

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3839045号  
(P3839045)

(45) 発行日 平成18年11月1日(2006.11.1)

(24) 登録日 平成18年8月11日(2006.8.11)

(51) Int. Cl.		F I		
<b>FO1K</b>	<b>25/10</b>	<b>(2006.01)</b>	FO1K	25/10
<b>FO2C</b>	<b>3/34</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2C	3/34
<b>FO2B</b>	<b>47/10</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2B	47/10

請求項の数 5 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平7-523201                  (86) (22) 出願日 平成7年3月2日(1995.3.2)                  (65) 公表番号 特表平9-509998                  (43) 公表日 平成9年10月7日(1997.10.7)                  (86) 国際出願番号 PCT/EP1995/000754                  (87) 国際公開番号 W01995/024545                  (87) 国際公開日 平成7年9月14日(1995.9.14)                  審査請求日 平成14年2月6日(2002.2.6)                  (31) 優先権主張番号 P4407619.3                  (32) 優先日 平成6年3月8日(1994.3.8)                  (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)</p>	<p>(73) 特許権者                  ツェーエルゲー コーレンシュトゥッフリサイクリング ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング                  ドイツ連邦共和国 D-09599 フライベルク プルファーミュールンヴェーク (番地なし)                  (74) 代理人 弁理士 矢野 敏雄                  (74) 代理人 弁理士 山崎 利臣                  (74) 代理人 弁理士 久野 琢也                  (74) 代理人 弁護士 ラインハルト・アインゼル                  最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 化石燃料を少ない汚染物質で動力に変換する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エキスパンションエンジンを用いて化石燃料を少ない汚染物質で機械的動力に変換する方法において、

化石燃料を、工業用酸素及び戻し導入された二酸化炭素の存在下に燃焼させ、かつ燃焼させた化石燃料をエキスパンションエンジン中で放圧させて機械的動力を発生させ、

膨張した排ガスをエキスパンションエンジンから排出し、

膨張した排ガスを熱交換器中で冷却させ、

膨張した排ガスの圧力を上昇させ、

膨張させた排ガスをもう1つの熱交換機で30 未満に冷却し、

膨張した排ガスを液化し、

膨張した排ガスからの凝縮不可能なフラクションを排出させ、

燃焼により生じた量の液体CO<sub>2</sub>を除去し、

液体O<sub>2</sub>の残りを、膨張した排ガスとの熱交換により気化させて循環ガスとして再び供給し、かつ

気化されたCO<sub>2</sub>により燃焼を800 ~ 1500 の温度に冷却する

ことを特徴とする、エキスパンションエンジンを用いて化石燃料を少ない汚染物質で機械的動力に変換する方法。

【請求項2】

気化を、約40MPaの超臨界圧で実施する、請求項1に記載の方法。

10

20

## 【請求項 3】

循環ガスの燃焼圧力への膨張および冷却ガスの凝縮圧への圧縮を同時に、ターボチャージャーを用いて実施する、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

高温燃焼ガスを、ガスタービンに供給し、かつ排ガスを、ターボチャージャーを用いて圧縮する前に、複数のレキュペレーター中で段階的に戻し導入された循環ガスに対して冷却する、請求項 3 に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記エキスパンションエンジンが 4 - 行程ピストンエンジンであって、化石燃料の前記燃焼を 4 - 行程ピストンエンジン中で実施する請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の方法において、ピストン (4) が上死点に位置する際に、

第 1 の作動行程で、戻し導入される循環ガスを第 1 の吸気弁 (3) を介して作動シリンダ (2) に供給し、膨張させてピストン (4) への機械的動力を発生させ、次いで、燃料及び工業用酸素を噴射導入し、点火し、かつさらに放圧させて機械的動力を発生させ、その際、ピストン (4) は下死点に位置し、

第 2 の作動行程で、膨張させた燃焼ガスを、ピストン (4) の上昇によりシリンダー (2) から第 1 の出口弁 (5) を介して排出し、第 1 のレキュペレーター (6) 及び第 2 のレキュペレーター (8) を介して、再び第 2 の吸気弁 (9) まで圧縮し、その際、該燃焼ガスはレキュペレーター (6) 及び (8) 中で冷却され、

第 3 の作動行程で、ピストン (4) の下降により、冷却された燃焼ガスを第 2 の吸気弁 (9) を介して吸引し、ピストン (4) が、下死点に位置したら、第 2 の吸気弁 (9) を閉じて第 3 の作動行程を終了し、

かつ最後に、第 4 の作動行程で、作動シリンダ (2) 中に吸入された燃焼ガスを、第 1 の吸気弁 (3) 及び第 2 の吸気弁 (9) 及び第 1 の出口弁 (5) 及び第 2 の出口弁 (10) が閉じた状態でピストン (4) が下死点から上死点に動くことにより圧縮し、圧縮された燃焼ガスを第 2 の出口弁 (10) を介して第 3 のレキュペレーター (11) に供給し、燃焼ガスをコンデンサー (12) からの液体二酸化炭素に対する向流で冷却し、コンデンサー (12) 中、ヒートシンク (13) での熱放出により少なくとも循環に必要な量の二酸化炭素を燃焼ガスから凝縮し、

その際、燃料及び工業用酸素と共に循環プロセスに供給される物質を、コンデンサー (12) から、弁 (15) を介して循環プロセス外に排出する

請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

本発明は、エキスパンションエンジン、例えば、ガスタービン及びスチームタービン並びに内燃機関を用いて、化石燃料を少ない汚染物質で機械的動力に変換する方法に関する。本発明は、例えば、固体燃料、ごみ及びバイオマス、天然ガス、重油、ガソリン、メタノール、液化ガス及びその他からなる低窒素の燃焼ガス又は燃料ガスに結びつけられる固体燃料、液体燃料及び気体燃料の化学的エンタルピーを、電力の発生のための発電機、車両及び作動機械を運転するための機械的動力に変換するために使用することができる。

循環プロセス及びエキスパンションエンジンの従来技術は、非常に進展し、かつ多様化している。パワーステーション技術の近年の熱力学的プロセスコンビネーションは、殊に、VDI レポート 1065 (1993 年 9 月) に記載されている。従来技術の場合には今もなお、異なる作動媒体で操作される開放式及び閉鎖式動力プロセスとに区分されている。閉鎖式循環プロセスの利点は、これらは、循環プロセスに供給されるエンタルピーを、室温の水準まで利用することができることである。しかし、これに対して、プロセスのエネルギーを、循環プロセスに、高いエネルギー損失に結びつく間接的な熱移動により供給しなければならない。

解放式循環プロセス、例えば、ガスタービンプロセスでは、プロセスエネルギーの供給を、統合燃焼により直接行う。このため、解放式循環プロセスは、供給されるプロセスエネルギーのかなりのフラクションが、作動媒体と共に循環プロセスから排除されるという欠

10

20

30

40

50

点を有する。

解放式及び閉鎖式循環プロセスの利点及び欠点は、間接熱移動による解放式及び閉鎖式循環システムの結合をもたらした。最もよく知られた組み合わせは、ガス/スチームパワーステーションである。

このようなガス/スチームパワーステーションプロセスは、例えば、米国特許(US)第4434613号明細書から公知である。この場合、化石燃料をガスタービンの燃焼室中で、ガスタービン装置のコンプレッサーを用いて、戻し導入されるガスタービン排ガスとの混合物として供給される酸素と共に燃焼させる。ガスタービン排ガスを、それを処理して液状二酸化炭素又は再循環物にする前に、スチームタービン用のスチームを生じさせる廃熱ボイラー中で冷却する。

10

閉鎖式動力プロセスのために最も幅広く使用される作動媒体は、水である。作動媒体としての水で作動するこれらの動力プロセスの欠点は、プロセスへの熱供給の平均温度水準であり、それというのも、蒸発の高い熱容量は、熱供給の平均温度に著しく影響して、これを低めるためである。作動媒体のこの特異的欠点は、プロセスを超臨界の蒸気状態を伴って設計することにより、部分的に補償される。しかし、このことは、約25.0MPa及びそれ以上の蒸気圧と結びつき、可能な蒸気温度を、600未満までに限定する。

ガスタービン装置で設計されるような解放式動力プロセスのために最も広く使用される作動媒体は、空気である。大抵の場合に、環境的パラメータを有する空気であるガスを、循環プロセスに供給し、これを、循環プロセス中で圧縮し、次いでその温度を、燃料を酸素過剰で燃焼させることにより上げる。引き続き膨張は、機械的な動力をもたらす、少なくとも大気圧で、循環プロセスから環境に放出される作動媒体の圧力及び温度を低めるメカニズムを作動させ、その際、作動媒体の温度は、大抵の場合に、周囲の温度をかなり上回る。

20

スチーム動力プロセス及びガスタービンプロセス双方が、最新のプロセス設計でも、その作動媒体により、それぞれ約40%及び組み合わせで50%までのパワーステーション正味効率を達成するのみである。

多くの火力パワーステーションは、必要なプロセス熱を、化石燃料の燃焼により供給する。その際、二酸化炭素及び水蒸気並びに費用のかかる煙道ガス精製プロセスで排ガスから排除すべき汚染物質としての酸化イオウ及び酸化窒素が生じる。

そのプロセス熱を空気を用いる化石燃料に燃焼により供給する全ての動力プロセスの特徴は、燃焼ガス及び/又は作動媒体として使用される空気中の窒素分が、最も多い、プロセスを貫流するバラスト物質流を生じさせることである。

30

大気窒素は、動力プロセスの熱損失及び酸化窒素形成の原因のかなりの部分を負っている。固体燃料を、解放式パワーステーションプロセスのためにエネルギーキャリアとして使用すべき場合には、これらをガス化するか、又は圧力下に燃焼させることが必要である。燃焼に対するガス化の利点は、精製されるべきガス量が本質的により少なく、それ故、環境への汚染物質負荷量を、ガス化により減らすことができるということである。

これに対して、動力プロセスの効率及びそれに伴う特異的燃料消費は、二酸化炭素放出の減少に決定的である。

従って、米国特許(US)第4434613号明細書及びその他のように、米国特許(US)第4498289号明細書も、作動媒体として、工業用酸素を用いる化石燃料の燃焼により製造される二酸化炭素の多いガス混合物を使用するガスタービンプロセスを提案している。米国特許(US)第4434613号明細書では、ガスタービン排ガスの廃熱を、スチームプロセスに放出する一方で、米国特許(US)第4498289号明細書は、ガスタービン廃熱の高温で生ずる部分を、再循環される作動媒体を蓄熱的に予備加熱するために使用し、かつ低温廃熱及び圧縮熱を、冷却水に移動させ、かつプロセスから除くことを提案している。加えて、米国特許(US)第4498289号明細書は、作動媒体を、ガスタービン及びコンプレッサーの後に、31の記載の温度まで冷却せず、かつ作動媒体下流の圧縮をガスタービンの後に臨界レベルまで行い、臨界未満の域での二酸化炭素の恒温凝縮を、確実に避けることを指示している。超臨界パラメータ下での27まで

40

50

の作動媒体の過冷が、循環プロセスからの凝縮不可能なガスの分離の目的のためにのみ可能である。これらの条件は、熱力学の第2法則により、循環プロセスからのエネルギーの避けがたい排出が、高い平均温度レベルで生じ、かつ作動媒体の動力能が充分には利用されないという結果をもたらす。しかし、米国特許(US)第4498289号明細書の重大な欠点は、提案された概念が、熱力学の第二法則と背反し、それ故、技術的に実施不可能であることである。このことは、熱伝達の際の温度差、ターボエンジンの内部効率及び循環プロセス内での圧力損失に関する。殊に、これは、図3及び4に示された実施例に関し、これは、供給される熱よりも多くの熱を放出し、かつガスをタービン(116)に、熱伝達のために使用可能なガスタービン排ガスの温度を上回る温度で供給するレキュペレーター(アイテム126)を統合する。

10

最後に、米国特許(US)第3736745号明細書から、蓄熱式ガスタービン(Rekupe rations-Gasturbine)のための酸素と燃料との燃焼下に、作動媒体として二酸化炭素を用いる循環プロセスが公知であり、その際、タービン排ガスを、レキュペレーター中での冷却の後に直接、コンデンサに供給し、かつそこで液化する。従って、ガスタービンは、常に凝縮のために必要な圧力を保持すべきである。しかし、このために、CO<sub>2</sub>に対する比動力能が低いので、非常に高い物質流を循環させる必要があることとなり、このことは、大きな装置及び高いポンプ出力を必要とし、能率を下げる。

従って、従来技術に対する本発明の課題は、エネルギー効率において、従来技術の最も良好なガス/スチームパワーステーションプロセスに匹敵するが、これに対して、10~20%のみで、かつ実質的に酸化窒素不含の排ガスを環境に放出し、かつ運転経済的に、より良好に作動する電力プロセスを提供することである。

20

この課題は、第1項の特徴を有する方法により解決され、かつ有利な態様は、従属請求項に記載されている。

その際、化石気体燃料、化石液体燃料又は化石固体燃料又はこれらから製造された燃料ガスを、有利に8.0MPaの圧力下に、例えば空気分離による工業用酸素を用いて、再循環され、蓄熱式に予備加熱された二酸化炭素の存在下に燃焼室中で燃焼させる。再循環された二酸化炭素を用いて、内燃機関の燃焼室中の燃焼温度を、燃焼室に後続されたガスタービンで許容されるガス入口温度に調節し、かつエンジン又はガスタービンの排ガスを、再循環される二酸化炭素の蓄熱式予備加熱のために使用し、その後、ほぼ室温に冷却された排ガスの圧力を、圧縮により少なくとも7.2MPaに高めて、再び、これを、冷却機のペーバライザであってもよい吸熱機への熱の排出下に温度30 未満のほぼ室温までにその温度を低めて凝縮する。水蒸気、酸化炭素、酸化窒素及び酸化イオウの燃焼室での燃料の燃焼により生じるフラクシオン並びに燃料及び工業用酸素と共に導入される凝縮不可能なガスを、循環プロセスから、エンジン又はガスタービン排ガスの冷却及び/又は戻し導入される二酸化炭素の凝縮の間に、気体、固体又は液体の形で排出する。本発明では、液化二酸化炭素を、ポンプを用いて有利に40MPaの圧力に押し、レキュペレーター中で、ガスタービン排ガスを冷却するために向流で気化させ、予備加熱し、その後、それをエンジン又はタービン又はその他のエキスパンションエンジン中で、機械的動力の発生下に、燃焼室の圧力に低下させ、かつこれに供給する。冷却されたエンジン排ガス又はガスタービン排ガスの凝縮圧力までの圧縮及び循環プロセス中へ再循環される気化され、予備加熱された二酸化炭素の放圧は、本発明では、タービンが直接、コンプレッサーに接続されている高性能ガスターボ過給機又は膨張と圧縮とが直接結合されているその他の機械の1つ、例えば往復機械で実施することができる。

30

しかし、本発明の実施のために使用される装置は、例えばパワーステーション技術で公知のような変更された高圧スチームタービンを、一本の軸上の高温ガスタービン及び冷却されたガスタービン排ガスを、凝縮圧力まで圧縮するためのコンプレッサーに直接連結する二段式ガスタービンであってもよく、その際、エネルギーを供給する燃焼室は、高圧スチームタービン及びガスタービンとの間に設置されている。

40

更に、冷却されたガスタービン排ガスの凝縮圧力までのプロセス統合凝縮の圧縮熱を、有利に同様に、二酸化炭素を作動媒体として使用し、かつ熱エネルギー及び機械的動力を生

50

じさせるその他の循環プロセスに排出することも、本発明による。

本発明の効果は、燃焼エンジン又はガスタービン中での膨張の廃熱を、循環プロセスに戻し導入し、かつ作動媒体の熱圧縮のために使用して、循環プロセス中の機械的圧縮作業の割合を減らし、かつ機械のより高い比出力を生じさせ、同時に、従来技術に対して排ガス容量並びに酸化窒素排出を約90%まで低下させるということである。

#### 実施例 1

本発明を、図1に記載のガスタービン装置の技術的略図により詳述する。実際に、ガスタービン燃焼室であってよい燃焼室(1)で、例えば、メタン100%からなる燃料を、8.0MPaの圧力下に、少なくとも93容量%の酸素含有率を有する工業用酸素で燃焼させる。

予備加熱された二酸化炭素の供給により、燃焼空間(1)中の燃焼温度を下げ、この燃焼から、1200の高温作動媒体を、膨張プロセス(2)、例えばガスタービンに供給する。

燃焼されるメタン1kg当たり、工業用酸素4.3kg及び755に蓄熱式に予備加熱された二酸化炭素70kgを、燃焼室(1)中での燃焼に供給する。

1200の高温燃焼ガスは、ガスタービン(2)中で1.5MPaに膨張する。これにより、ガスタービンは、約920の排ガス温度で、メタン1kg当たり約27.35MJの機械的動力を供給することができる。排ガスのエンタルピーの一部を、最初のレキュペレーター(3)中で、向流で循環ガス、本発明では二酸化炭素に移動させ、その後これを、約755の温度で燃焼室(1)に導く。循環ガスを、第2のレキュペレーター(11)中で、室温に冷却された排ガスからの7.2MPaの圧力での二酸化炭素の凝縮により、液体の形で取得する。こうして放出された熱を、ヒートシンク(12)を介して環境に放出する。

レキュペレーター(11)から同時に、燃焼室(1)に燃料及び工業用酸素と一緒に供給された量のガス状二酸化炭素及び凝縮不可能な成分を、環境に排出する。

循環ガス、例えば液体二酸化炭素を、ポンプ(13)を用いて33.0MPaの圧力に高め、かつレキュペレーター(8及び4)中で、超臨界パラメータ下で気化させ、かつ510に過熱し、その後、タービン(6)、例えばガスターボチャージャー中で、約360で、機械的動力の供給下にほぼ8.0MPaの燃焼室(1)の作動圧力まで放圧させる。

ガスターボチャージャーを使用する場合には、タービン(6)は、同じターボチャージャーのコンプレッサー(7)を直接、推進し、これを用いて、レキュペレーター(3、4及び5)中で冷却された排ガスの圧力を、レキュペレーター(8及び9)中での新たな冷却の圧力損失の考慮下に、レキュペレーター(11)中での二酸化炭素の必要な凝縮を実施しうる程度に高める。

排ガスを、レキュペレーター(8及び9)中で冷却する一方で、燃料室(1)中での燃料の燃焼で生じた水を凝縮させる。これを、凝縮トラップを介して環境に放出する。

レキュペレーター(9)中で排出される熱は、全て熱エネルギーとして消費者又はレキュペレーター(11)及びタービン(10)により更なる機械的動力をもたらす低温循環プロセスに供給することができる。

例中に記載の本発明による動力プロセスは、メタンに対して62.3%の機械的動力の生産を総体で達成する。空気分離装置での従来技術を考慮すると、50%の正味効率を有するパワーステーションを建設することができる。

#### 実施例 2

本発明の使用を、4-行程内部燃焼エンジンの例で、図2を用いて記載した。

方法の循環操作状態への移行を、液体二酸化炭素を、20~40MPaの圧力で貯蔵し、取り出した後に、間接的な熱供給により気化させ、かつ300~600に過熱する出発システム(1)を用いて行う。

この出発システムから取り出された二酸化炭素を、燃焼エンジンの作動シリンダ(2)に、第1の吸気弁(3)を介して、ピストン(4)がその上死点の付近に位置する際に供給

10

20

30

40

50

して、作動シリンダー(2)を過給させて、循環プロセスの第1の作動行程を開始する。循環的に安定な操作では、過給を、例えば30MPa及び550を有する二酸化炭素の第1のレキュペレーター(6)からの供給により行う。

第1の吸気弁(3)を介して供給された二酸化炭素を、ピストン(4)での機械的動力の供給下に、作動シリンダ(2)中で2.0~3.0MPaに膨張させる。この圧力レベルで、公知技術のエンジン燃料及び工業用酸素を、噴射ノズル(7)を介して作動シリンダ(2)中に噴射し、かつそこで自己着火又は火花着火により燃焼させる。圧力及び温度の上昇下に作動シリンダ(2)中に生じる燃焼ガスを、同様に、ピストン(4)への機械的動力の供給下に0.3~1.0MPaに放圧する。この圧力レベルは、第1の作動行程の最後に、ピストン(4)がその下死点の付近に位置する際に達成される。

10

第2の作動行程で、ピストン(4)は、下から上の死点に移動し、かつ0.3~1.0MPaで500~700を有する膨張した燃焼ガスを、作動シリンダ(2)から、第1の出口弁(5)、第1のレキュペレーター(6)及び第2のレキュペレーター(8)を介して、再び第2の吸気弁(9)まで圧する。

レキュペレーター(6)及び(8)中で、燃焼ガスを、40~50に冷却する。

第3の作動行程で、ピストン(4)は、冷却された燃焼ガスを、第2の吸気弁(9)を介して作動シリンダ(2)中に、それが再び上死点から下死点に動くことにより吸引する。ピストン(4)が、下死点の付近に位置したら、第2の吸気弁(9)を閉じ、かつ第3の作動行程を終了する。

第4の作動行程で、作動シリンダ(2)中に吸入された燃焼ガスを、吸気弁(3)及び(9)及び出口弁(5)及び(10)が閉じた状態で、ピストン(4)が下死点から上死点に動くことにより圧縮する。常温で二酸化炭素凝縮のために必要な60~80バールの圧力で、第2の出口弁(10)を開くと、ピストン(4)は、圧縮された燃焼ガスを、燃焼ガスをコンデンサー(12)からの液体二酸化炭素に対する向流で40~50に冷却する第3のレキュペレーター(11)に供給し、その後、コンデンサー(12)中、ヒートシンク(13)での熱放出により少なくとも循環に必要な量の二酸化炭素を、燃焼ガスから凝縮する。

20

第4の作動行程の最後に、ピストン(4)は上死点にあり、かつ第2の出口弁(10)を閉じ、かつサイクルを新たに開始させる。

第1の作動行程を開始するために必要な二酸化炭素の圧力、例えば30MPaを、復水ポンプ(14)により保証する。

30

燃料及び工業用酸素と共に循環プロセスに供給される物質を、コンデンサー(12)から、弁(15)を介して循環プロセス外に排出する。



---

フロントページの続き

(72)発明者 ボド ヴォルフ

ドイツ連邦共和国 D - 0 9 5 9 9 フライベルク ヨハン - ゼバスティアン - バッハ - シュトラ  
ーゼ 1 4

審査官 藤原 直欣

(56)参考文献 米国特許第 4 4 9 8 2 8 9 ( U S , A )

特開平 4 - 1 4 2 8 ( J P , A )

特開平 3 - 1 4 5 5 2 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F02C 3/30 - 34

F01K 25/10

F02B 47/10