

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4135912号

(P4135912)

(45) 発行日 平成20年8月20日 (2008. 8. 20)

(24) 登録日 平成20年6月13日 (2008. 6. 13)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 D 41/06 (2006. 01)

F O 2 D 41/06 3 3 5 Z

F O 2 B 23/10 (2006. 01)

F O 2 B 23/10 K

F O 2 M 67/02 (2006. 01)

F O 2 M 67/02

F O 2 M 67/12 (2006. 01)

F O 2 M 67/12

請求項の数 4 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2003-138235 (P2003-138235)
 (22) 出願日 平成15年5月16日 (2003. 5. 16)
 (65) 公開番号 特開2004-340046 (P2004-340046A)
 (43) 公開日 平成16年12月2日 (2004. 12. 2)
 審査請求日 平成17年12月1日 (2005. 12. 1)

(73) 特許権者 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (73) 特許権者 508148046
 オービタル、オーストラリア、プロプライ
 エタリ、リミテッド
 オーストラリア国 6021 ウェスター
 ンオーストラリア、バルカッタ、ホイップ
 ルストリート、4
 (74) 代理人 100067840
 弁理士 江原 望
 (74) 代理人 100098176
 弁理士 中村 訓
 (74) 代理人 100112298
 弁理士 小田 光春

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内噴射式内燃機関

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料と噴射用空気との混合気を燃焼室内に直接噴射する混合気噴射弁と、前記噴射用空気となる圧縮空気を吐出するためにクランク軸の動力により駆動される空気ポンプと、前記混合気噴射弁の噴射時期を設定する制御手段とを備える筒内噴射式内燃機関において、

前記混合気噴射弁は、燃料を噴射する燃料噴射弁と、前記燃料噴射弁から噴射された燃料と前記噴射用空気との混合気を前記燃焼室内に噴射する空気噴射弁とから構成され、

前記空気噴射弁の噴射時期が、前記混合気噴射弁の噴射時期であり、

前記空気ポンプの吐出時期は、前記内燃機関の圧縮行程に設定され、

前記内燃機関の機関状態を検出する機関状態検出手段を備え、

前記制御手段は、

前記機関状態検出手段により前記内燃機関の始動が検出されたときであって、

前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に基づいて前記噴射用空気の圧力が前記圧縮行程での前記混合気の噴射が可能な基本空気圧よりも低圧であると判断したとき、前記燃料噴射弁の噴射時期を前記内燃機関の吸気行程の前半に設定し、前記空気噴射弁の噴射時期を前記燃料噴射弁の噴射時期よりも遅い時期であって、前記吸気行程の前半に設定する始動時制御を実行し、

前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に基づいて前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧以上であると判断したとき、前記燃料噴射弁の噴射時期を前記吐出時期よりも早い時期に設定し、前記空気噴射弁の噴射時期を、前記噴射用空気の圧力が前記基

10

20

本空気圧よりも高い圧力に設定された設定空気圧よりも高い状態に保たれている時期と重なるように、前記吐出時期と互いに部分的に重なる時期、または前記吐出時期と重なることなく前記吐出時期よりも遅い時期に、かつ前記圧縮行程の後半に設定することを特徴とする筒内噴射式内燃機関。

【請求項 2】

前記機関状態検出手段は機関回転速度を検出する回転速度検出手段を含み、

前記制御手段は、

前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に基づいて前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも低圧であると判断したときであって、

前記回転速度検出手段により、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧に達する状態に相当する所定機関回転速度に達したことが検出されたとき、前記始動時制御において前記空気噴射弁の噴射時期を前記吸気行程から前記圧縮行程に切り換えることを特徴とする請求項 1 記載の筒内噴射式内燃機関。

10

【請求項 3】

前記機関状態検出手段は混合気噴射弁の噴射回数を検出する噴射回数検出手段を含み、

前記制御手段は、

前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に基づいて前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも低圧であると判断したときであって、

前記噴射回数検出手段により、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧に達する状態に相当する所定噴射回数に達したことが検出されたとき、前記始動時制御において前記空気噴射弁の噴射時期を前記吸気行程から前記圧縮行程に切り換えることを特徴とする請求項 1 記載の筒内噴射式内燃機関。

20

【請求項 4】

前記機関状態検出手段は前記内燃機関の停止時間を検出する時間検出手段を含み、

前記制御手段が前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも低圧であるかまたは前記基本空気圧以上であるかを判断する前記機関状態は前記停止時間であり、

前記制御手段は、

前記時間検出手段により検出される前記停止時間が所定停止時間を越えるとき、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも低圧であると判断し、

前記時間検出手段により検出される前記停止時間が前記所定停止時間以内のとき、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧以上であると判断することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の筒内噴射式内燃機関。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料と噴射用空気との混合気を燃焼室に直接噴射する混合気噴射弁を備える筒内噴射式内燃機関に関し、特に、噴射用空気が内燃機関のクランク軸の動力により駆動される空気ポンプから吐出された圧縮空気である筒内噴射式内燃機関に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種の筒内噴射式内燃機関として、例えば特許文献 1 に開示されたものがある。この内燃機関は、燃料と圧縮空気との混合気を燃焼室内に直接噴射する燃料噴射ユニットと、燃料噴射ユニットに連通するエアダクトに圧縮空気を供給するためにクランク軸により駆動されるコンプレッサとを備える。そして、燃料噴射ユニットに供給された燃料は、燃料噴射ユニット内で圧縮空気と混合され、エアダクトからの圧縮空気と共に燃焼室に噴射される。このようにすることで、燃焼室内では、噴射された圧縮空気による強い空気流が形成されて燃料の霧化が促進されるため、燃焼性が良好な内燃機関が得られる。

40

【0003】

しかしながら、内燃機関の始動時において、特に始動開始直後はコンプレッサの吐出空気量が少ないために、内燃機関の長時間の停止状態により、エアダクト内の圧縮空気の圧力

50

が低下している場合には、燃料をシリンダ内に搬送するための十分に高圧の圧縮空気を供給することができない。そのため、燃料噴射ユニットから噴射される圧縮空気により燃焼室内に形成される空気流が弱く、燃料が霧化されにくくなって、燃焼性が低下する結果、始動性が低下する。

【 0 0 0 4 】

そこで、特許文献 1 の内燃機関では、始動時に、圧縮行程にあるシリンダの燃料噴射ユニットを開弁して、シリンダ内の圧縮空気を燃料噴射ユニット内に導入することにより、エアダクト内の空気圧を高めている。

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】

特表 2 0 0 0 - 5 1 4 1 5 0 号公報

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、前記従来技術では、圧縮行程時の圧縮空気が燃料噴射ユニットを通じて抽気されるので、シリンダ内の圧力が低下して、内燃機関の始動性が低下する。また、エアダクト内の空気圧を高めるために、燃料噴射ユニットの開弁時期を制御する必要があることから、燃料噴射ユニットの制御が複雑化するうえ、エアダクト内の圧力を検出する圧力センサが必要な場合には、コストが増加する。また、シリンダ内の空気には幾分かのオイルが混入しているため、このオイルが燃料噴射ユニット内の空気通路壁にデポジットとなって付着または堆積し、圧縮空気の流れを阻害する虞がある。

【 0 0 0 7 】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、請求項 1 ～ 4 記載の発明は、簡単な制御により、始動性が良好な筒内噴射式内燃機関を提供することを目的とする。そして、請求項 2 , 3 記載の発明は、さらに、コスト削減を図ることを目的とし、請求項 4 記載の発明は、さらに、燃費の改善を図ることを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

請求項 1 記載の発明は、燃料と噴射用空気との混合気を燃焼室内に直接噴射する混合気噴射弁と、前記噴射用空気となる圧縮空気を吐出するためにクランク軸の動力により駆動される空気ポンプと、前記混合気噴射弁の噴射時期を設定する制御手段とを備える筒内噴射式内燃機関において、前記混合気噴射弁は、燃料を噴射する燃料噴射弁と、前記燃料噴射弁から噴射された燃料と前記噴射用空気との混合気を前記燃焼室内に噴射する空気噴射弁とから構成され、前記空気噴射弁の噴射時期が、前記混合気噴射弁の噴射時期であり、

前記空気ポンプの吐出時期は、前記内燃機関の圧縮行程に設定され、前記内燃機関の機関状態を検出する機関状態検出手段を備え、前記制御手段は、前記機関状態検出手段により前記内燃機関の始動が検出されたときであって、前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に基づいて前記噴射用空気の圧力が前記圧縮行程での前記混合気の噴射が可能な基本空気圧よりも低圧であると判断したとき、前記燃料噴射弁の噴射時期を前記内燃機関の吸気行程の前半に設定し、前記空気噴射弁の噴射時期を前記燃料噴射弁の噴射時期よりも遅い時期であって、前記吸気行程の前半に設定する始動時制御を実行し、前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に基づいて前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧以上であると判断したとき、前記燃料噴射弁の噴射時期を前記吐出時期よりも早い時期に設定し、前記空気噴射弁の噴射時期を、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも高い圧力に設定された設定空気圧よりも高い状態に保たれている時期と重なるように、前記吐出時期と互いに部分的に重なる時期、または前記吐出時期と重なることなく前記吐出時期よりも遅い時期に、かつ前記圧縮行程の後半に設定する筒内噴射式内燃機関である。

【 0 0 0 9 】

これによれば、内燃機関の始動時に、機関回転速度が低くて、クランク軸の動力により駆動される空気ポンプから吐出される圧縮空気により昇圧される噴射用空気の圧力が、圧

10

20

30

40

50

縮行程で混合気を噴射するには十分に高圧でないとき、始動時制御により、吸気行程の前半に燃料噴射弁が燃料を噴射し、燃料噴射弁の噴射時期よりも遅い時期で吸気行程の前半に空気噴射弁により混合気が噴射される。このとき、燃焼室内が負圧状態にあることに加えて、噴射用空気は、空気ポンプから供給される圧縮空気により、比較的低下であるものの大気圧よりも高い圧力を有するため、混合気噴射弁内での混合気の圧力と燃焼室内の圧力との差圧が大きくなるので、燃焼室内で燃料の霧化が促進される。また、噴射用空気の圧力が基本空気圧以上のとき、燃料噴射弁は空気ポンプの吐出時期よりも早い時期に燃料を噴射し、空気噴射弁は、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも高い圧力に設定された設定空気圧よりも高い状態に保たれている時期と重なるように、前記吐出時期と互いに部分的に重なる時期、または前記吐出時期と重なることなく前記吐出時期よりも遅い時期に、かつ圧縮行程の後半で混合気を噴射するので、圧縮行程時に混合気噴射弁から燃料と共に噴射される高圧の噴射用空気により、燃焼室内に強い空気流が形成されて、燃料の霧化が促進されるので、良好な燃焼性が得られると共に、成層燃焼での運転が可能になる。

10

【 0 0 1 0 】

この結果、請求項 1 記載の発明によれば、次の効果が奏される。すなわち、混合気噴射弁の燃焼室内への噴射時期が機関状態に応じて圧縮行程に設定される筒内噴射式内燃機関において、内燃機関の始動が検出されたときには、噴射時期が吸気行程に設定されるので、噴射時期を変更するという簡単な制御により、燃焼室内で燃料の霧化が促進されて始動時の燃焼性が向上し、始動性が向上する。また、圧縮行程時の空気圧を噴射用空気を利用することもないので、混合気噴射弁内の空気通路がデポジットで閉塞される虞は殆どない。さらに、混合気噴射弁の噴射時期が圧縮行程に設定されることにより、良好な燃焼性が得られると共に、成層燃焼が可能となるので、燃費が改善される。

20

【 0 0 1 1 】

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の筒内噴射式内燃機関において、前記機関状態検出手段は機関回転速度を検出する回転速度検出手段を含み、前記制御手段は、前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に基づいて前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも低下であると判断したときであって、前記回転速度検出手段により、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧に達する状態に相当する所定機関回転速度に達したことが検出されたとき、前記始動時制御において前記空気噴射弁の噴射時期を前記吸気行程から前記圧縮行程に切り換えるものである。

30

【 0 0 1 2 】

これによれば、噴射用空気の圧力を検出する圧力センサを使用することなく、回転速度検出手段の検出結果に基づいて、噴射用空気の圧力が基本空気圧に達するときに、噴射時期が吸気行程から圧縮行程に切り換えられて、高圧の噴射用空気により燃料の霧化が行われる。

【 0 0 1 3 】

この結果、請求項 2 記載の発明によれば、請求項 1 記載の発明の効果に加えて、次の効果が奏される。すなわち、噴射用空気の圧力を検出する圧力センサが不要になるので、コストが削減されると共に、高圧の噴射用空気により燃料の霧化が行われるので、良好な始動性が確保される。

40

【 0 0 1 4 】

請求項 3 記載の発明は、請求項 1 記載の筒内噴射式内燃機関において、前記機関状態検出手段は混合気噴射弁の噴射回数を検出する噴射回数検出手段を含み、前記制御手段は、前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に基づいて前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも低下であると判断したときであって、前記噴射回数検出手段により、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧に達する状態に相当する所定噴射回数に達したことが検出されたとき、前記制御手段は、前記始動時制御において前記空気噴射弁の噴射時期を前記吸気行程から前記圧縮行程に切り換えるものである。

【 0 0 1 5 】

50

これによれば、噴射用空気の圧力を検出する圧力センサを使用することなく、噴射回数検出手段の検出結果に基づいて、噴射用空気の圧力が基本空気圧に達するときに、噴射時期が吸気行程から圧縮行程に切り換えられて、高圧の噴射用空気により燃料の霧化が行われる。

この結果、請求項 3 記載の発明によれば、請求項 2 記載の発明と同様の効果が奏される。

【 0 0 1 6 】

請求項 4 記載の発明は、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の筒内噴射式内燃機関において、前記機関状態検出手段は前記内燃機関の停止時間を検出する時間検出手段を含み、前記制御手段が前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも低圧であるかまたは前記基本空気圧以上であるかを判断する前記機関状態は前記停止時間であり、前記制御手段は、前記時間検出手段により検出される前記停止時間が所定停止時間を越えるとき、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧よりも低圧であると判断し、前記時間検出手段により検出される前記停止時間が前記所定停止時間以内のとき、前記噴射用空気の圧力が前記基本空気圧以上であると判断するものである。

【 0 0 1 7 】

これによれば、内燃機関の前の運転停止時期から今回の始動開始時期までの停止時間が所定停止時間以内であるために、空気ポンプから混合気噴射弁までの空気供給系などに存在し得る僅かな隙間からの圧縮空気の漏洩による噴射用空気の圧力低下が殆どないか、または小さくて、始動開始時期に噴射用空気の圧力が基本空気圧以上であるときは、始動時制御が実行されることなく、圧縮行程で混合気が噴射される。そして、基本空気圧以上の高圧の噴射用空気により、燃焼室内に強い空気流が形成されて、燃料の霧化が促進されるので、良好な燃焼性が得られると共に、始動開始直後から成層燃焼での運転が可能になる。

【 0 0 1 8 】

この結果、請求項 4 記載の発明によれば、引用された請求項記載の発明の効果に加えて、次の効果が奏される。すなわち、内燃機関が始動状態にあるときでも、内燃機関の停止時間が所定停止時間以内であるときは、始動時制御が行われることなく、高圧の噴射用空気により混合気の噴射が行われることにより、燃焼性が向上するので、良好な始動性が確保されると共に、成層燃焼での運転の開始時期を早めことができるので、燃費が一層改善される。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を図 1 ないし図 1 1 を参照して説明する。

図 1 ~ 図 3 を参照すると、本発明が適用された筒内噴射式内燃機関 E は、車両である自動二輪車に搭載される水冷式で単気筒の 4 ストローク内燃機関であり、クランク軸 5 が収容されるクランク室を形成するクランクケース 1 と、クランクケース 1 の上端部に結合されたシリンダ 2 と、シリンダ 2 の上端部に結合されたシリンダヘッド 3 と、シリンダヘッド 3 の上端部に結合されたヘッドカバー 4 とから構成される機関本体を備える。

【 0 0 2 0 】

そして、内燃機関 E は、クランク軸 5 が車両の左右方向（車幅方向）に延びるように横置き配置されると共に、クランク軸 5 に対して車両における前方に位置するシリンダ 2 が僅かに車両における上方に傾斜する状態（図 1，図 2 参照）で車体に懸架される。

【 0 0 2 1 】

なお、この実施例において、内燃機関 E 自体に関しては、上方向は、シリンダ軸線 L1 の方向 D において、シリンダ 2 に対してシリンダヘッド 3 が位置する方向であるとする。

【 0 0 2 2 】

シリンダ 2 のシリンダ孔 2a に往復動可能に嵌合されたピストン 6 は、コンロッド 7 を介して、クランクケース 1 に回転可能に支持されるクランク軸 5 に連結される。そして、ピストン 6 とシリンダヘッド 3 との間には、シリンダヘッド 3 の下面に形成された凹部 3a およ

10

20

30

40

50

びピストン 6 の頂面に形成されたキャビティ 6a から構成される燃焼室 8 が形成される。

【 0 0 2 3 】

図 4 を併せて参照すると、シリンダヘッド 3 には、燃焼室 8 に開口する 1 対の吸気口 9a を有する吸気ポート 9 と、燃焼室 8 に開口する 1 つの排気口 10a を有する排気ポート 10 とが形成され、また 1 対の吸気口 9a をそれぞれ開閉する 1 対の吸気弁 11 と排気口 10a を開閉する 1 つの排気弁 12 とが設けられ、さらに混合気噴射弁 30 および点火栓 14 が燃焼室 8 に臨んで装着されている。

【 0 0 2 4 】

混合気噴射弁 30 は、シリンダ軸線 L1 とほぼ同軸の軸線を有するように、シリンダ軸線方向 D から見て燃焼室 8 の中心部に配置されて、燃料と圧縮空気との混合気を燃焼室 8 に直接噴射する。両吸気弁 11、排気弁 12 および点火栓 14 は、混合気噴射弁 30 を中心としてその周囲に、周方向に間隔をおいて配置される。

【 0 0 2 5 】

吸気ポート 9 の入口 9b が開口するシリンダヘッド 3 の吸気側の側面には、エアクリーナ 51 (図 7 参照) およびスロットルボディを有する吸気装置の吸気管 15 が、入口 9b と連通するように接続され、排気ポート 10 の出口 10b が開口するシリンダヘッド 3 の排気側の側面には、排気装置の排気管が接続される。

【 0 0 2 6 】

ここで、吸気側とは、前記機関本体において、シリンダ軸線 L1 を含み、かつクランク軸 5 の回転中心線 L2 に平行な平面 H に対して吸気ポート 9 が位置する側を意味し、排気側とは、前記機関本体において、平面 H に対して排気ポート 10 が位置する側を意味する。

【 0 0 2 7 】

そして、前記吸気装置から吸気管 15 を経て供給された吸入空気は、ピストン 6 が下降する吸気行程で、吸気ポート 9 から開弁した 1 対の吸気弁 11 を通って燃焼室 8 内に吸入される。混合気の状態では混合気噴射弁 30 から燃焼室 8 に噴射された燃料は、圧縮行程で上昇するピストン 6 により圧縮された後、点火栓 14 により点火されて燃焼し、膨張行程で燃焼ガスの圧力により下降するピストン 6 が、コンロッド 7 を介してクランク軸 5 を回転駆動する。燃焼ガスは、排気行程で、開弁した排気弁 12 を通って排気ガスとして燃焼室 8 から排気ポート 10 に排出され、さらに前記排気装置を経て外部に排出される。

【 0 0 2 8 】

図 1 ~ 図 5 を参照すると、両吸気弁 11 および排気弁 12 を開閉する動弁装置 16 は、シリンダ 2 の側部に回転可能に支持されて吸気カム 18i および排気カム 18e を有するカム軸 17 と、シリンダ 2 に保持された 1 対の支持軸 19i , 19e に揺動可能にそれぞれ支持されて吸気カム 18i に接触する吸気カムフォロア 20i および排気カム 18e に接触する排気カムフォロア 20e と、シリンダヘッド 3 に保持された 1 対のロッカ軸 21i , 21e に揺動可能にそれぞれ支持されて、1 対の吸気弁 11 の弁ステムの先端に当接する吸気ロッカアーム 22i および排気弁 12 の弁ステムの先端に当接する排気ロッカアーム 22e と、吸気カムフォロア 20i および排気カムフォロア 20e と吸気ロッカアーム 22i および排気ロッカアーム 22e とにそれぞれ両端部で当接して、吸気カムフォロア 20i および排気カムフォロア 20e の揺動運動を吸気ロッカアーム 22i および排気ロッカアーム 22e にそれぞれ伝達する 1 対のロッド 23i , 23e とを備える。

【 0 0 2 9 】

図 1 に示されるように、カム軸 17 は、クランク軸 5 に設けられる駆動スプロケット 24 と、カム軸 17 に設けられるカムスプロケット 25 および両スプロケット 24 , 25 に掛け渡されるタイミングチェーン 26 とを含む伝動機構を介して伝達されるクランク軸 5 の動力により、その 1 / 2 の回転速度で回転駆動される。そして、カム軸 17 と共に回転する吸気カム 18i および排気カム 18e が、それぞれ、吸気カムフォロア 20i および排気カムフォロア 20e 、1 対のロッド 23i , 23e 、吸気ロッカアーム 22i および排気ロッカアーム 22e を介して、弁パネ 27 により閉弁方向に付勢されている 1 対の吸気弁 11 および排気弁 12 を、クランク軸 5 の回転に同期して所定の開閉時期に開閉する。

【 0 0 3 0 】

図3, 図6を参照すると、シリンダヘッド3およびヘッドカバー4に跨って取り付けられた混合気噴射弁30は、燃料と噴射用空気とにより形成された混合気を燃焼室8のキャビティ6a内に直接噴射する。

【0031】

この混合気噴射弁30は、ヘッドカバー4に形成された挿入筒4cに挿入されて、燃料供給系40(図7参照)を通じて供給される燃料を噴射する燃料噴射弁31と、シリンダヘッド3に形成された挿入筒3cに挿入されて、燃料噴射弁31から噴射された燃料と空気供給系50(図7参照)を通じて供給される噴射用空気との混合気を、噴口(図示されず)を開閉する弁体32a1を有するノズル部32aから燃焼室8内に噴射する空気噴射弁32とから構成される。

【0032】

挿入筒4cと燃料噴射弁31との間には、燃料噴射弁31の弁ボディ31bの外周に装着された1対の環状のシール33, 34により密封される環状の燃料室36が、弁ボディ31bを囲んで形成される。この燃料室36には燃料供給系40からの燃料が供給される。また、挿入筒4cと燃料噴射弁31および空気噴射弁32との間には、シール34および空気噴射弁32の弁ボディ32bの外周に装着された環状のシール35により密封される環状の空気室37が、燃料噴射弁31のノズル部31aおよび空気噴射弁32の空気導入部32cを囲んで形成される。この空気室37には、前記空気供給系50からの圧縮空気が噴射用空気として供給される。

【0033】

そして、混合気噴射弁30から噴射される混合気に含まれる燃料量と、混合気噴射弁30の噴射時期 T_M (図10参照)および噴射量は、後述する機関状態検出手段により検出される内燃機関Eの機関負荷、機関回転速度 Ne および機関温度などの機関状態に応じて、制御手段としての電子制御装置(以下、「ECU」という。)80(図1参照)により設定される。また、点火栓14による点火時期 T_i (図10参照)も前記機関状態に応じてECU80により制御される。

【0034】

燃料噴射弁31および空気噴射弁32は、ECU80からの信号により開閉駆動されるソレノイド弁から構成される。そして、燃料噴射弁31は、燃料室36から弁ボディ31bに形成された燃料導入口31cを通して弁ボディ31b内に流入した燃料を、ECU80により前記機関状態に応じて設定された噴射時期 T_F (図10参照)および燃料量で、ノズル部31aから空気導入部32cを通して空気噴射弁32の弁ボディ32b内に噴射する。その後、空気噴射弁32は、混合気噴射弁30での噴射時期 T_M および噴射量でもある噴射時期および噴射量で、弁ボディ32b内の燃料と弁ボディ32b内および空気室37の噴射用空気との混合気を、燃焼室8内に臨んでいるノズル部32aからキャビティ6aに向けて噴射する。

【0035】

図7を参照すると、燃料供給系40は、燃料タンク41から汲み上げた液体燃料を高圧にして圧送する電動式の燃料ポンプ42と、燃料ポンプ42から燃料室36に供給される燃料の圧力を設定燃料圧 P_F に調整する燃料圧レギュレータ43と、燃料ポンプ42、燃料圧レギュレータ43および燃料室36を連通させる燃料通路系44とから構成される。そして、図6, 図8を併せて参照すると、設定燃料圧 P_F の燃料は、導管45が接続される管継手46を介してヘッドカバー4に形成された孔からなる燃料通路44cを通して燃料室36に供給される。ここで、導管45および管継手46によりそれぞれ形成される燃料通路44a, 44bと燃料通路44cとは、燃料通路系44の一部である。また、燃料ポンプ42から吐出された燃料のうち、余剰の燃料は、燃料圧レギュレータ43から戻り燃料通路47を経て燃料タンク41に還流する。

【0036】

図5~図7を参照すると、空気供給系50は、クランク軸5の動力により駆動されて前記吸気装置のエアクリーナ51から吸入した空気を高圧の圧縮空気にして吐出する空気ポンプ52と、空気ポンプ52から吐出されて空気室37内に供給された圧縮空気である噴射用空気の圧力を設定空気圧 P_A に調整する空気圧レギュレータ53と、空気ポンプ52、空気圧レギュレータ53および空気室37を連通させる空気通路系54とから構成される。この設定空気圧 P_A は、圧縮行程において、好ましくは圧縮行程の後半に、混合気噴射弁30からの混合気の噴

10

20

30

40

50

射を可能とするための圧力であり、圧縮行程での混合気の噴射を可能とするための最低圧力である後述する基本空気圧 P_{A0} よりも高い圧力に設定される。

【0037】

シリンダ2の排気側に設けられた空気ポンプ52は、後述する吐出時期 T_A に設定空気圧 P_A よりも高圧の圧縮空気を吐出する容積型の往復式ポンプであり、シリンダ2に一体成形されたポンプボディ52aと、ポンプボディ52aに薄板からなるガスケット52cを介して結合されるポンプカバー52bと、シリンダ2に回転可能に支持されてクランク軸5の動力により回転駆動される回転軸55と、回転軸55に連結されると共にポンプボディ52aに往復動可能に嵌合してポンプカバー52bとの間にポンプ室52eを形成するピストン52dとを備える。

【0038】

ポンプカバー52bには、ガスケット52cの一部をリード弁体としたリード弁からなる吸入弁が設けられる吸入路52f1が形成された吸入部52fと、バネ52h2により付勢された弁体52h1を有する吐出弁52hが設けられる吐出路52g1が形成された吐出部52gとが形成される。図1, 図3を併せて参照すると、回転軸55は、クランク軸5に設けられた駆動スプロケット56と、回転軸55に設けられた被動スプロケット57と、両スプロケット56, 57に掛け渡された伝動チェーン58から構成される伝動機構を介して伝達されるクランク軸5の動力により、カム軸17と等速で回転駆動される。

【0039】

ポンプカバー52bおよび吐出部52gは、その全体が、シリンダヘッド3の排気側に隣接して配置されると共に、シリンダヘッド3のシリンダ2との合わせ面3dよりもシリンダヘッド3側に位置し、ポンプ室52eの最上部は、該合わせ面3d上にほぼ位置する。さらに、空気室37の全体は、燃料室36よりも空気ポンプ52寄りに位置する。

【0040】

ピストン52dは、スコッチヨーク機構を介して回転軸55に連結されている。具体的は、ピストン52dは、回転軸55の一端部において回転軸55の回転中心線から偏心して設けられた偏心軸55aに、ピストン52dに形成された円柱状の案内孔に摺動可能に嵌合する円筒状の摺動駒59を介して連結され、回転軸55の回転によりポンプボディ52a内を、ポンプボディ52aの軸線方向に往復動する。なお、回転軸55の他端部には、冷却水ポンプ28のインペラを回転駆動するための伝動機構が設けられる。

【0041】

そして、エアクリーナ51に連通する導管が接続される管継手60を経て吸入路52f1からポンプ室52eに吸入された空気は、ピストン52dにより圧縮されて高圧となり、吐出弁52hを開いて圧縮空気として吐出路52g1に吐出される。

【0042】

図4, 図8を参照すると、空気圧レギュレータ53は、ヘッドカバー4の吸気側に一体成形された収容部4dに部分的に収容された状態でヘッドカバー4に装着される。空気圧レギュレータ53は、収容部4dに形成された収容室4eに収容される第1ケース53aと、収容室4eの外部に位置してカバー53cにより覆われる第2ケース53bとを備える。収容部4dと第1ケース53aとの間には、第1ケース53aに装着された1対の環状のシール61, 62により密封されて、両シール61, 62の間で第1ケース53aを囲む空気導入室63と、シール62と収容部4dの底部との間で第1ケース53aの空気放出部53a1を囲む戻り空気室64とが形成される。戻り空気室64には、圧力調整の際に空気圧レギュレータ53から放出される余剰の空気が、空気放出部53a1を通して導かれる。

【0043】

第2ケース53bには、設定空気圧 P_A を補正する際の基準圧を有する流体としての外気を導入する空気導入孔53dが形成される。外気は、収容部4dとカバー53cと間に形成された隙間53eから、第2ケース53bとカバー53cとの間に形成された空間53fに流入し、該空間53fに開放する空気導入孔53dから空気圧レギュレータ53内に流入する。

【0044】

図7を併せて参照すると、空気導入室63は、収容部4dに形成された通路65aを一部とする

10

20

30

40

50

空気通路65を介して燃料圧レギュレータ43に連通し、該空気通路65を通して、燃料圧レギュレータ43の設定燃料圧 P_F を空気室37内の圧力に応じて補正する際の基準圧を有する流体としての、設定空気圧 P_A を有する空気が導かれる。さらに、戻り空気室64は、収容部4dに装着された管継手66、および該管継手66に接続される導管（図示されず）などにより形成される戻り空気通路67を介してエアクリーナ51に連通する。そして、空気ポンプ52から吐出された圧縮空気のうち、余剰の空気が、空気圧レギュレータ53から戻り空気通路67を経てエアクリーナ51に還流する。

【0045】

図5～図8を参照すると、空気通路系54は、ポンプカバー52bの吐出路52g1の出口に接続されて導管68により形成される空気通路54aと、シリンダヘッド3に形成された孔からなるヘッド側空気通路54bと、ヘッドカバー4に形成された孔からなるカバー側空気通路54cと、シリンダヘッド3およびヘッドカバー4の合わせ面に設けられてヘッド側空気通路54bとカバー側空気通路54cとを接続するための中空の位置決めピン69により形成される接続空気通路54dと、カバー側空気通路54cから分岐する分岐空気通路54eとから構成される。

【0046】

ヘッドカバー4に形成された孔からなる分岐空気通路54eは、カバー側空気通路54cを介して空気室37と空気圧レギュレータ53とを連通させる。分岐空気通路54eにはオリフィス70（図4も参照）が設けられる。このオリフィス70により、設定空気圧 P_A よりも高圧の圧縮空気が空気ポンプ52から吐出される時期に、空気ポンプ52の吐出開始時期から所定時間、空気室37内の噴射用空気の圧力を設定空気圧 P_A よりも高く保つことができる。それゆえ、オリフィス70は、混合気噴射弁30の噴射開始時期に少なくとも重なる時期まで、噴射用空気の圧力を設定空気圧 P_A よりも高い圧力に一時的に維持する高圧維持構造を構成する。さらに、オリフィス70により、空気圧レギュレータ53に導かれる圧縮空気の脈動が抑制されて、空気圧レギュレータ53の調圧機能の精度が向上する。

【0047】

また、導管68はシリンダ2の排気側に配置され、ヘッド側空気通路54bおよびカバー側空気通路54cがそれぞれシリンダヘッド3の排気側およびヘッドカバー4の排気側に形成されていることにより、空気通路系54のうち、空気ポンプ52から空気室37に至る空気通路54a、54b、54cは、排気ポート10を流れる排気ガスのために吸気側に比べて温度が高いシリンダヘッド3の排気側およびヘッドカバー4の排気側に設けられる。

【0048】

次に、図1、図3、図9、図10を参照して、空気ポンプ52からの圧縮空気の吐出時期 T_A およびECU80による混合気噴射弁30の制御について説明する。

図1を参照すると、ECU80には、内燃機関Eの機関回転速度 N_e を検出する回転速度検出手段であってクランク軸5の回転速度を検出する回転速度センサ81、機関負荷を検出する負荷検出手段であって前記吸気装置に設けられたスロットル弁の開度を検出する負荷センサ82、内燃機関Eの圧縮行程での上死点を検出する上死点検出手段であって回転軸55の回転位置を検出する上死点センサ83、内燃機関Eが始動状態にあることを検出する始動検出手段である始動センサ84、および機関温度を検出する機関温度検出手段である冷却水温センサ85、点火栓14への通電制御を行う点火回路を作動状態または非作動状態にする点火スイッチ86、交差点などでの一時的な停車時に内燃機関Eを停止状態にするアイドリングストップ制御装置からの信号に基づいて該アイドリングストップ制御装置の作動および非作動を検出するアイドリングストップ検出手段であって前記点火回路を作動状態または非作動状態にするスイッチ87などから構成される機関状態検出手段からの検出信号が入力される。

【0049】

ここで、内燃機関Eの始動状態とは、始動手段としての始動電動機（図示されず）が始動スイッチのオン状態により作動して、停止状態にあったクランク軸5が回転を開始する始動開始時期から内燃機関Eが完爆状態になる始動完了時期までの運転状態である。そして、この実施例では、始動センサ84は、回転速度センサ81を利用して構成され、機関回転速

10

20

30

40

50

度 N_e が、始動開始時期のゼロ（零）から始動完了時期の機関回転速度 N_e までの回転速度範囲にあるときを始動状態とする。

【 0 0 5 0 】

また、ECU80のメモリには、燃料噴射弁31から噴射される燃料の噴射時期 T_F および燃料量（ここでは、開弁時間と等価である。）、空気噴射弁32、すなわち混合気噴射弁30から噴射される混合気の噴射時期 T_M および噴射量（ここでは、開弁時間と等価である。）を制御するための制御プログラムや各種マップが記憶されており、ECU80はこれら制御プログラムに従って混合気噴射弁30を制御する。

【 0 0 5 1 】

以下、内燃機関Eの始動状態にあるときの混合気噴射弁30の制御について、図3，図9，図10を参照して説明する。

混合気噴射弁30の始動時制御のルーチンを説明するための図9のフローチャートを参照すると、ステップS1では、このルーチンが開始されたときに後述するステップS6での判断を1回のみ行うために、停止時間判断フラグ F_t が1にセットされる。

【 0 0 5 2 】

次いで、ステップS2で前記点火回路が作動状態にある、すなわち点火スイッチ86およびスイッチ87が共にオン状態にあるか否かが判断され、この判断が否定されるときこのルーチンは終了する。ここで、スイッチ87がオン状態のときは、前記アイドルリングストップ制御装置は非作動状態にあり、アイドルリングストップが行われず、スイッチ87がオフ状態のときは、前記点火回路が非作動状態になって、前記アイドルリングストップ制御装置は作動状態にあり、アイドルリングストップが行われる。ステップS2での判断が肯定されるとき、ステップS3で回転速度センサ81により検出される機関回転速度 N_e が読み込まれる。ここで、始動開始前は、機関回転速度 N_e は0（ゼロ）である。

【 0 0 5 3 】

ステップS4に進んで、始動センサ84からの検出信号に基づいて内燃機関Eが始動状態にあるか否かが判断され、この判断が否定されるとき、内燃機関Eは始動状態以外の状態で運転されているので、ステップS15に進んで、点火スイッチ86またはスイッチ87がオフ状態にあるために前記点火回路が非作動状態になっているか否かが判断され、この判断が否定されるとき、内燃機関Eは運転状態にあり、ステップS3に戻ってこのルーチンの処理が継続して実行される。

【 0 0 5 4 】

ステップS4での判断が肯定されて、内燃機関Eが始動状態にあるとき、ステップS5に進んで、フラグ F_t が参照される。フラグ F_t が1にセットされていて、停止時間 t が所定停止時間 t_1 以内であるか否かの判断を行う必要があるときは、ステップS6に進む。また、ステップS5での判断が否定されるとき、停止時間 t の判断は既に実行されているので、ステップS11に進んで、混合気噴射弁30の噴射時期 T_M （図10参照）の始動時制御を行うか否かが判断される。

【 0 0 5 5 】

ステップS6では、前回の停止時期から今回の始動開始時期までの内燃機関Eの停止時間 t を検出する時間検出手段であるタイマにより検出される停止時間 t が、噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} 以上である状態に相当する所定停止時間 t_1 以内であるか否かが判断される。それゆえ、このタイマも、内燃機関Eの機関状態を検出する前記機関状態検出手段を構成する。

【 0 0 5 6 】

噴射用空気の圧力は、内燃機関Eの停止時に空気ポンプの作動が停止されるため、シリンダ2、シリンダヘッド3およびヘッドカバー4などに形成される空気供給系50の僅かな隙間からの圧縮空気の漏洩などに起因して、停止時間 t の経過と共に徐々に低下する。そして、この基本空気圧 P_{A0} は、圧縮行程での混合気噴射弁30からの混合気の噴射が可能な最低圧力である。

【 0 0 5 7 】

したがって、通常の一時的な内燃機関Eの停止やアイドルリングストップなど、内燃機関Eの停止後の短時間内での再始動時では、停止時間 t が比較的短いので、噴射用空気の圧力低下は殆どないか、または小さく、噴射用空気の圧力は前記基本空気圧 P_{A0} 以上の値になっている。そのため、アイドルリングストップなどの短時間の停止時間後に、内燃機関Eが再始動されるとき、ステップS6での判断は肯定されて、ステップS7でフラグ F_t が0にセットされた後、ステップS8に進む。ステップS8では、噴射用空気が基本空気圧 P_{A0} 以上であって、圧縮行程時での混合気の噴射が可能であることから、吸気行程で混合気を噴射する必要がないので、噴射時期 T_M の始動時制御を実行しないことを示すために、始動時制御フラグ F_s が0にセットされる。

【0058】

10

停止時間 t が長かったために、噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} よりも低圧である状態に相当する時間が経過しているために、ステップS6での判断が否定されるときは、ステップS9でフラグ F_t が0にセットされた後、ステップS10に進む。ステップS10では、噴射用空気が基本空気圧 P_{A0} よりも低圧であるため、圧縮行程時での混合気の噴射を行うことが困難であるので、噴射時期 T_M を吸気行程に設定する始動時制御を実行することを示すために、フラグ F_s が1にセットされて、ステップS11に進む。

【0059】

そして、ステップS11では、フラグ F_s が1であるとき、ステップS12に進んで、機関回転速度 Ne が、所定機関回転速度 Ne_1 に達したか否かが判断される。この所定機関回転速度 Ne_1 は、空気室37内の噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} に達する状態に相当する機関回転速度 Ne であり、実験などに基づいて予め設定される。

20

【0060】

ステップS12での判断が否定されるとき、すなわち空気室37内の噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} に達していないと判断されたときは、ステップS13に進んで、混合気噴射弁30の噴射時期 T_M が吸気行程のみに設定される。そして、図10(A)に示されるように、混合気噴射弁30からは、噴射時期 T_M に先立って燃料噴射弁31から噴射時期 T_F に噴射された燃料が、噴射用空気と共に、吸気行程にあるために負圧状態にある燃焼室8内に向けて、内燃機関Eのサイクル毎に1回噴射される。それゆえ、この吸気行程での混合気の噴射により、圧縮上死点前の点火時期 T_i までに燃焼室8全体にほぼ均質の混合気が形成されて、その均質混合気が燃焼する均質燃焼が行われる。

30

【0061】

さらに具体的には、1サイクルが吸気行程、圧縮行程、膨張行程および排気行程の順に行われるとすると、各サイクルにおいて、燃料噴射弁31の噴射時期 T_F は吸気行程の前半に設定され、混合気噴射弁30の噴射時期 T_M （空気噴射弁32の噴射時期でもある。）は、噴射時期 T_F よりも遅い時期であって、ここでは吸気行程の前半に設定される。

【0062】

このとき、内燃機関Eが停止されてから、空気供給系50の僅かな隙間からの圧縮空気の漏洩により空気室37内の空気圧が外気の圧力である大気圧に等しくなる程度に長い時間が経過している場合、図10(A)に示される今回のサイクルでの噴射時期 T_F において、燃料噴射弁31から噴射された燃料は、前回のサイクルにおいて高められた空気圧を有する噴射用空気と共に、または今回のサイクルが始動開始後の最初のサイクルであるときには大気圧に等しい空気圧を有する噴射用空気と共に、燃焼室8内に噴射される。そして、今回のサイクルにおいて、圧縮行程の前半から後半に渡って設定された空気ポンプ52の吐出時期 T_A に吐出された圧縮空気は、空気室37内の噴射用空気の圧力を上昇させ、その昇圧された噴射用空気は、次のサイクルで燃料と共に燃焼室8に噴射される。また、内燃機関Eが前回停止されてから、空気室37内の空気圧が大気圧に等しくなる程度になるまで時間が経過していない場合には、始動開始から大気圧よりも高い圧力の噴射用空気、混合気が噴射されることになる。

40

【0063】

それゆえ、ステップS4～S6、S9～S13の一連のステップにより、噴射用空気の空

50

気圧が基本空気圧 P_{A0} よりも低くなって、例えば大気圧に等しくなるほど長時間に渡って停止状態にあった内燃機関 E が始動を開始したときには、必ず噴射時期 T_M が吸気行程に設定されることになる。

【0064】

ステップ S 1 2 での判断が肯定されるとき、噴射用空気の圧力は、基本空気圧 P_{A0} 以上であるので、ステップ S 1 4 に進んで、混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M が、吸気行程から圧縮行程に切り換えられて、圧縮行程に設定される。そして、図 10 (B) に示されるように、混合気噴射弁 30 からは、噴射時期 T_M に先立って燃料噴射弁 31 から噴射時期 T_F に噴射された燃料が、噴射用空気と共に、圧縮行程にあるために高压状態にある燃焼室 8 内に向けて噴射される。このとき、混合気噴射弁 30 から噴射された混合気は、その殆どがキャビティ 6a 内に留まって、燃焼室 8 全体に拡散することが防止または抑制されるため、点火栓 14 付近に着火性の良好な混合気が存在し、キャビティ 6a の周囲には燃料が含まれない空気層が存在する状態で、混合気が燃焼する成層燃焼が行われる。

10

【0065】

さらに具体的には、各サイクルにおいて、圧縮行程の前半から後半に渡って設定された空気ポンプ 52 の吐出時期 T_A に対して、燃料噴射弁 31 の噴射時期 T_F は、吐出時期 T_A よりも早い時期、例えば吸気行程の後半に設定され、混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M (空気噴射弁 32 の噴射時期でもある。) は、吐出時期 T_A と互いに部分的に重なる時期、または吐出時期 T_A と重なることなく、吐出時期 T_A よりも僅かに遅い時期であって、圧縮行程の後半に設定される。そして、いずれにしても、噴射時期 T_M は、空気室 37 内の噴射用空気の圧力が設定空気圧 P_A よりも高い状態に保たれている時期と重なるように設定される。

20

【0066】

このように、始動状態において、始動開始から所定機関回転速度 Ne_1 になるまでの機関状態は、噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} 未満である状態に相当する第 1 機関状態であり、この第 1 機関状態のとき、混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M は吸気行程に設定される。そして、始動状態において、所定機関回転速度 Ne_1 以上のときの機関状態は、噴射用空気が基本空気圧 P_{A0} 以上である状態に相当する第 2 機関状態であり、この第 2 機関状態のとき、混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M は圧縮行程に設定される。

【0067】

なお、ステップ S 4 に関連して、内燃機関 E が始動時以外の状態で運転されているとき、ECU 80 は、前記機関状態に応じて、圧縮行程または吸気行程に噴射時期 T_M を設定する。例えば、内燃機関 E の始動完了直後、アイドル回転時および低速または低負荷運転時などの内燃機関 E の一部の運転域においては、図 10 (B) に示されるように、混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M が圧縮行程の後半に設定されて、成層燃焼が行われる。また、内燃機関 E の高速または高負荷運転時などの内燃機関 E の別の運転域においては、混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M が吸気行程に設定され、燃焼室 8 全体にほぼ均質な混合気が形成されて、均質燃焼が行われる。

30

【0068】

さらに、ステップ S 4 での判断が否定されて、ステップ S 1 5 の判断が肯定されるときは、アイドルストップを含めて内燃機関 E の運転が停止されるときである。このときは、ステップ S 1 6 に進んで、前記タイマが、リセットされた後、カウントを開始して、このルーチンは終了する。

40

そして、ステップ S 4 での判断が否定される始動完了時まで、ステップ S 3 ~ S 1 4 までの処理が ECU 80 により、所定時間毎に実行される。

【0069】

次に、前述のように構成された実施例の作用および効果について説明する。

混合気噴射弁 30 とクランク軸 5 の動力により駆動される空気ポンプ 52 と、前記機関状態検出手段により検出される前記機関状態に応じて混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M を吸気行程または圧縮行程に設定する ECU 80 とを備える内燃機関 E において、ECU 80 は、始動センサ 84 により内燃機関 E の始動が検出されたとき、噴射時期 T_M を吸気行程に設定する前

50

記始動時制御を実行することにより、内燃機関Eの始動時に、機関回転速度 N_e が低くて、クランク軸5の動力により駆動される空気ポンプ52から吐出される圧縮空気により昇圧される噴射用空気の圧力が、圧縮行程で混合気を噴射するには十分に高圧でないとき、燃焼室8内の圧力が負圧になる吸気行程時に混合気噴射弁30から混合気が噴射される。このとき、燃焼室8内が負圧状態にあることに加えて、噴射用空気は、空気ポンプ52から供給される圧縮空気により、比較的低压であるものの大気圧よりも高い圧力を有するため、混合気噴射弁30内での混合気の圧力と燃焼室8内の圧力との差圧が大きくなるので、燃焼室8内で燃料の霧化が促進される。また、圧縮行程時に混合気噴射弁30から燃料と共に噴射される高圧の噴射用空気により、燃焼室8内に強い空気流が形成されて、燃料の霧化が促進されるので、良好な燃焼性が得られると共に、成層燃焼での運転が可能になる。

10

【0070】

この結果、内燃機関Eの始動が検出されたときには、噴射時期 T_M を吸気行程に変更するという簡単な制御により、燃焼室8内で燃料の霧化が促進されて始動時の燃焼性が向上し、始動性が向上する。また、圧縮行程時のシリンダ孔2a内の空気圧を噴射用空気にも利用することもないので、混合気噴射弁30内の空気通路がデポジットで閉塞される虞は殆どない。さらに、混合気噴射弁30の噴射時期 T_M が圧縮行程に設定されることにより、良好な燃焼性が得られると共に、成層燃焼が可能となるので、燃費が改善される。

【0071】

また、混合気噴射弁30の燃料量や噴射時期 T_M の算出のために使用される前記機関状態検出手段を構成する回転速度センサ81により、噴射用空気の圧力が圧縮行程での混合気の噴射が可能な基本空気圧 P_{A0} に達する状態に相当する所定機関回転速度 N_{e1} に達したことが検出されたとき、噴射時期 T_M が吸気行程から圧縮行程に切り換えられることにより、噴射用空気の圧力を検出する圧力センサを使用することなく、回転速度センサ81の検出結果に基づいて、噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} に達するときに、噴射時期 T_M が吸気行程から圧縮行程に切り換えられて、基本空気圧 P_{A0} 以上の圧力の噴射用空気により燃料の霧化が行われる。

20

【0072】

この結果、噴射用空気の圧力を検出する圧力センサが不要になるので、コストが削減されると共に、高圧の噴射用空気により燃料の霧化が行われるので、良好な始動性が確保される。

30

【0073】

内燃機関Eの始動が検出されたときに前記タイマにより検出される停止時間 t が、噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} 以上である状態に相当する所定停止時間 t_1 以内のとき、ECU80は、噴射時期 T_M を圧縮行程に設定し、停止時間 t が所定停止時間 t_1 を越えるとき、前記始動時制御を実行することにより、内燃機関Eの前の運転停止時期から今回の始動開始時期までの停止時間 t が所定停止時間 t_1 以内であるために、空気ポンプ52から混合気噴射弁30までの空気供給系50および空気室37に存在し得る僅かな隙間からの圧縮空気の漏洩による噴射用空気の圧力低下が殆どないか、または小さくて、始動開始時期に噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} 以上であるときは、前記始動時制御が実行されることなく、圧縮行程で混合気が噴射される。そして、基本空気圧 P_{A0} 以上の高圧の噴射用空気により、燃焼室8内に強い空気流が形成されて、燃料の霧化が促進されるので、良好な燃焼性が得られると共に、始動開始直後から成層燃焼での運転が可能になる。

40

【0074】

この結果、内燃機関Eが始動状態にあるときでも、アイドルングストップなどの一旦停止後の短時間内での再始動時であるとき、つまり停止時間 t が所定停止時間 t_1 以内であるときは、前記始動時制御が行われることなく、高圧の噴射用空気により混合気の噴射が行われて、燃焼性が向上するので、良好な始動性が確保されると共に、成層燃焼での運転の開始時期を早めることができるので、燃費が一層改善される。

【0075】

空気ポンプ52の吐出部52gおよび導管68が、シリンダヘッド3の排気側に隣接して配置さ

50

れ、ヘッド側空気通路54bおよびカバー側空気通路54cがそれぞれシリンダヘッド3の排気側およびヘッドカバー4の排気側に配置されていることにより、空気ポンプ52から吐出された圧縮空気を空気室37に導く空気通路系54の空気通路54a, 54b, 54cは、排気ポート10を流れる排気ガスのために吸気側に比べて温度が高いシリンダヘッド3の排気側およびヘッドカバー4の排気側に設けられるので、空気ポンプ52により圧縮されて昇温した圧縮空気が該空気通路54a, 54b, 54cを流れるとき、圧縮空気の温度低下が抑制されて、圧縮空気の保温が可能になる。

【0076】

その結果、圧縮空気が空気通路系54を流れる際に、圧縮空気の温度よりも低温の通路壁との接触による結露の発生が防止または抑制され、しかも空気室37内の噴射用空気の温度を比較的高く保つことができるので、始動時の燃料の気化が促進されて、この点でも始動性が向上する。

10

【0077】

さらに、ポンプカバー52bおよび吐出部52gは、その全体が、シリンダヘッド3のシリンダ2との合わせ面3dよりもシリンダヘッド3側に位置し、ポンプ室52eの最上部は、該合わせ面3d上にほぼ位置し、空気室37の全体は、燃料室36よりも空気ポンプ52寄りに位置することにより、空気通路系54のうち、吐出部52gから空気室37に至る空気通路54a, 54b, 54cを短くすると共に、排気ポート10が形成されたシリンダヘッド3の排気側およびその近傍に集中して配置することができるので、空気通路系54のうち、空気ポンプ52から空気室37に至る空気通路54a, 54b, 54cでの圧縮空気の保温効果が向上する。この結果、噴射用空気の温度を比較的高く保つことに寄与できるので、始動時の燃料の気化が促進されて、始動性が向上する。

20

【0078】

空気通路系54には、混合気噴射弁30の噴射開始時期に少なくとも重なる時期まで、噴射用空気の圧力を設定空気圧 P_A よりも高い圧力に一時的に維持する高圧維持構造を構成するオリフィス70が設けられることより、噴射時期 T_M には、設定空気圧 P_A よりも高圧の噴射用空気と共に燃料が噴射されるので、燃焼室8内での燃料の霧化がさらに促進される。

【0079】

この結果、始動時において噴射時期 T_M が圧縮行程に設定されるとき、燃焼室8内での燃料の霧化がさらに促進されるので、この点でも始動性が向上する。

30

【0080】

以下、前述した実施例の一部の構成を変更した実施例について、変更した構成に関して説明する。

前記実施例では、噴射時期 T_M が吸気行程から圧縮行程に切り換えられる時期は機関回転速度 N_e に基づいて決定されたが、図11に示されるように、機関回転速度 N_e の代わりに混合気噴射弁30の噴射回数 N_i に基づいて決定されてもよい。

【0081】

図11の始動時制御の制御ルーチンを示すフローチャートは、図9のフローチャートのステップS3, S12での処理が、それぞれ、ステップS23, S32での処理に置き換えられたものであり、その他の処理は図9のフローチャートと同様である。

40

【0082】

具体的には、ステップS23では、前記点火回路が作動状態になった後からの混合気噴射弁30の噴射回数 N_i のカウントが開始される。ステップS32では、噴射回数 N_i が、所定噴射回数 N_{i1} 以下か否かが判断される。所定噴射回数 N_{i1} は、空気室37内の噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} に達する状態に相当する噴射回数 N_i であり、実験などに基づいて予め設定される複数の所定数であり、例えば4～10である。

【0083】

ステップS32での判断が否定されるとき、すなわち噴射用空気の圧力が基本空気圧 P_{A0} に達していないと判断されたときは、ステップS13に進んで、混合気噴射弁30の噴射時期 T_M が吸気行程に設定される。また、ステップS12での判断が肯定されるとき、噴

50

射用空気の圧力は圧縮行程での混合気の噴射が可能な基本空気圧 P_{A0} 以上であるので、ステップ S 1 4 に進んで、混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M が、吸気行程から圧縮行程に切り換えられて、圧縮行程に設定される。

【0084】

それゆえ、ステップ S 2 3 での処理を実行する ECU 80 の部分により、噴射回数 N_i を検出する噴射回数検出手段が構成され、この噴射回数検出手段も前記機関状態検出手段を構成する。

【0085】

そして、前記噴射回数検出手段を備える内燃機関によれば、噴射用空気の圧力を検出する圧力センサを使用することなく、前記噴射回数検出手段の検出結果に基づいて、噴射用空気の圧力が基本空気圧に達するときに、噴射時期 T_M が吸気行程から圧縮行程に切り換えられて、高圧の噴射用空気により燃料の霧化が行われるので、基本空気圧 P_{A0} に達したか否かが機関回転速度 N_e に基づいて判断される前記実施例と同様の効果が奏される。

【0086】

始動センサ 84 は、回転速度センサ 81 の代わりに始動スイッチのオン・オフにより構成されてもよく、さらに始動開始時期に計測を開始して、所定時間経過後にタイムアップするタイマにより構成されてもよい。また、始動手段としてリコイルスタータが使用されてもよい。

【0087】

内燃機関 E の高速または高負荷運転時における混合気噴射弁 30 の噴射時期 T_M は、前記実施例では、吸気行程のみに設定されたが、吸気行程および圧縮行程のそれぞれの行程に設定されてもよく、この場合は、該運転状態に対応する燃料量が、吸気行程および圧縮行程に分けられて燃焼室 8 に供給されることになる。

【0088】

内燃機関は多気筒内燃機関であってもよい。また、内燃機関は、自動二輪車以外の車両に搭載されてもよく、さらに車両以外に、船外機やその他の器機に使用されるものであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例である筒内噴射式内燃機関のクランク軸の回転中心線 L2 に直交する平面での部分断面図であり、動弁装置については、図 3、図 5 の I 矢視図である。

【図 2】図 1 の内燃機関において、クランクケースおよびシリンダについては、シリンダ軸線を含みクランク軸の回転中心線に直交する平面での断面図であり、シリンダヘッドについては図 5 の II - II 矢視での断面図である。

【図 3】図 5 の III - III 矢視での断面図である。

【図 4】図 2 のシリンダヘッドおよびヘッドカバーの要部拡大図であり、空気圧レギュレータの収容部近傍については、図 8 の IV - IV 矢視での断面図である。

【図 5】ヘッドカバーを外したときの図 1 の V 矢視図である。

【図 6】主として、図 5 の VI - VI 矢視での断面図と要部の部分断面図である。

【図 7】図 1 の内燃機関の混合気噴射弁に対する燃料供給系および空気供給系を説明するための模式図である。

【図 8】ヘッドカバーの、図 1 の VII - VII 矢視図である。

【図 9】図 1 の内燃機関の混合気噴射弁の噴射時期の始動時制御のルーチンを説明するフローチャートである。

【図 10】図 1 の内燃機関の混合気噴射弁および燃料噴射弁の噴射時期、空気ポンプの吐出時期、および点火時期を説明するための模式図であり、(A) は、混合気噴射弁が吸気行程で混合気を噴射するときの図であり、(B) は、混合気噴射弁が圧縮行程で混合気を噴射するときの図である。

【図 11】本発明の別の実施例である筒内噴射式内燃機関の混合気噴射弁の噴射時期の始動時制御のルーチンを説明するフローチャートである。

【符号の説明】

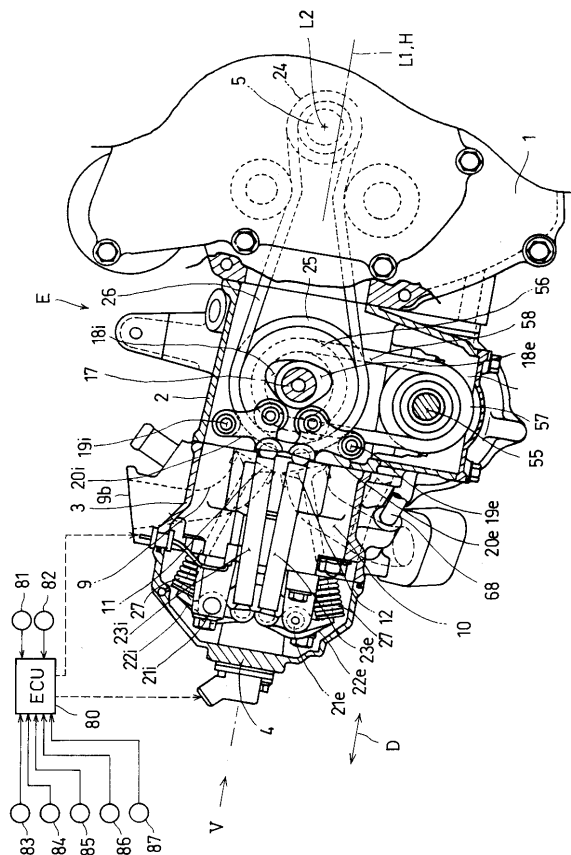
1...クランクケース、2...シリンダ、3...シリンダヘッド、4...ヘッドカバー、5...クランク軸、6...ピストン、7...コンロッド、8...燃焼室、9...吸気ポート、10...排気ポート、11...吸気弁、12...排気弁、14...点火栓、15...吸気管、16...動弁装置、17...カム軸、18i, 18e...カム、19i, 19e...支持軸、20i, 20e...カムフォロア、21i, 21e...ロッカ軸、22i, 22e...ロッカアーム、23i, 23e...ロッド、24, 25...スプロケット、26...タイミングチェーン、27...弁バネ、28...冷却水ポンプ、30...混合気噴射弁、31...燃料噴射弁、32...空気噴射弁、33~35...シール、36...燃料室、37...空気室、40...燃料供給系、41...燃料タンク、42...燃料ポンプ、43...燃料圧レギュレータ、44...燃料通路系、45...導管、46...管継手、47...戻り燃料通路、50...空気供給系、51...エアクリーナ、52...空気ポンプ、53...空気圧レギュレータ、54...空気通路系、55...回転軸、56, 57...スプロケット、58...伝動チェーン、59...摺動駒、60...管継手、61, 62...シール、63...空気導入室、64...戻り空気室、65...空気通路、66...管継手、67...戻り空気通路、68...導管、69...ピン、70...オリフィス、80...ECU、81...回転速度センサ、82...負荷センサ、83...上死点センサ、84...始動センサ、85...冷却水温センサ、86...点火スイッチ、87...スイッチ

E...内燃機関、L1...シリンダ軸線、L2...回転中心線、D...シリンダ軸線方向、H...平面、 P_A ...設定空気圧、 P_{A0} ...基本空気圧、 P_F ...設定燃料圧、 N_e ...機関回転速度、 N_{e1} ...所定機関回転速度、 F_t , F_s ...フラグ、 t ...停止時間、 t_1 ...所定停止時間、 N_i ...噴射回数、 N_{i1} ...所定噴射回数、 T_M , T_F ...噴射時期、 T_A ...吐出時期、 T_i ...点火時期。

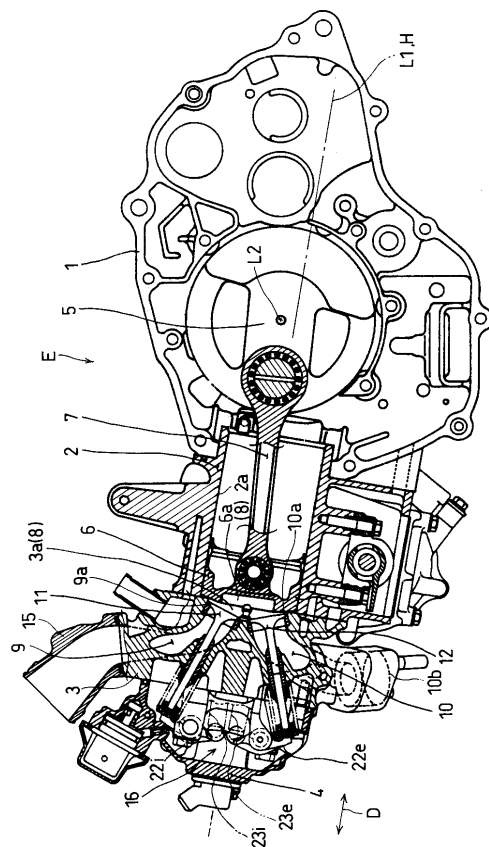
10

20

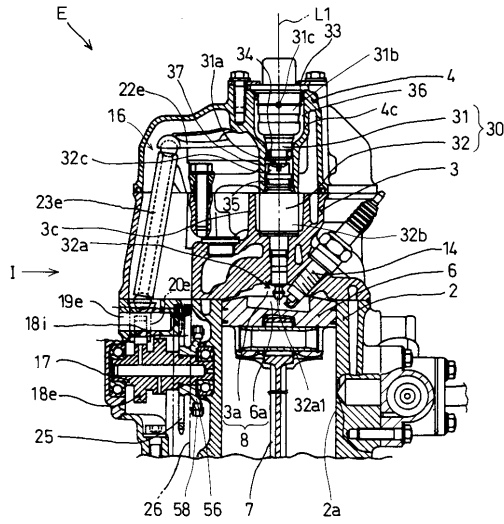
【図1】



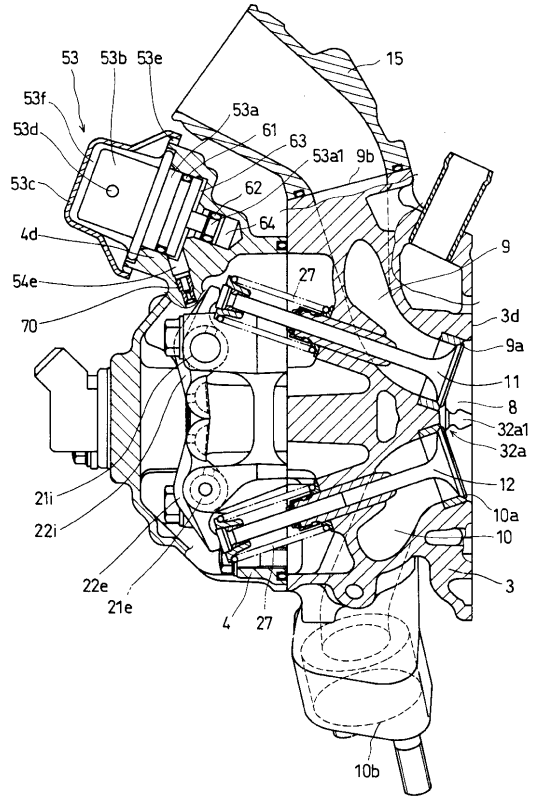
【図2】



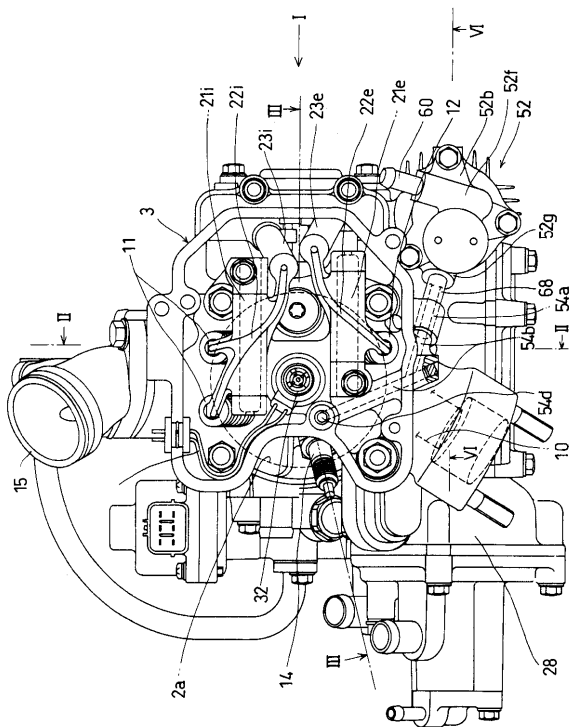
【図 3】



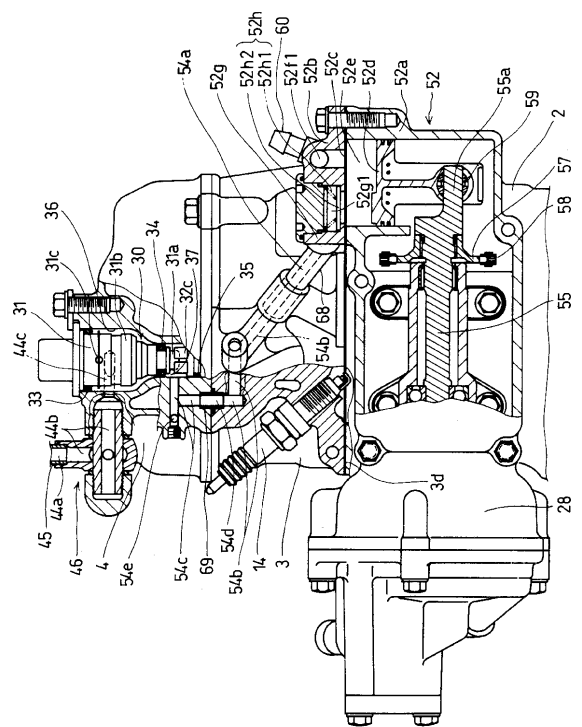
【図 4】



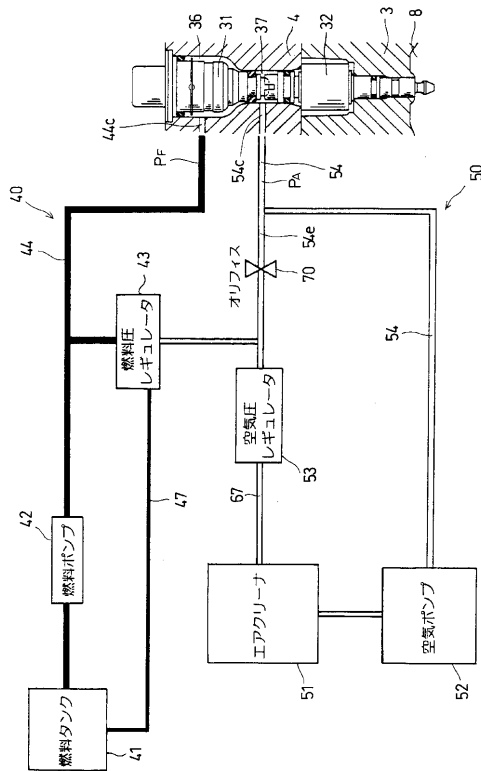
【図 5】



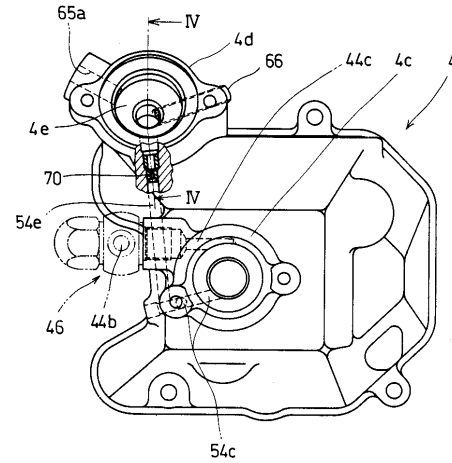
【図 6】



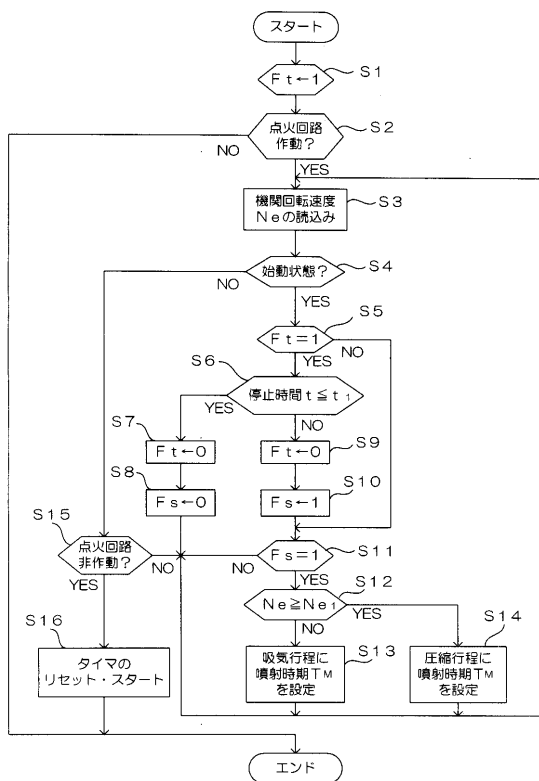
【図 7】



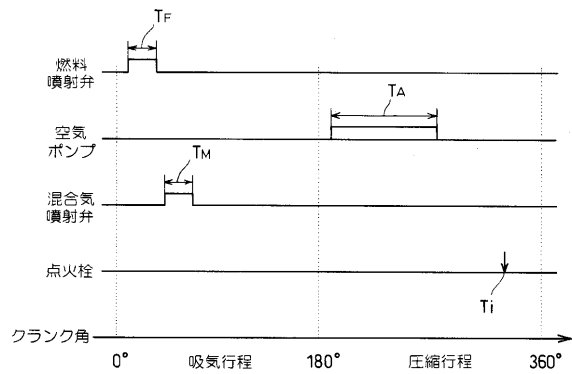
【図 8】



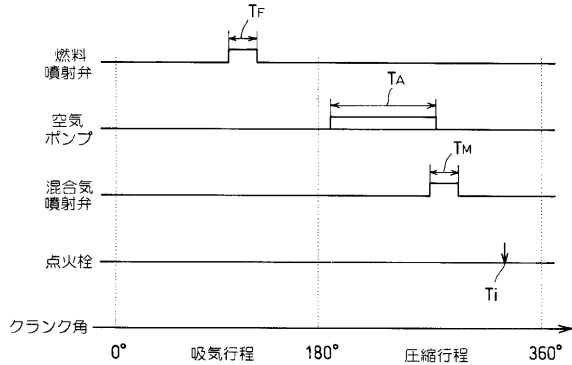
【図 9】



【図 10】

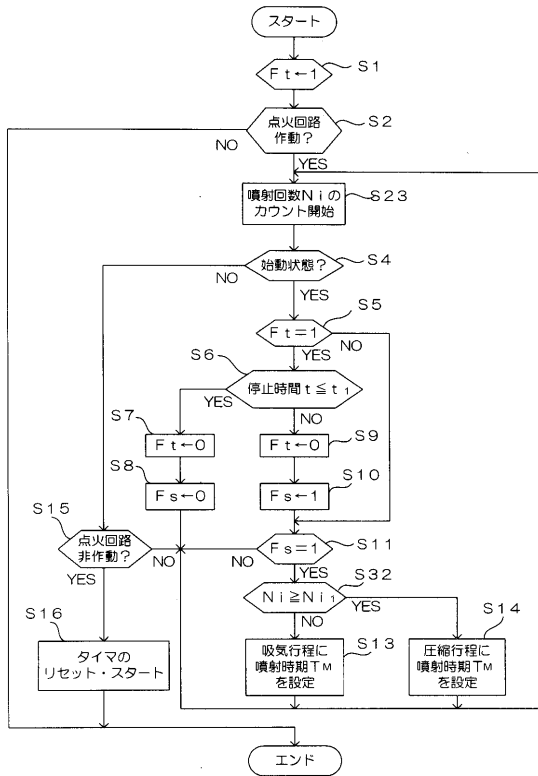


(A)



(B)

【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 正剛
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 滝澤 剛
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 赤松 俊二
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 浦木 護
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 高橋 祐介

- (56)参考文献 特開2002-138868(JP, A)
特開平01-294936(JP, A)
特開平11-270385(JP, A)
特開2002-047983(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 41/00-41/40
F02B 23/10
F02M 67/02
F02M 67/12