される空気の空気量を調整するスロットルバルブ14が設けられており、その下流側には、エアチャンバ15が接続されている。この場合、スロットルバルブ14は、図示しない電動モータによって駆動し、アクセルペダル16とは、機械的にリンクしておらず、その開度(スロットル開度)は、後述するエンジン制御回路20の制御ユニット21からの出力信号によって設定される。一方、排気ポート9bには、後述する燃焼行程後の燃焼室8内に残留する排気ガスを排出するエキゾーストマニホールド17が接続されている。このエキゾーストマニホールド17には、触媒コンバータ18が接続され、この触媒コンバータ18が排気ガスを浄化する。インテークマニホールド13のエアチャンバ15とエキゾーストマニホールド17とは、排気再循環バルブ(以下、EGRバルブという)19を介して連通し、このEGRバルブ19は、図示しないステッパーモータによって駆動し、その開度(EGR開度)は、スロットルバルブ14と同様に、後述するエンジン制御回

10

20

30

40

50

路20の制御ユニット21からの出力信号によって設定される。すなわち、EGRバルブ19は、そのEGR開度を調整することにより、燃焼に寄与しない不活性ガスをインタークマニホールド13内に供給し、インタークマニホールド13内を流れる吸入空気中に適切に混入する。それにより、燃焼室8内の燃焼温度は低下する。この結果、排気ガス中に含まれるNOxの排出量を減少させることができる。

【0019】

そして、エンジン本体Eには、エンジン制御回路20が接続され、このエンジン制御回路20は、制御ユニット21を有する。この制御ユニット21は、マイクロコンピュータを中心として構成され、ROMに格納された制御プログラムに従って燃料噴射量、燃料噴射時期、点火時期、スロットル開度およびEGR開度等を算出する。このように算出された制御量に対応する制御信号は、制御ユニット21から各種アクチュエータに対して出力される。

10

【0020】

制御ユニット21には、運転状態を検出するために、各種センサ群22~29からのセンサ信号が入力される。クランク角度センサ22は、エンジン本体Eのクランクシャフト7と一体的に回転するクランクロータ7aの外周近傍に設置され、このクランクロータ7aの回転からクランク角が何度であるかを検出する。制御ユニット21は、クランク角度センサ22からのセンサ信号に基づいて、エンジン本体Eにおける一連の燃焼行程を管理する。カム角度センサ23は、吸気バルブ10aを開閉駆動するカム機構23aの近傍に設置され、カムの回転変位からカム角度を検出する。制御ユニット21は、カム角度センサ23からのセンサ信号に基づいて、吸気バルブ10aの開閉状態を管理する。アクセル開度センサ24は、ポテンションで構成されており、アクセルペダル16の近傍に設置され、ペダル踏込み量からエンジンの高速負荷状態であるか低速負荷状態であるかを検出する。制御ユニット21は、アクセル開度センサ24からのセンサ信号に基づいて、ドライバの要求負荷を管理する。エアフローセンサ25は、ホットワイヤ式またはホットフィルム式のセンサであり、スロットルバルブ14の上流側に接続されるエアクリーナ(図示せず)の直下流に設置され、吸入空気量を検出する。また、スロットル開度センサ26は、スロットルバルブ14の近傍に設置されており、スロットル開度を検出する。マニホールド内圧センサ27は、エアチャンバ15内に臨んで設置されており、エアチャンバ15の内圧を検出する。EGR開度センサ28は、エアチャンバ15とエキゾーストマニホールド17との間に設けたEGRバルブ19に設置されており、EGRバルブ19のEGR開度を検出する。制御ユニット21は、EGR開度センサ28からのセンサ信号に基づいて、インタークマニホールド13内に供給する不活性ガスの吸入空気中への混入量を管理する。エンジン水温センサ29は、燃焼室8の周囲に形成されるウォータージャケット2a内に臨んで設置されており、ウォータージャケット2a内の冷却水の温度を検出する。制御ユニット21は、エンジン水温センサ29からのセンサ信号に基づき、エンジンの燃料噴射量や点火時期等を管理する。

20

30

【0021】

本実施形態では、インジェクタ12の噴射口12aから噴射される燃料が上下2方向に向けて噴射される。第1の噴射方向を示す中心軸Q1は、インジェクタ12の中心軸Qよりも下方に向かっており、第2の噴射方向を示す中心軸Q2は、インジェクタ12の中心軸Qよりも上方に向かっており、

40

【0022】

図3は、高負荷高回転運転時に行われる均一混合燃焼における燃料噴射状態を示す断面図である。均一混合燃焼における燃料の噴射タイミングは、図2に示す吸気行程の初期から中期の時点に設定され、燃料が燃焼室8内に向けて噴射される。この吸気行程における中期の時点とは、ピストン4の位置が上死点後から下死点まで下降する間、すなわち、クランク角度センサ22によって検出されるクランク角が100°~180°、好ましくは、130°~160°、例えば、130°の時点をいう。換言すると、この時点は、クランク角度が上死点後100°よりも下死点側にピストン4が位置している状態である。そし

50

て、インジェクタ 1 2 の噴射口 1 2 a から噴射される燃料は、第 1 の噴射方向を示す中心軸 Q 1 がピストン 4 の吸気側に偏在するキャビティ 5 内に急角度で向かっており、主噴霧塊 F 1 として燃料がキャビティ 5 内に向け噴射される。一方、第 2 の噴射方向を示す中心軸 Q 2 は、ピストン 4 の排気側頂面 4 a、つまり、キャビティ 5 外に滑らかな角度で向かっており、副噴霧塊 F 2 として燃料がキャビティ 5 の上方を越えて燃焼室 8 の排気側に向け噴射される。

【 0 0 2 3 】

図 4 は、均一混合燃焼における圧縮行程初期の燃料噴霧塊の挙動を示す断面図である。図 5 は、均一混合燃焼における圧縮行程後期の燃料噴霧塊の挙動を示す断面図である。図 4 に示すように、吸気行程の中期において燃焼室 8 内に燃料が噴射されると、圧縮行程初期において、主噴霧塊 F 1 は、キャビティ 5 内およびキャビティ 5 の上空に拡散する。これにより、高濃度の混合気がシリンダ 1 の中心軸 0 に対して吸気側に分布される。

10

【 0 0 2 4 】

一方、燃焼室 8 内の排気側に噴射された副噴霧塊 F 2 は、吸気行程後に残留する空気流動（図 4 に極太線矢印で示す）によって燃焼室 8 内の中央部側に向けて巻き込まれて拡散する。これにより、高濃度の混合気がシリンダ 1 の中心軸 0 側に対して排気側に分布される。したがって、圧縮行程後期においては、図 5 に示すように、主噴霧塊 F 1 と副噴霧塊 F 2 とによる高濃度の混合気が、燃焼室 8 内の全体に亘って均質に分布される。その結果、燃料の分散性および空気利用率が向上し、従前のような熱効率損が解消されるとともに、出力性能および燃費の向上を図ることができる。

20

【 0 0 2 5 】

図 6 は、低負荷低回転運転時に行われる成層燃焼における燃料噴射状態を示す断面図である。この成層燃焼における燃料の噴射タイミングは、圧縮行程の後期の時点に設定されている。そして、インジェクタ 1 2 の噴射口 1 2 a から噴射される燃料は、第 1 の噴射方向を示す中心軸 Q 1 に沿う主噴霧塊 F 1 と、第 2 の噴射方向を示す中心軸 Q 2 に沿う副噴霧塊 F 2 との双方がキャビティ 5 内に向け噴射される。

【 0 0 2 6 】

図 7 は、成層燃焼における爆発行程直前の燃料噴霧塊の挙動を示す断面図である。圧縮行程の後期において燃焼室 8 内に燃料が噴射されると、爆発行程直前において、主噴霧塊 F 1 のほとんどは、キャビティ 5 内の吸気側内壁面 5 b に沿って燃焼室 8 内の吸気側上空に向け拡散する。このため、高濃度の混合気がシリンダ 1 の中心軸 0 に対して吸気側に分布される。

30

【 0 0 2 7 】

一方、副噴霧塊 F 2 のほとんどは、キャビティ 5 内の排気側内壁面 5 a に沿って燃焼室 8 内の中央部側上空に向け拡散する。このため、高濃度の混合気が点火プラグ 1 1 の放電電極 1 1 a 周りに分布される。そして、主噴霧塊 F 1 と副噴霧塊 F 2 との残りの残噴霧塊同士は、互いにオーバーラップし合っって切り離されることなくキャビティ 5 内に残留する。この結果、主噴霧塊 F 1 と副噴霧塊 F 2 とによる高濃度の混合気が、燃焼室 8 内の全体に亘って均質に分布され、点火プラグ 1 1 による点火が行われても、火炎伝播が円滑に行われ、失火を防止することができる。しかも、従前のような未燃燃料を発生させることがないため、良質な排気ガスを得ることができるとともに、燃費を向上させることができる。

40

【 0 0 2 8 】

図 8 は、燃料噴霧塊の平面噴射形態を示す横断面図である。図 9 は、燃焼噴霧塊の噴霧ペネトレーションを示す説明図である。図 8 に示すように、主噴霧塊 F 1 と副噴霧塊 F 2 とは、インジェクタ 1 2 の噴射口 1 2 a からシリンダ 1 の中心軸 0 に向けて末広がり、インジェクタ 1 2 の中心軸 Q に対して対称な平面扇形の形状を有する。そして、図 9 に示すように、主噴霧塊 F 1 と副噴霧塊 F 2 とは、下式 (1) , (2) で示すような関係を有する。

【 0 0 2 9 】

【 数式 1 】

50

$$L_1 \cos \theta_1 = L_2 \cos \theta_2 \quad (1)$$

$$\theta_1 > \theta_2 \quad (2)$$

ここで、

L₁ : 主噴霧塊のペネトレーション

L₂ : 副噴霧塊のペネトレーション

θ₁ : 主噴霧塊の噴射角度

θ₂ : 副噴霧塊の噴射角度

α₁ : 主噴霧塊の噴霧角度

α₂ : 副噴霧塊の噴霧角度

【0030】

上記の式において、ペネトレーションL₁は、主噴霧塊F₁の噴射方向を示す中心軸Q₁に沿うピストン4の頂面4aの水平平面Xに至る到達距離をいう。ペネトレーションL₂は、副噴霧塊F₂の噴射方向を示す中心軸Q₂に沿うピストン4の頂面4aの水平平面Xに至る到達距離をいう。噴射角度θ₁は、シリンダ1の中心軸Oと平行なインジェクタ12の噴射口12aを通る鉛直軸Yに対する主噴霧塊F₁の噴射方向の中心軸Q₁の角度をいう。噴射角度θ₂は、シリンダ1の中心軸Oと平行なインジェクタ12の噴射口12aを通る鉛直軸Yに対する副噴霧塊F₂の噴射方向の中心軸Q₁の角度をいう。噴霧角度α₁は、シリンダ1の中心軸Oに向かう主噴霧塊F₁の広がり角度をいう。噴霧角度α₂は、シリンダ1の中心軸Oに向かう副噴霧塊F₂の広がり角度をいう。

10

【0031】

すなわち、主噴霧塊F₁と副噴霧塊F₂とは、ピストン4の頂面4aに同時に到達するように設定されている。その理由は、主噴霧塊F₁は、ピストン4の頂面4aに到るまでの到達距離L₁が副噴霧塊F₂の到達距離L₂よりも短い(L₁ < L₂)。そして、同一の噴射量比率の下で、主噴霧塊F₁がピストン4の頂面4aに副噴霧塊F₂よりも先に到達すると、主噴霧塊F₁によるキャビティ5内への過度な燃料供給が行われ、燃焼室8内の燃料分布がキャビティ5側周辺に偏在する。このため、主噴霧塊F₁の噴霧角度α₁は、副噴霧塊F₂の噴霧角度α₂よりも大きくなっている(α₁ > α₂)。これにより、主噴霧塊F₁の移動速度は、副噴霧塊F₂の移動速度よりも遅くなる。したがって、主噴霧塊F₁と副噴霧塊F₂とが、ピストン4の頂面4aに同時に到達させることが可能になり、主噴霧塊F₁によるキャビティ5内への過度な燃料供給が抑制される。

20

30

【0032】

ところで、主噴霧塊F₁と副噴霧塊F₂との噴射量比率は、ピストン4の上死点において、燃焼室8におけるキャビティ5内の容積とキャビティ5外の容積の比に応じて設定される。この場合、ピストン4の頂面4aに形成されるキャビティ5の形状、つまり、拡開壁面型キャビティとオーバーハング壁面型キャビティとによって、キャビティ内容積とキャビティ外容積の定義が異なる。拡開壁面型キャビティは、例えば、本実施形態で示すように(図3参照)、排気側内壁面5aが上方に向け拡開する方向に傾斜する形態(拡開壁面形状)を有する。オーバーハング壁面型キャビティは、図17に示すような排気側内壁面5aがオーバーハング面に形成された形態(オーバーハング壁面形状)を有する。このため、拡開壁面型キャビティでは、キャビティ5上方の吸気側傾斜ルーフ面8aまで含む空間をキャビティ内容積とし、その他の空間をキャビティ外容積と定義する。一方、オーバーハング壁面型キャビティは、キャビティ5の排気側内壁面5aをオーバーハング面に形成することにより、図17に示すように、キャビティ5の内壁面5aに燃料の噴霧塊Fが衝突した際、ほとんどの噴霧塊Fは吸気側に流動して、キャビティ5内に残留する。このため、オーバーハング壁面型キャビティでは、キャビティ5内のみをキャビティ内容積とし、キャビティ5の上方を含む空間をキャビティ外容積と定義する。そして、キャビティ内容積に相当する比率が、主噴霧塊F₁の噴射量として設定され、キャビティ外容積に相当する比率が、副噴霧塊F₂の噴射量として設定される。

40

【0033】

また、主噴霧塊F₁と副噴霧塊F₂との間に挟まれる空間は、燃料と空気との混合促進を

50

確保する上で重要である。このため、本実施形態では、図9に示すように、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2との間の間隙角度が 10° 以上に維持されるように、主噴霧塊F1の噴射方向における中心軸Q1の噴射角度 θ_1 が、燃焼室8の形状に応じて設定されている。

【0034】

さらに、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2との噴射形態としては、例えば、図10に示すインジェクタ12の中心軸Qと直交する平面Zにおける切断面を矢印Aの方向から見た場合、後述するように、それらの幅方向の断面が偏平な形状を有する。図11は、噴霧塊の断面形態を示す説明図である。図11(a)は、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2とがインジェクタ12の中心軸Qを通る平面に対して対称的な帯状の分布からなる断面形態を有する。図11(b)は、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2とがインジェクタ12の中心軸Qを通る平面に対して、互いの幅および厚さの異なる非対称的な帯状の分布からなる断面形態を有する。図11(c)は、主噴霧塊F1が複数の円形断面(切断面Zに対しては楕円形断面)を有する列状の分布を有する一方、副噴霧塊F2が帯状に分布し、インジェクタ12の中心軸Qを通る平面に対して対称的な断面形態を有する。図11(d)は、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2とが複数の円形断面を有する列状の分布を有し、インジェクタ12の中心軸Qを通る平面に対して対称的な断面形態を有する。図11(e)は、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2とが複数の円形断面を有する分布を有し、インジェクタ12の中心軸Qを通る平面に対して非対称的な断面形態を有する。

10

【0035】

このように、本実施形態においては、シリンダ1内に上死点から下死点まで変位自在に設けられたピストン4を有する。このピストン4の頂面4aには、吸気側に偏在したキャビティ5が形成されている。燃焼室8内には、第1の噴射方向と第2の噴射方向とに燃料を噴射するインジェクタ12が臨んでいる。第1の噴射方向における燃料の主噴霧塊F1の中心軸Q1は、キャビティ5内に向かっていて、第2の噴射方向における燃料の副噴霧塊F2の中心軸Q2は、クランク角度が上死点後 100° よりも下死点側にピストン4が位置している状態において、キャビティ5外に向かっていて、

20

【0036】

そして、高負荷高回転運転時に行われる均一混合燃焼においては、インジェクタ12から噴射される主副噴霧塊F2がキャビティ5内に向け噴射されるとともに、副噴霧塊F2がキャビティ5の上方を越えて燃焼室8の排気側に向け噴射される。これにより、高濃度の混合気がシリンダ1の中心軸0側に対して排気側に分布される。

30

【0037】

したがって、圧縮行程後期においては、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2とによる高濃度の混合気が、燃焼室8内の全体に亘って均質に分布される。しかも、燃料の分割噴霧により、噴霧塊F1、F2と空気との接触面積が多く確保されることから、燃料と空気との混合速度が速く、気化性に優れる。その結果、燃料の分散性および空気利用率が向上し、従前のような熱効率損が解消され、出力性能および燃費の向上を図ることができる。エンジンの始動から暖気までの低水温状態における煤等の生成を抑制することができる。

【0038】

一方、低負荷低回転運転時に行われる成層燃焼において、燃料の噴射タイミングが圧縮行程の後期の時点に設定されている。そして、インジェクタ12から噴射される主噴霧塊F1と副噴霧塊F2との双方がキャビティ5内に向け噴射される。これにより、爆発行程直前において、主噴霧塊F1のほとんどは、キャビティ5内の吸気側内壁面5bに沿って燃焼室8内の吸気側上空に向け拡散する。一方、副噴霧塊F2のほとんどは、キャビティ5内の排気側内壁面5aに沿って燃焼室8内の中央部側上空に向け拡散する。このため、高濃度の混合気が点火プラグ11の放電電極11a周りに分布され、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2との残りの残噴霧塊同士は、互いにオーバーラップし合っって切り離されることなくキャビティ5内に残留する。この結果、主噴霧塊F1と副噴霧塊F2とによる高濃度の混合気が、燃焼室8内の全体に亘って均質に分布され、点火プラグ11による点火が行われても、火炎伝播が円滑に行われ、失火を防止することができる。しかも、従前のような未

40

50

燃燃料を発生させることがないため、良質な排気ガスを得ることができるとともに、燃費を向上させることができる。

【0039】

さらに、主噴霧塊 F 1 の噴射方向がキャビティ 5 内に急角度で向かっているため、主噴霧塊 F 1 のキャビティ 5 の内底面に対する入射角が深くなる。これにより、キャビティ 5 の内底面への主噴霧塊 F 1 の衝突により、燃料の微粒化が速やかに行われるため、気化性に優れる。また、副噴霧塊 F 2 が点火プラグ 1 1 側に速やかに到達されることから、燃料噴射から点火までの時間が短縮され、クランクシャフト 7 の 1 回転当りの時間が短い成層燃焼時の高回転域側においても、十分な効果が発揮される。

【0040】

なお、上記した実施形態では、高負荷高回転運転での均一混合燃焼における燃焼室 8 内への燃料の噴射タイミングが、ピストン 4 の上死点后、 130° のクランク角度で設定されている。しかしながら、本発明は、これに限定されることがなく、例えば、ボアやストローク、あるいは、燃焼室 8 等に応じて、クランク角が $100^\circ \sim 180^\circ$ の範囲で適宜に設定される。また、主噴霧塊 F 1 および副噴霧塊 F 2 の噴霧形態は、燃料噴霧量の比率や燃焼室 8 における燃料の拡散度合い等の調整により適宜に組み合わせられる。

【0041】

【発明の効果】

このように、本発明に係る筒内型噴射エンジンでは、燃焼室内に燃料が 2 方向に噴射される。そして、均一混合燃焼においては、一方の噴霧塊がキャビティ内に噴射され、他方の噴霧塊がキャビティ外に噴射される。また、成層燃焼においては、双方の噴霧塊がキャビティ内に噴射される。これにより、成層燃焼において良好な熱効率、排気ガスおよび燃焼安定性を維持したまま、均一混合燃焼においても、燃料分散性および空気利用率の低下を防止することができ、熱効率、出力性能および燃費の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施形態における筒内噴射エンジンの全体構成図

【図 2】吸気行程初期における断面図

【図 3】高負荷高回転運転での燃料噴射状態を示す断面図

【図 4】均一混合燃焼における圧縮行程初期の燃料噴霧塊の挙動を示す断面図

【図 5】均一混合燃焼における圧縮行程後期の燃料噴霧塊の挙動を示す断面図

【図 6】低負荷低回転運転での成層燃焼における燃料噴射状態を示す断面図

【図 7】成層燃焼における爆発行程直前の燃料噴霧塊の挙動を示す断面図

【図 8】燃料の噴霧塊の平面噴射形態を示す横断面図

【図 9】燃料の噴霧塊のシリンダ中心軸方向に対する噴霧ペネトレーションを示す説明図

【図 10】燃料の噴霧塊の側面噴射形態を示す説明図

【図 11】図 10 におけるインジェクタの中心軸と直交する平面に対する噴霧塊の断面形態を示す説明図

【図 12】従来の均一混合燃焼における吸気行程中期の燃料噴射状態を示す断面図

【図 13】圧縮行程初期における燃料拡散状態を示す断面図

【図 14】圧縮行程後期における燃料拡散状態を示す断面図

【図 15】従来の成層燃焼における圧縮行程後期における燃料拡散状態を示す断面図

【図 16】従来の成層燃焼における爆発行程直前の他の燃料拡散状態を示す断面図

【図 17】従来の成層燃焼における爆発行程直前の他の燃料拡散状態を示す断面図

【符号の説明】

E エンジン本体

1 シリンダ

2 シリンダブロック

2 a ウォータージャケット

3 シリンダヘッド

4 ピストン

10

20

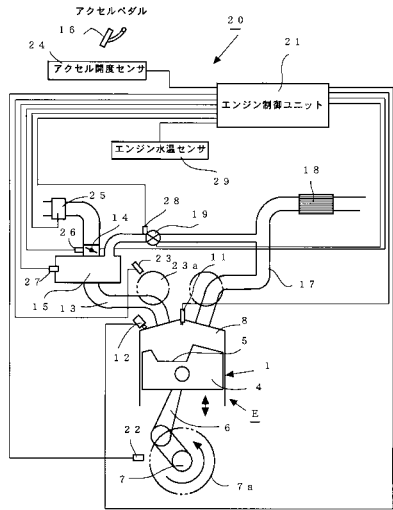
30

40

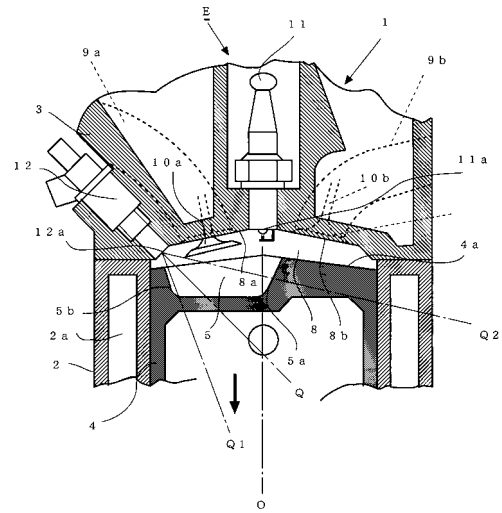
50

5	キャビティ	
5 a	排気側内壁面	
5 b	吸気側内壁面	
6	コンロッド	
7	クランクシャフト	
7 a	クランクロータ	
8	燃焼室	
8 a	吸気側傾斜ルーフ面	
8 b	排気側傾斜ルーフ面	
9 a	吸気ポート	10
9 b	排気ポート	
10 a	吸気バルブ	
10 b	排気バルブ	
11	点火プラグ	
11 a	放電電極	
12	インジェクタ	
12 a	噴射口	
13	インテークマニホールド	
14	スロットルバルブ	
15	エアチャンバ	20
16	アクセルペダル	
17	エキゾーストマニホールド	
18	触媒コンバータ	
19	排気再循環バルブ (E G R バルブ)	
20	エンジン制御回路	
21	制御ユニット	
22	クランク角度センサ	
23	カム角度センサ	
23 a	カム機構	
24	アクセル開度センサ	30
25	エアフローセンサ	
26	スロットル開度センサ	
27	マニホールド内圧センサ	
28	E G R 開度センサ	
29	エンジン水温センサ	
F 1	第 1 の噴霧塊 (燃料)	
F 2	第 2 の噴霧塊 (燃料)	

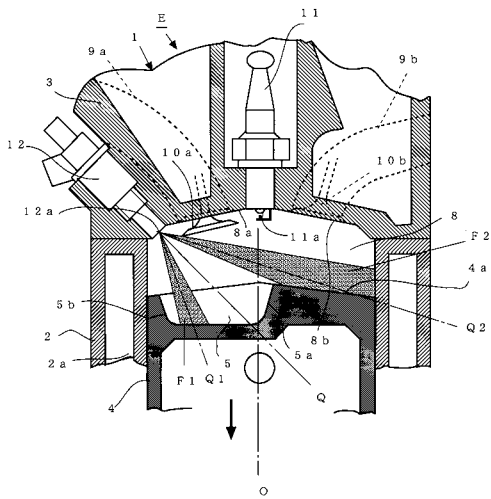
【図1】



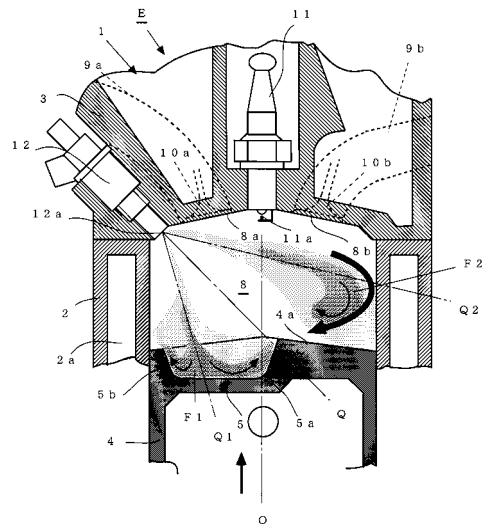
【図2】



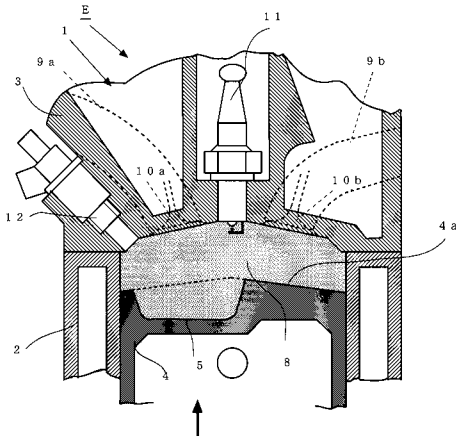
【図3】



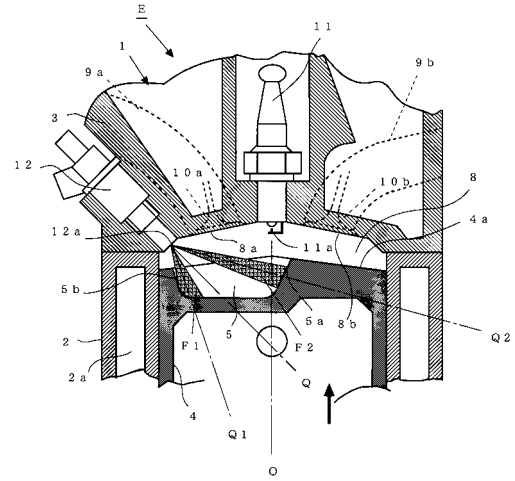
【図4】



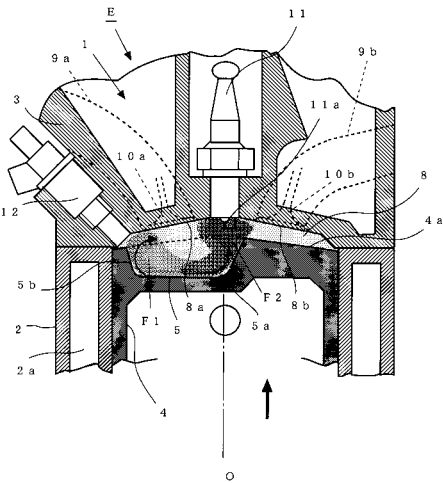
【図5】



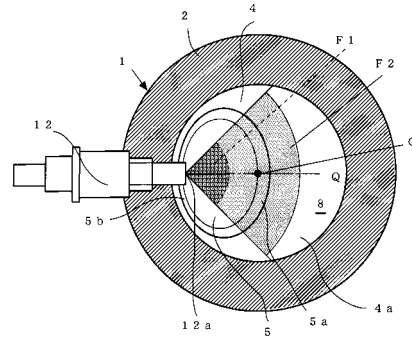
【図6】



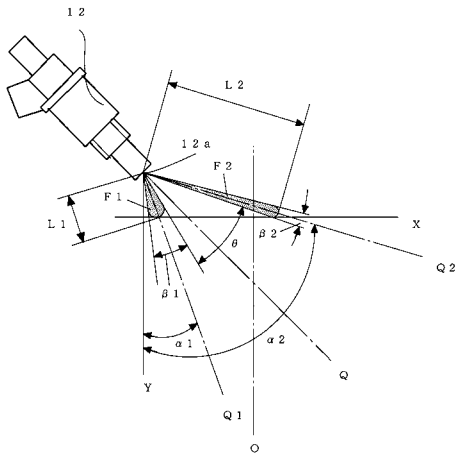
【図7】



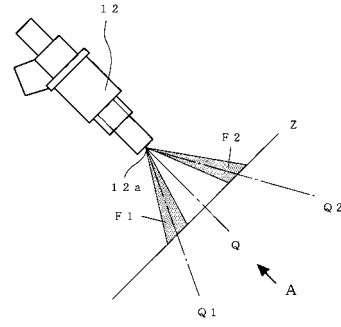
【図8】



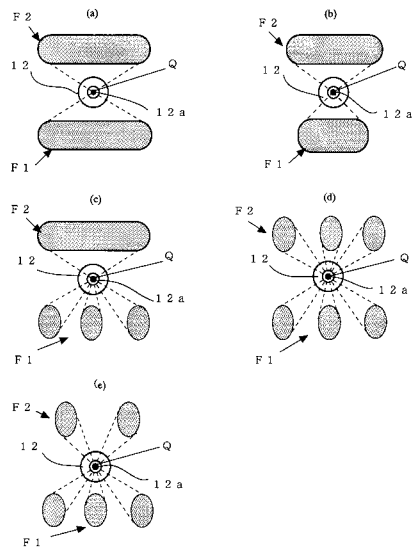
【図 9】



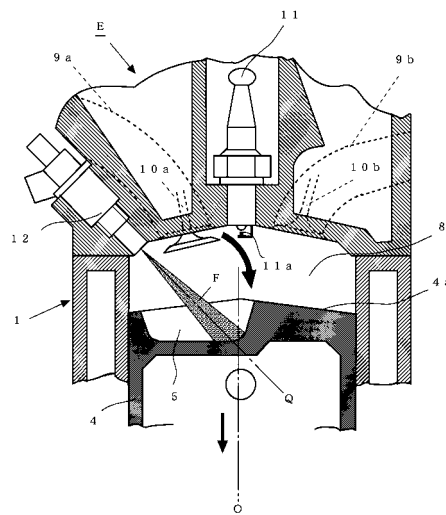
【図 10】



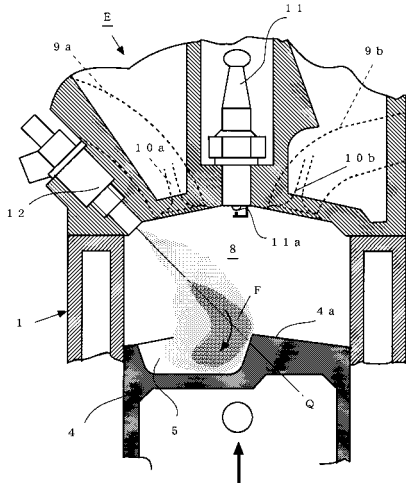
【図 11】



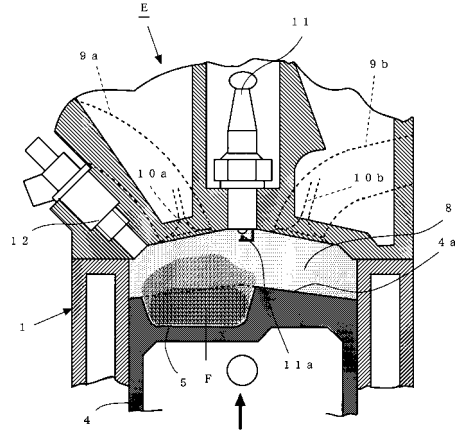
【図 12】



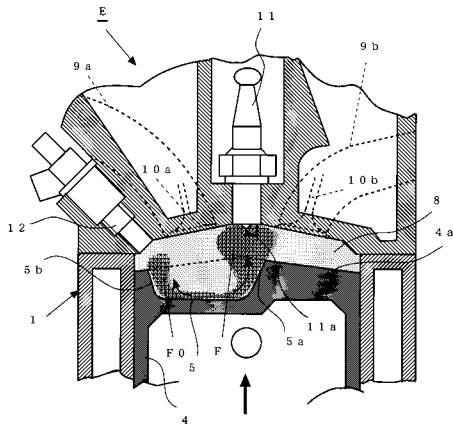
【図 13】



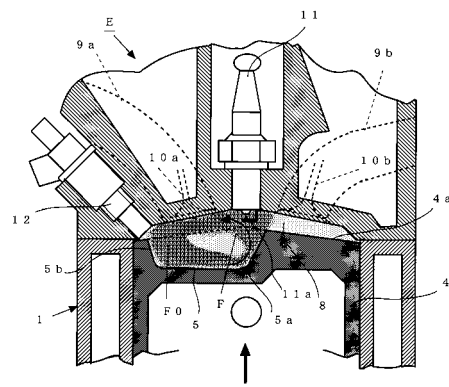
【図 14】



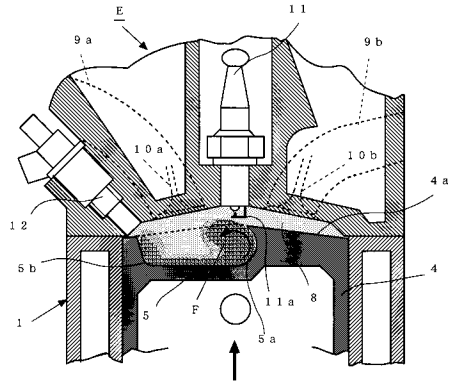
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 M 61/18 (2006.01) F 0 2 D 41/02 3 3 5
F 0 2 D 41/04 3 3 5 C
F 0 2 F 3/26 A
F 0 2 M 61/14 3 1 0 Z
F 0 2 M 61/18 3 2 0 Z

(56)参考文献 特開2001-214744(JP,A)
特開平11-030124(JP,A)
特開平06-010674(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02B 23/10
F02D 41/02
F02D 41/04
F02F 3/26
F02M 61/14
F02M 61/18