

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5237430号
(P5237430)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月5日(2013.4.5)

(51) Int.Cl.	F I	
FO2B 33/10 (2006.01)	FO2B 33/10	
FO2B 33/44 (2006.01)	FO2B 33/44	H
FO1N 5/02 (2006.01)	FO1N 5/02	A
FO2G 5/04 (2006.01)	FO1N 5/02	J
FO1K 25/10 (2006.01)	FO1N 5/02	F
請求項の数 14 (全 12 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2011-262491 (P2011-262491)	(73) 特許権者	504023903
(22) 出願日	平成23年11月30日(2011.11.30)		スクデリ グループ リミテッド ライア
(62) 分割の表示	特願2009-502833 (P2009-502833)		ビリティ カンパニー
原出願日	平成19年3月15日(2007.3.15)		アメリカ合衆国 01089 マサチュー
(65) 公開番号	特開2012-87803 (P2012-87803A)		セッツ州 ウェスト スプリングフィール
(43) 公開日	平成24年5月10日(2012.5.10)		ド エルム ストリート 1111 スイ
審査請求日	平成23年11月30日(2011.11.30)	(74) 代理人	110001243
(31) 優先権主張番号	60/785, 435		特許業務法人 谷・阿部特許事務所
(32) 優先日	平成18年3月24日(2006.3.24)	(72) 発明者	チャールズ ケー. フォーナー
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 15009 ペンシルベ
			ニア州 ビーヴァー コーポレイション
			ストリート 1621
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スプリットサイクルエンジンのための排熱回収のシステムと方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スプリットサイクルエンジンのための排熱回収システムであって、スプリットサイクルエンジンが、空気を受け入れる圧縮シリンダと空気および燃料を受け入れるパワーシリンダとを有するエンジンプロックと、圧縮シリンダおよびパワーシリンダを相互接続するガス流路と、エンジン冷却液サブシステムとを含み、エンジン冷却液サブシステムが、液体のエンジン冷却液からエンジン排熱を取り出すべく、液体のエンジン冷却液をエンジンプロックを通じて送り出すためのポンプを含み、排熱回収システムが、

熱交換ユニットであって、送り出された液体のエンジン冷却液をエンジンから受け取るための排熱入力部と、液体のエンジン冷却液をエンジンに戻すための排熱排出口と、熱交換媒体注入口と、熱交換媒体排出口とを有する熱交換ユニットと、

熱交換ユニットの熱交換媒体注入口と熱交換媒体排出口とに接続された熱交換媒体循環ループと、

熱交換媒体循環ループ内で循環する熱交換媒体であって、熱交換媒体注入口を通じて液相状態で熱交換ユニットに入り、熱交換ユニットを通過する間にエンジン冷却液からエンジン排熱を吸収し、熱交換媒体排出口を通じて気相状態で熱交換ユニットから出る熱交換媒体と、

空気圧縮装置であって、熱交換ユニットの熱交換媒体排出口に接続された熱交換媒体注入口と、熱交換媒体循環ループに接続された熱交換媒体排出口と、外気を取り入れるための外気取り入れ口と、エンジンの圧縮シリンダに直接的に接続された圧縮空気排出口とを

有する空気圧縮装置と、
を備え、

気体の熱交換媒体が、空気圧縮装置の熱交換媒体注入口に入り、空気圧縮装置の熱交換媒体排出口から出て、空気圧縮装置を駆動し、

空気圧縮装置が、外気取り入れ口を通じて外気を取り入れ、圧縮空気を生成し、圧縮空気を圧縮空気排出口を通じてエンジンの圧縮シリンダに直接的に供給し、エンジン冷却液からの排熱エネルギーを回収する

ことを特徴とする排熱回収システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の排熱回収システムであって、

スプリットサイクルエンジンが、パワーシリンダの排気ポートを通じるエンジンからの排ガスを取り出すための排ガスサブシステムを含み、熱交換ユニットの排熱入力部が、排ガスサブシステムから排ガスを受け取り、熱交換ユニットの排熱排出口が、排ガス排出口を通じて排ガスを大気へ送り出し、排ガスが熱交換ユニットを通過する間に熱交換ユニットがエンジン排ガスからエンジン排熱を吸収することを特徴とする排熱回収システム。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の排熱回収システムであって、

熱交換媒体は冷媒か水のいずれか一方であることを特徴とする排熱回収システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の排熱回収システムであって、

熱交換媒体循環ループに動作的に接続された復水器を備えることを特徴とする排熱回収システム。

20

【請求項 5】

請求項 1 に記載の排熱回収システムであって、

熱交換媒体循環ループに動作的に接続され、熱交換媒体を熱交換媒体循環ループを通じて送り出すためのポンプを備えることを特徴とする排熱回収システム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の排熱回収システムであって、

スプリットサイクルエンジンは貯気タンクを備え、圧縮シリンダに供給される圧縮空気は貯気タンク内に保存されることを特徴とする排熱回収システム。

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載の排熱回収システムであって、

貯気タンクへの流入を制御する第一の弁と、貯気タンクからの流出を制御する第二の弁と、ガス流路内の流れを制御する第三の弁を備え、貯気タンクへの流入と貯気タンクからの流出を制御する第一と第二の弁が開状態で、ガス流路内の流れを制御する第三の弁が閉状態のときに、圧縮空気は貯気タンクに導入されるのと同時に、パワーシリンダを駆動することを特徴とする排熱回収システム。

【請求項 8】

スプリットサイクルエンジンの排熱を回収する方法であって、

スプリットサイクルエンジンを設置するステップであって、スプリットサイクルエンジンが、

圧縮シリンダとパワーシリンダとを有するエンジンブロックと、

空気を受け入れる圧縮シリンダおよび燃料と空気を受け入れるパワーシリンダを相互接続するガス流路と、

エンジンのクランクシャフト軸を中心に回転するクランクシャフトと、

圧縮シリンダ内にスライド可能に受け入れられ、クランクシャフトに動作的に接続された圧縮ピストンであって、クランクシャフトが 1 回転する間に吸気行程と圧縮行程を往復する圧縮ピストンと、

パワーシリンダ内にスライド可能に受け入れられ、クランクシャフトに動作的に接続されたパワーピストンであって、クランクシャフトが同じ 1 回転をする間に膨張行程と排

40

50

気行程を往復するパワーピストンと、

エンジン冷却液サブシステムであって、液体のエンジン冷却液からエンジン排熱を取り出すべく、液体のエンジン冷却液をエンジンブロックを通じて送り出すためのポンプを含むエンジン冷却液サブシステムと、を含むステップと、

送り出された液体のエンジン冷却液を、エンジンから熱交換ユニットの排熱入力部に受け取り、液体のエンジン冷却液を、熱交換ユニットの排熱排出口を通じてエンジンに戻すステップと、

熱交換ユニットの熱交換媒体注入口と熱交換媒体排出口とに接続された熱交換媒体循環ループ内で、熱交換媒体を循環させるステップであって、熱交換媒体が、熱交換媒体注入口を通じて液相状態で熱交換ユニットに入り、熱交換ユニットを通過する間にエンジン冷却液からエンジン排熱を吸収し、熱交換媒体排出口を通じて気相状態で熱交換ユニットから出るステップと、

熱交換ユニットの熱交換媒体排出口に接続された熱交換媒体注入口を有する空気圧縮装置に熱交換媒体を供給するステップであって、熱交換媒体排出口が熱交換媒体循環ループに接続され、外気を取り入れるための外気取り入れ口と、圧縮空気排出口とがエンジンの圧縮シリンダに接続され、気体の熱交換媒体が、空気圧縮装置の熱交換媒体注入口に入り、空気圧縮装置の熱交換媒体排出口から出るステップと、

気体の熱交換媒体を利用して空気圧縮装置を駆動し、外気取り入れ口を通じて外気を空気圧縮装置に取り入れ、圧縮空気を生成するステップと、

生成された圧縮空気を圧縮空気排出口を通じてスプリットサイクルエンジンの圧縮シリンダに直接的に供給し、エンジン冷却液からの排熱エネルギーを回収するステップと、
を備えることを特徴とする方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、

パワーシリンダの排気ポートを通じるエンジンからの排ガスを、熱交換ユニットの排熱入力部に伝達するステップと、排ガスに熱交換ユニットを通過させ、排ガスからの排熱エネルギーを熱交換媒体に伝達するステップと、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法であって、

エンジン排ガスが熱交換ユニットを通過した後に、エンジン排ガスを大気中に排出するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 11】

請求項 8 に記載の方法であって、

熱交換媒体を循環させるステップは、

熱交換媒体をポンプで送り込むステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 12】

請求項 8 に記載の方法であって、

空気圧縮装置の下流に、熱交換媒体循環ループに接続された復水器を設置して、熱交換媒体を気相から液相に変換するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の方法であって、

復水器からの余分な熱を大気中に排出するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 14】

請求項 8 に記載の方法であって、

圧縮シリンダから供給された圧縮空気を、ガス流路に接続された、スプリットサイクルエンジンの貯気タンクに保存するステップと、

貯気タンクからの圧縮空気でパワーピストンを駆動するステップと、

を含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はスプリットサイクルエンジンに関し、より詳しくは、この種のエンジンの排熱回収に関する。

【背景技術】

【0002】

本願において使用するスプリットサイクルエンジンという言葉にはまだ、エンジン分野の熟練者に一般的に知られる確定的な意味がない。したがって、明確を期すために、先行技術で開示されたエンジンに適用され、本願でいうスプリットサイクルエンジンとの用語の定義を以下のように提案する。

10

【0003】

本願でいうスプリットサイクルエンジンは、
クランクシャフト軸を中心に回転可能なクランクシャフトと、
パワーシリンダの中にスライド可能に受けられ、クランクシャフトが1回転する間に動力（または膨張）行程(stroke)と排気行程を1往復するようにクランクシャフトに動作的に接続されたパワーピストンと、

圧縮シリンダの中にスライド可能に受けられ、クランクシャフトが1回転する間に吸気行程と圧縮行程を1往復するようにクランクシャフトに動作的に接続された圧縮シリンダと、

パワーシリンダと圧縮シリンダを相互に接続するガス流路であって、吸気弁と排気（またはクロスオーバー）弁を有し、それらの弁の間に圧力チャンバが画定されるガス流路と、
を備える。

20

【0004】

いずれも本願の譲受人に譲渡されている米国特許第6,543,225号、第6,609,371号、第6,952,923号は、本願で定義するスプリットサイクル内燃機関の例を開示している。これらの特許には、その特許査定の中で背景として引用された米国ならびに外国の多数の特許と公開公報のリストが含まれている。「スプリットサイクル」との用語がこれらのエンジンについて用いられているが、これは、従来の圧力/容積オートサイクルの4つの行程（つまり、吸気、圧縮、動力、排気）を2つの専用シリンダに文字通り分割するからであり、これらの専用シリンダとは、1つが高圧圧縮行程専用、1つが高圧動力行程専用である。

30

【0005】

従来、内燃機関は使用しなかったエネルギーを熱として周辺環境中に放出する。しかしながら、この熱エネルギーの一部は再度捕捉され、使用される場合がある。このように熱エネルギーを利用することは、エンジンにより放出されるエネルギーの再利用だけでなく、燃料消費量の削減およびそれによるエンジン効率の改善を可能にする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第6,543,225号明細書

【特許文献2】米国特許第6,609,371号明細書

【特許文献3】米国特許第6,952,923号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

スプリットサイクル型エンジンの例は、特許文献1、特許文献2、特許文献3（スクデリ特許）において開示されており、参照により各特許の全体を本願に援用する。

【0008】

スプリットサイクルエンジンは一般にエンジンブロックを備え、その中に第一のシリン

50

ダとこれに隣接する第二のシリンダが延びる。クランクシャフトがブロック内に軸支され、クランクシャフト軸を中心として回転する。シリンダの上端は、シリンダヘッドによって閉じられる。

【 0 0 0 9 】

第一と第二のシリンダは内部軸受面を画定し、その中にそれぞれパワーピストンと圧縮ピストンが受けられ、往復運動する。シリンダヘッド、パワーピストンおよび第一のシリンダは、パワーシリンダ内に可変容量燃焼室を画定する。シリンダヘッド、圧縮ピストンおよび第二のシリンダは、圧縮シリンダ内に可変容量圧縮室を画定する。シリンダヘッドはまた、吸入されたガスを吸気流路から圧縮シリンダ内に伝えるために圧縮シリンダに接続された吸気口を有する。

10

【 0 0 1 0 】

ガス流路（またはクロスオーバー流路）は、パワーシリンダと圧縮シリンダを相互接続する。ガス流路には吸気口と排気口がある。ガス流路の吸気口は圧縮シリンダに接続され、ガス流路の排気口はパワーシリンダに接続される。

【 0 0 1 1 】

クランクシャフトには、軸方向に移動され、角度的に偏移された第一と第二のクランクスローが設けられ、その間に位相差がある。第一のクランクスローは第一の接続ロッドによってパワーピストンに枢動可能に連結され、第二のクランクスローは第二の接続ロッドによって圧縮ピストンに枢動可能に連結されて、ピストンをそれぞれのシリンダの中で、そのクランクスローの角度偏移とシリンダ、クランク、ピストンの幾何学的関係によって決定されるタイミング関係で往復させる。

20

【 0 0 1 2 】

希望に応じて、ピストンの運動とタイミングを関係付けるための別のメカニズムも利用できる。タイミングはスクデリ特許の開示内容と同様でも、あるいは希望に応じて異なってもよい。

【 0 0 1 3 】

内燃機関（ICE）動作モードは一般に、スプリットサイクルエンジンの通常動作モードである。従来のピストンエンジンサイクルの吸気、圧縮、動力、排気行程は、スプリットサイクルエンジンの圧縮シリンダとパワーシリンダの間で分割される。ICEモードでは、圧縮ピストンが吸入外気を取り込み、これをパワーシリンダで使用するために圧縮する。圧縮空気は、パワーピストンが膨張行程の開始時に上死点（TDC）の位置に到達した直後に燃料と共にパワーシリンダの中に送られる。燃料と空気の混合物はその後、パワーピストンの同じ膨張行程で点火、燃焼、膨張させられ、それによって動力をクランクシャフトに伝える。燃焼生成物は排気行程で排出される。

30

【 0 0 1 4 】

本発明による、圧縮シリンダと、パワーシリンダと、圧縮シリンダおよびパワーシリンダを相互接続するガス流路を有するスプリットサイクルエンジンのための排熱回収システムは、熱交換ユニットと、熱交換ユニットと流体連通する空気圧縮装置を備える。このシステムはまた、熱交換ユニットと流体連通し、エンジンからの排熱を受け、これを熱交換ユニットに供給する排熱入力部(waste heat input)も備える。空気を空気圧縮装置に取り込むために、外気取り入れ口が空気圧縮装置に接続されている。空気圧縮装置の、スプリットサイクルエンジンの圧縮シリンダと流体連通する圧縮空気排出部材により、圧縮空気が空気圧縮装置からエンジンに供給される。エンジンの排熱は熱交換ユニットに伝えられ、排熱からのエネルギーは空気圧縮装置の駆動に使用され、それによって空気圧縮装置は外気取り入れ口から外気を取り込み、外気を圧縮し、圧縮空気を圧縮空気排出口からエンジンに供給する。

40

【 0 0 1 5 】

ある実施例において、エンジン冷却液サブシステムが熱交換ユニットと連通していてもよく、エンジン冷却液は、エンジンから熱交換ユニット内に循環される。さらに、エンジン排気サブシステムが熱交換ユニットと連通してエンジンの排ガスを熱交換ユニットに受

50

け渡してもよい。システムは、熱交換ユニットと空気圧縮装置の間で熱交換媒体を循環させるための循環ラインを備えていてもよい。熱交換媒体は、冷媒か水のいずれかとすることができる。復水器が循環ラインに動作的に接続されていてもよい。熱交換媒体を循環ライン内に送り込むためのポンプが循環ラインに動作的に接続されていてもよい。

【 0 0 1 6 】

スプリットサイクルエンジンは貯気タンク(air storage tank)を備えていてもよく、圧縮空気が貯気タンクに保存されてもよい。第一の弁は貯気タンクへの流入を制御し、第二の弁は貯気タンクからの流出を制御し、第三の弁はガス流路内の流れを制御し、それによって貯気タンクへの流入と貯気タンクからの流出を制御する第一と第二の弁が開状態で、ガス流路内の流れを制御する第三の弁が閉状態のときに、圧縮空気は貯気タンクに導入されるのと同時に、パワーシリンダを駆動する。

10

【 0 0 1 7 】

別の実施例において、圧縮シリンダとパワーシリンダを有するスプリットサイクルエンジンのための排熱回収システムは、エンジンの排熱からの熱エネルギーを熱交換媒体に伝えるための熱交換ユニットを備える。熱交換ユニットには、排熱側と熱交換媒体側がある。熱交換ユニットの排熱側には、エンジンからの排熱を受け取り、受け取った排熱を熱交換ユニットに供給する排熱入力部がある。熱交換ユニットの熱交換媒体側には、熱交換媒体を受け取るための熱交換媒体注入口がある。排熱排出口が熱交換ユニットの排熱側に接続され、熱交換媒体排出口が熱交換ユニットの熱交換媒体側に接続されている。このシステムはまた、熱交換ユニットの熱交換媒体排出口と連通する熱交換媒体注入口を有する空気圧縮装置と、熱交換ユニットの熱交換媒体注入口にループ方式で動作的に接続された熱交換媒体排出口と、空気圧縮装置の中に外気を取り入れる外気取り入れ口と、スプリットサイクルエンジンの圧縮シリンダの吸気口に接続され、圧縮空気をエンジンに供給する圧縮空気排出口を備える。熱交換媒体から抽出されたエネルギーは空気圧縮装置を駆動し、外気取り入れ口から外気を取り入れて、圧縮空気をエンジンへと排出する。

20

【 0 0 1 8 】

圧縮シリンダとパワーシリンダを有するスプリットサイクルエンジンから排熱を回収する方法は、空気圧縮装置を有する空気圧縮システムを設置するステップと、エンジンからの排熱を空気圧縮システムに供給するステップと、排熱からのエネルギーを利用して、空気圧縮装置に圧縮空気を生成させるための動力とするステップと、空気圧縮装置からの、排熱から生成された圧縮空気をスプリットサイクルエンジンの圧縮シリンダに供給するステップと、を含む。

30

【 0 0 1 9 】

この方法のある実施例において、熱交換媒体を液相から気相に変換するために利用される熱交換ユニットが設置されてもよい。エンジンから空気圧縮システムに排熱を供給するステップは、エンジン冷却液をエンジンと熱交換ユニットの中で循環させるステップを含んでいてもよい。また、エンジンから排熱を空気圧縮システムに供給するステップは、エンジンからのエンジン排ガスを熱交換ユニットに受け渡すステップを含んでいてもよい。排ガスが熱交換ユニットに受け渡された後、排ガスはエンジン排気システムから大気中に放出される。

40

【 0 0 2 0 】

この方法はさらに、熱交換媒体を熱交換ユニットと空気圧縮装置内で循環させるステップを含んでいてもよい。熱交換媒体を循環させるステップは、熱交換媒体をポンプで送り込むステップを含んでいてもよい。空気圧縮装置の下流に、熱交換媒体を気相から液相に変換するための復水器を設置してもよい。復水器からの余分な熱は、大気中に放出されてもよい。空気圧縮装置は、外気取り入れ口から外気を取り込んでよい。排熱から生成された圧縮空気は、エンジン空気取り入れ口に動作的に接続された圧縮空気排出口からエンジンに供給されてもよい。排熱から生成された圧縮空気はまた、スプリットサイクルエンジンの貯気タンクに保存されてもよい。さらにスプリットサイクルエンジンの貯気タンクには圧縮シリンダからの、排熱により生成された圧縮空気が導入され、これと同時に、パ

50

ワーシリンダが貯気タンクからの、排熱により生成された圧縮空気で駆動されてもよい。

【0021】

本発明の上記およびそれ以外の特徴と利点は、付属の図面および以下の本発明の詳細な説明から、さらに理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】スプリットサイクルエンジンのための排熱回収システムを全体的に表す概略図である。

【図2】空気圧縮サブシステムとエンジン排熱サブシステムを詳細に示す、図1の排熱回収システムの概略図である。

【図3】排熱回収システムを利用するスプリットサイクルエンジンの概略図である。

【図4】排熱回収システムを利用するスプリットサイクルエンジンの別の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

ここで、図面を詳細に参照すると、番号10は一般に、スクデリ方式のスプリットサイクルエンジンのようなスプリットサイクルエンジンを示している。図3に示すように、スプリットサイクルエンジン10は、少なくとも1つの圧縮シリンダ12とこれとペアとなる隣接するパワーシリンダ14を有するエンジンブロックを備える。エンジン10は、圧縮シリンダとパワーシリンダのペアをいくつ備えていてもよい。ガス流路16（クロスオーバー流路ともいわれる）は、各ペアの圧縮シリンダ12とパワーシリンダ14を相互接続する。ガス流路は入口と出口を有し、その間に圧力チャンバが画定される。ガス流路の入口は圧縮シリンダ12に接続され、ガス流路の出口はパワーシリンダ14に接続される。

【0024】

圧縮ピストン13が圧縮シリンダ12の中に受けられる。同様に、パワーピストン15がパワーシリンダ14の中に受けられる。クランクシャフト軸を中心に回転可能なクランクシャフトが、圧縮ピストン13とパワーピストン15に動作的に接続される。圧縮ピストン13は、クランクシャフトが1回転する間に吸気行程と圧縮行程を往復し、パワーピストン15は、クランクシャフトが1回転する間に動力（または膨張）行程と排気行程を運動する。

【0025】

圧縮シリンダ12は、吸気流路23から外気等の吸入ガスを圧縮シリンダ12の中へと伝達するための吸気口17を備える。パワーシリンダ14は、パワーシリンダ14から排ガス20を排気流路25へと放出するための排気ポート19を備える。

【0026】

内燃機関（ICE）の動作モードは一般に、スプリットサイクルエンジン10の通常動作モードである。従来のピストンエンジンサイクルの吸気、圧縮、動力および排気行程は、スプリットサイクルエンジン10の圧縮シリンダ12とパワーシリンダ14の間で分割される。ICEモードにおいて、圧縮ピストン13は吸気流路23から取り入れ外気を取り込み、パワーシリンダ14で使用するためにこれを圧縮する。圧縮空気と燃料ライン22を通じて燃料タンク27から伝達された燃料は、パワーピストン15が膨張行程開始時にその上死点（TDC）の位置に到達した直後に、ガス流路からパワーシリンダ14に供給される。あるいは、燃料は、燃料ライン22を通じてパワーシリンダ14に直接噴射されてもよい。その後、燃料と空気の混合物はパワーピストン14の同じ膨張行程中に点火、燃焼、膨張され、動力をクランクシャフトに伝える。燃焼生成物は、排気行程で排気流路25から放出される。

【0027】

任意で、エンジン10は貯気タンク24を備えていてもよく、これは一般に、エアハイブリッドスプリットサイクルエンジン26と呼ばれることがある。エアハイブリッドスプリットサイクルエンジン26は、スプリットサイクルエンジン10の構成部品のすべてを

10

20

30

40

50

備える。エアハイブリッドであるため、スプリットサイクルエンジン 26 は、圧縮空気を貯気タンク 24 に保存し、後の使用に備えることができる。貯気タンク 24 の中に保存された圧縮空気は、パワーシリンダ 12 の中の燃焼のために燃料と混合される取り入れ空気分(intake air charge)として使用される。

【0028】

あるいは、貯気タンク 24 からの圧縮空気は、パワーシリンダ内で燃焼が起こらないように、燃料と混合されずにパワーシリンダ 14 に供給されてもよい。この動作モードでは、貯気タンク 24 に保存された圧縮空気を使って、パワーシリンダ 14 の中のパワーピストン 14 を駆動することができる。この動作モードは一般に、エアモータリングモード(air motoring mode)と呼ばれる。

10

【0029】

本発明は、スプリットサイクルエンジン 10 のための排熱回収システム 30 を提供する。図 1 に示すように、排熱回収システム 30 は、スプリットサイクルエンジン 10 により生成され、熱交換ユニット 46 と流体連通する 1 つまたは複数の排熱入力部 34 によって回収される排熱を利用する。排熱入力部 34 は一般に、排ガスまたはエンジン冷却液等の流体からエンジン排熱を受け取る。排熱から変換されるエネルギーは、空気圧縮システム 32 の動力として使用される。空気圧縮システム 32 は、外気取り入れ口 18 から取り込まれる外気を圧縮するための、ポンプ、タービンその他の圧縮装置のような空気圧縮装置 48 を備える。圧縮空気は、空気圧縮装置 48 の圧縮空気排出口 36 からスプリットサイクルエンジン 10 の圧縮シリンダ 12 に伝達される。圧縮空気はさらに、エンジンが IC E モードで動作している際、スプリットエンジン 10 の動力としてすぐに使用するために、圧縮シリンダ 12 の中で圧縮されてもよい。あるいは、圧縮空気を貯気タンク 24 に保存し、エンジン 10 に動力を供給するための、後の燃焼工程で使用するのに備えてもよい。保存された圧縮空気はまた、パワーシリンダ 14 内での燃焼を必要とせずにエンジン 10 の動力として使用することもできる(エアモータリングモード等)。その結果、この排熱回収システム 30 はそうでなければ廃棄されるエンジンの熱を利用し、燃料消費量を削減することによって、エンジン 10 の燃料効率を改善する。

20

【0030】

図 1 から 3 を参照すると、排熱回収システム 30 は通常、空気圧縮システム 32 を備える。熱交換器等の熱交換ユニット 46 と連通する 1 つまたは複数の排熱入力部 34 から受け取ったエンジン排熱は、一般的にはエンジン冷却液、排ガスといった流体からエンジン排熱を受け取り、排熱のエネルギーを使って、外気を圧縮する空気圧縮システム 32 の動力とする。圧縮空気と熱が空気圧縮システム 32 から排出される。圧縮空気は、スプリットサイクルエンジン 10 の圧縮シリンダ 12 に供給され、エンジンによって使用されるか、あるいは後に使用するために貯気タンク 24 に保存されてもよく、その詳細を以下に説明する。

30

【0031】

エンジン 10 によって生成されるエンジン排熱には、エンジン冷却液の熱とエンジン排ガス中の熱の両方が含まれる。エンジン冷却液サブシステム 40 において、当業界で周知のように、エンジン冷却液はエンジンブロックから熱を吸収して、エンジンブロックを冷却する。エンジン冷却液サブシステム 40 のエンジン冷却液は、空気圧縮システム 32 に伝えられ、エンジン冷却液サブシステム還流部(return) 41 を通じてエンジンに戻される。詳しくは、高温のエンジン冷却液は空気圧縮システム 32 の中で循環させられて、高温のエンジン冷却液からの熱エネルギーを熱交換媒体に伝え、その後、熱交換媒体が空気圧縮システム内の循環ライン 44 を通じて循環ループで流れ、エンジン冷却液を冷却する。同様に、排ガスサブシステム 20 は、エンジン 10 内での燃焼工程で生成された排ガスを受ける。排ガスサブシステム 20 は、排ガスを空気圧縮システム 32 に伝える。より詳しくは、排ガスサブシステム 20 の中の高温の排ガスは、空気圧縮システム 32 を通過し、熱エネルギーを熱交換媒体に伝え、排ガスを排ガス排出口 42 から大気中に送り出す前に、排ガスの中の熱エネルギーを回収する。

40

50

【 0 0 3 2 】

エンジン冷却液サブシステム 4 0 と排ガスサブシステム 2 0 は、熱交換ユニット 4 6 の排熱入力部 3 4 と流体連通している。エンジン冷却液とエンジン排ガスからの熱は、熱交換ユニット 4 6 を通じて熱交換媒体に伝えられる。熱交換ユニット 4 6 は、空気圧縮システム 3 2 の中に含まれる。熱交換ユニット 4 6 には、排熱側と熱交換媒体側がある。排熱入力部 3 4 はエンジンからの流体（冷却液、排ガス等）を熱交換ユニット 4 6 の排熱側へと受ける。排熱排出口 4 7 は、熱交換ユニット 4 6 の排熱側に接続され、流体を熱交換ユニットの排熱側の外に出す。熱交換ユニット 4 6 の熱交換媒体側には、熱交換媒体を熱交換ユニットへと受けるための熱交換媒体注入口 4 9 がある。熱交換媒体排出口 5 1 は、熱交換媒体側に接続され、熱交換媒体を熱交換ユニット 4 6 の外に出す。

10

【 0 0 3 3 】

熱交換ユニット 4 6 は、蒸発器、ボイラまたはその他の適当な熱交換装置とすることができる。熱交換媒体は、冷媒、水またはその他、本発明の空気圧縮システム 3 2 に適した同様の熱交換媒体とすることができる。熱交換ユニット 4 6 において、熱交換媒体は加熱され、液相から気相へと変換される。

【 0 0 3 4 】

熱交換ユニット 4 6 を通過しながら、熱交換媒体はエンジン排熱を吸収し、蒸発し、気相に変換される。膨張する気体の熱交換媒体は、熱交換ユニット 4 6 から排出口 5 1 を通じて空気圧縮装置 4 8 の熱交換媒体注入口 5 3 に伝えられる。気体の熱交換媒体は空気圧縮装置 4 8 の動力として使用され、空気圧縮装置は取り入れ口 1 8 から外気を取り込み、圧縮空気を排出口 3 6 から排出する。

20

【 0 0 3 5 】

熱交換媒体は、熱交換媒体排出口 5 5 を通じて空気圧縮装置 4 8 から出て、復水器 5 0 に至り、ここで液化され、液相に戻る。復水器 5 0 において、熱交換媒体 4 4 によって余分な熱が保持されていれば、この熱は捕捉され、排気口等の熱排出口 3 8 を通じて大気中に放出される。熱交換媒体は次に、ポンプ 5 2 によって熱交換ユニット 4 6 に送り戻され、流体の流れのループが完了し、そのサイクルが再び開始される。

【 0 0 3 6 】

空気圧縮システム 3 2 は、スプリットサイクルエンジン 1 0 の専用圧縮シリンダ 1 2 に連結される。空気圧縮システム 3 2 からの圧縮空気は、圧縮シリンダの吸気流路 2 3 から圧縮シリンダ 1 2 に供給される。外気もまた、吸気口 1 7 から圧縮シリンダ 1 2 に取り込まれ、圧縮シリンダで圧縮される。圧縮空気はその後、ガス流路 1 6 を通じてパワーシリンダ 1 4 に移動するかもしれない。あるいは、圧縮空気は、後にエンジン 1 0 によって使用されるために貯気タンク 2 4 に保存されてもよい。圧縮空気は、ガス流路 1 6 を分岐させるポート 5 4 を通じて貯気タンク 2 4 の中に入ってもよい。

30

【 0 0 3 7 】

燃料は、パワーシリンダ 1 4 の中に直接噴射され、圧縮空気 3 6 と混合されて、動力を作り出すためにパワーシリンダの中で点火される燃焼混合物を形成してもよい。あるいは、燃料は分岐ポート 5 4 の下流のガス流路 1 6 の中に噴射されるポート燃料(port fuel)で、パワーシリンダ 1 4 に入る前に圧縮空気と混合されてもよい。

40

【 0 0 3 8 】

パワーシリンダ 1 4 内の燃焼は、高温の排ガスを生成し、これは前述のように排ガスサブシステム 2 0 を通じて空気圧縮システム 3 2 に供給される。さらに、エンジン 1 0 内の燃焼がエンジンブロックを加熱する。エンジン冷却液サブシステム 4 0 の中のエンジン冷却液は、前述のように、ポンプ 5 6 によってエンジンブロック内の空気圧縮システム 3 2 へと、またここから循環され、エンジンブロックを冷却する。

【 0 0 3 9 】

エアモータリング動作モードでは、スプリットサイクルエンジン 1 0 は、空気圧縮システム 3 2 によって生成され、貯気タンク 2 4 の中に保存された圧縮空気を使って、パワーシリンダ 1 4 の中のパワーピストン 1 5 を駆動する。圧縮空気がパワーシリンダ 1 4 の中

50

で膨張した後に、空気は排気流路 25 を通じて排出される。このモードにおいて、圧縮シリンダ 12 はアイドル状態となり、パワーシリンダ 14 の中で燃焼が起こらない。

【0040】

次に、図 4 を参照すると、エアハイブリッドスプリットサイクルエンジン 126 の別の実施例において、圧縮シリンダ 112 からの圧縮された外気は、ポート 154 に接続された進入路 158 を通じて貯気タンク 124 中に入る。保存された空気は、ポート 162 に接続された排出路 160 を通じて貯気タンク 124 から出る。弁 164, 166 はタンク 124 への流入とここからの流出を制御し、弁 168 はガス流路 116 内の流れを制御する。制御弁 164, 166 が開状態で弁 168 が閉状態のとき、排熱から生成された圧縮空気は、排出路 160 を通じてパワーシリンダ 114 を駆動すると同時に、流入路 158 を通じてタンク 124 に導入される。さらに、この構成において、弁 164, 166, 168 は、貯気タンク 125 と、圧縮シリンダ 112 かパワーシリンダ 114 のいずれかとの間の流れをさらに制御するために利用してもよい。これ以外の面では、スプリットサイクルエアハイブリッドエンジン 126 は、スプリットサイクルエアハイブリッド 26 と同じ機能を有し、類似した参照番号は同様の機能を示す。

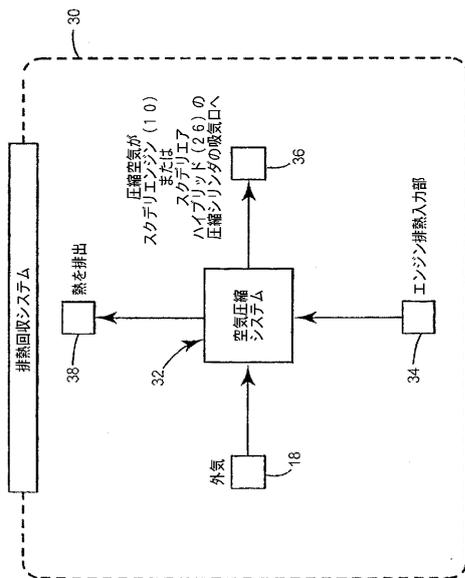
10

【0041】

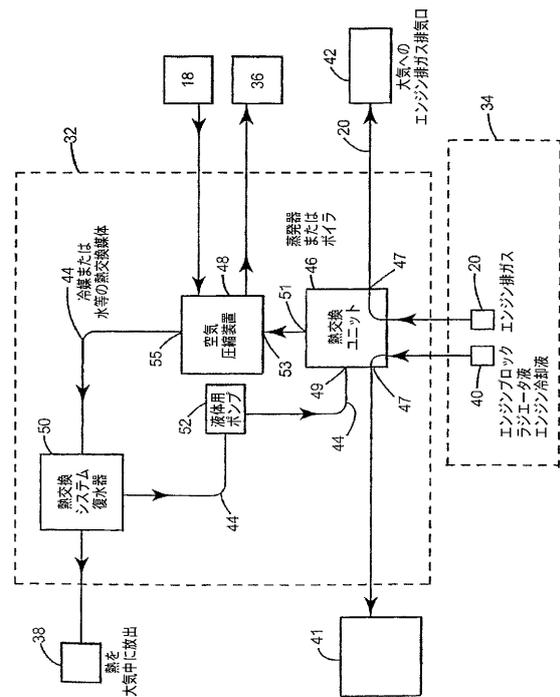
本発明について、特定の実施例を参照しながら説明したが、本願に記載の発明性のあるコンセプトの精神と範囲の中で、さまざまな変更を加えることができると理解するべきである。したがって、本発明は、上記の実施例に限定されるのではなく、以下の特許請求範囲の文言により定義される全範囲を有するものである。

20

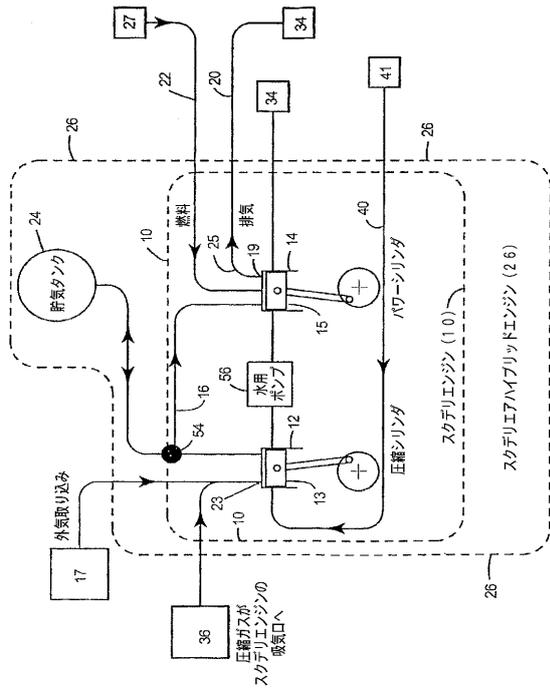
【図 1】



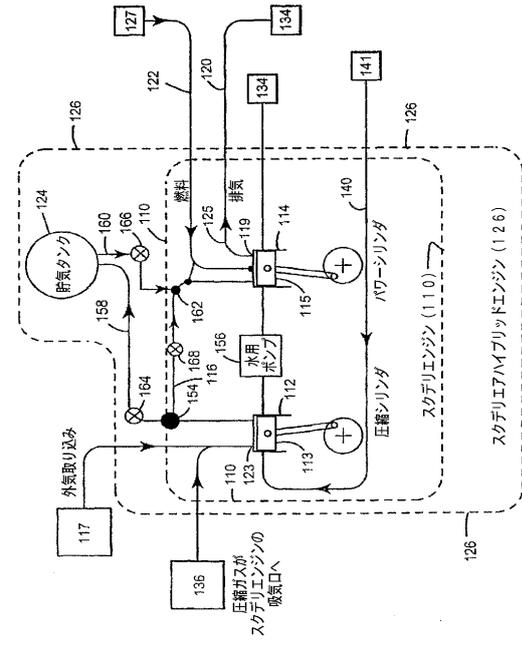
【図 2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>F 0 1 K</i>	<i>23/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 G</i>	<i>5/04</i> <i>G</i>
<i>F 0 1 P</i>	<i>3/20</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 K</i>	<i>25/10</i> <i>Q</i>
<i>F 0 2 B</i>	<i>37/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 K</i>	<i>23/02</i> <i>P</i>
			<i>F 0 1 P</i>	<i>3/20</i> <i>G</i>
			<i>F 0 2 B</i>	<i>37/00</i> <i>3 0 1 Z</i>

(72)発明者 サルバトーレ シー・スクデリ
 アメリカ合衆国 01085 マサチューセッツ州 ウェストフィールド サンセット ドライブ
 108

(72)発明者 スティーブン ピー・スクデリ
 アメリカ合衆国 01085 マサチューセッツ州 ウェストフィールド シェーカー ロード
 1023

審査官 安井 寿儀

(56)参考文献 特開昭57-181923(JP,A)
 特開2005-240740(JP,A)
 特開昭55-091713(JP,A)
 米国特許第6543225(US,B2)
 米国特許第6609371(US,B2)
 米国特許第6952923(US,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 F 0 2 B 3 3 / 1 0
 F 0 2 B 3 3 / 4 4
 F 0 2 B 3 7 / 0 0
 F 0 1 K 2 3 / 0 2
 F 0 1 K 2 5 / 1 0
 F 0 1 N 5 / 0 2
 F 0 1 P 3 / 2 0
 F 0 2 G 5 / 0 4