

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-281131

(P2005-281131A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005.10.13)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
CO1B 3/38	CO1B 3/38	3G081
FO1K 23/10	FO1K 23/10	4G140
FO2C 3/22	FO2C 3/22	
FO2C 6/00	FO2C 6/00	E

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-90941 (P2005-90941)	(71) 出願人	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー GENERAL ELECTRIC COMPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リバーロード、1番
(22) 出願日	平成17年3月28日 (2005.3.28)	(74) 代理人	100093908 弁理士 松本 研一
(31) 優先権主張番号	10/810, 471	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成16年3月29日 (2004.3.29)	(74) 代理人	100106541 弁理士 伊藤 信和
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

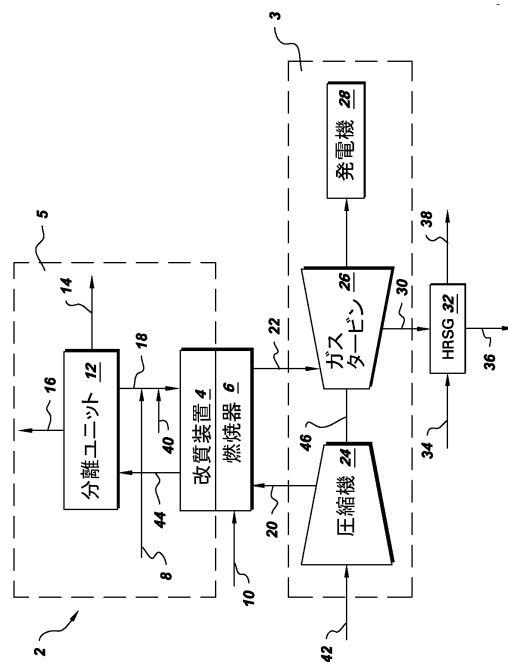
(54) 【発明の名称】 水素と電気エネルギーの同時生産のためのシステム及び方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、水素と電気エネルギーの同時生産に関する発明である。

【解決手段】 水素と電気エネルギーの同時生産のためのシステムは、改質装置燃料と蒸気を受けて、水素リッチ改質油(44)を生成するように構成された改質装置(4)を含む。改質装置(4)と流体連通する分離ユニット(12)を更に含み、この分離ユニット(12)は、改質油(44)を受けて、該改質油(44)から水素を分離して排ガス(18)を生成するように構成される。また、燃烧用に燃料を受けて熱エネルギーと高温圧縮ガス(22)とを生成するように構成された燃烧器(6)を含み、この燃烧器(6)は、改質装置(4)と結合される。ガスタービンは、高温圧縮ガス(22)を膨張させて電気エネルギーと膨張ガス(30)とを生成し、燃烧器(6)からの熱エネルギーの少なくとも一部は、改質装置(4)内で改質油(44)を生成するのに使用される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水素と電気エネルギーの同時生産のためのシステムであって、

改質装置燃料(8)及び蒸気を受けて、水素リッチ改質油(44)を生成するように構成された改質装置(4)と、

前記改質装置(4)と流体連通し、前記改質油(44)を受けて該改質油(44)から水素を分離して排ガス(18)を生成するように構成された分離ユニット(12)と、

燃焼用に燃料(10)を受けて熱エネルギーと高温圧縮ガス(22)とを生成するように構成され、前記改質装置(4)と結合された燃焼器(6)と、

前記高温圧縮ガス(22)を膨張させて電気エネルギーと膨張ガス(30)とを生成するガスタービン(26)と、

を備え、

前記燃焼器(6)からの熱エネルギーの少なくとも一部が、前記改質装置(4)内で前記改質油(44)を生成するのに使用されることを特徴とするシステム。

【請求項 2】

前記排ガス(18)の少なくとも一部が、水素を分離した後に前記改質装置(4)に再循環されて戻される請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記改質油(44)が更に、一酸化炭素、二酸化炭素、及び前記改質装置燃料を含む請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記分離ユニット(12)が更に、一酸化炭素を二酸化炭素に転化して、水素と二酸化炭素リッチ流(60)とに転化する水ガスシフト反応器(56)を備える請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

蒸気を発生するための熱交換器(54)を更に備える請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記分離ユニット(12)から生成された前記水素が、前記燃焼器(6)用の燃料として使用される請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

蒸気を発生する熱回収蒸気発生器(HRSG)(32)と蒸気タービンとを更に備える請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

水素と電気エネルギーの同時生産のためのシステムであって、

改質装置燃料と蒸気を受けて、水素リッチ改質油(44)を生成するように構成された改質装置(4)と、

燃焼用に燃料(10)を受けて熱エネルギーと高温圧縮ガス(22)とを生成するように構成され、前記改質装置(4)と結合された燃焼器(6)と、

前記改質装置(4)と流体連通し、前記改質油(44)を受けて前記改質油(44)から水素を分離して排ガス(18)を生成するように構成された分離ユニット(12)と、

を備え、

前記燃焼器(6)からの前記熱エネルギーの少なくとも一部が、前記改質装置(4)内で前記改質油(44)を生成するのに使用され、

前記高温圧縮ガス(22)を膨張させて電気エネルギーと膨張ガス(30)とを生成するガスタービン(26)が更に設けられ、

前記燃焼器(6)からの熱エネルギーの少なくとも一部が、前記改質装置(4)内で前記改質油(44)を生成するのに使用され、前記分離ユニット(12)が前記改質油(44)から二酸化炭素を分離して、前記排ガス(18)の少なくとも一部を前記改質装置(4)に再循環させるように構成されたシステム。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

水素及び電気エネルギーの同時生産のための方法であって、

改質装置燃料と蒸気との混合体を改質装置(4)内で改質して水素リッチ改質油(44)を生成する段階と、

前記改質油(44)から水素を分離して排ガス(18)を生成する段階と、

前記改質装置(4)と結合された燃焼器(6)内で燃料を燃焼させて熱エネルギーと高温圧縮ガス(22)とを生成する段階と、

前記高温圧縮ガス(22)を膨張中のガスタービン(26)内で膨張させて電気エネルギーと膨張ガス(30)とを生成する段階と、

を含み、

前記燃焼器(6)からの前記熱エネルギーの少なくとも一部が、前記改質装置(4)内で前記改質油(44)を生成するのに使用されるようにする方法。

【請求項10】

燃焼器改質装置システムであって、

燃料及び酸化剤を受けて燃焼させ、高温圧縮ガス(22)及び熱エネルギーを生成するように構成された燃焼器(6)と、

前記燃焼器(6)に密接して接触し、改質装置燃料及び蒸気を受けて水素リッチ改質油(44)を生成するように構成された改質装置(4)と、

を備え、

前記改質装置(4)が前記燃焼器(6)と結合され、前記燃焼器(6)からの前記熱エネルギーの少なくとも一部が、前記改質装置(4)内で前記改質油(44)を生成するのに使用されることを特徴とする燃焼器改質装置システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はエネルギー生成システムに関し、より具体的には水素と電気エネルギーの同時生産に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、燃料を燃焼器内で燃焼して高温ガスを生成し、該高温ガスがガスタービンを駆動して発電するコンバインドサイクル発電システムを用いる様々な試みがなされてきた。コンバインドサイクル発電システムの燃焼器は通常、プラント内で容易に利用可能な圧縮空気によって冷却される。燃焼器の冷却に圧縮空気を使用することにより、燃焼器の火炎温度の下限が制限され、このことが結果的に高い窒素酸化物(NO_x)の生成及び排出をもたらす可能性がある。

【0003】

同時生産手段は一般に、電気だけでなく同じ供給原料からある量の液体燃料又は化学物質を生成する。同時生産は、リーンな電力需要期の間は化学物質又は液体燃料を生成し、ピーク期ではこれらを使用して電力生産量を増大させるという概念に基づく。最も広く使用される燃料の1つであり、このような同時生産プラントで生成される水素は、発電を含む幾つかの方法で用いることができる。

【0004】

天然ガスのような炭化水素燃料の典型的な蒸気改質は、水素生成の一次手段である。この改質反応は、外部の熱の供給を必要とする吸熱反応である。通常この外部の熱は、改質に使用される燃料の一部、又は改質プラントで利用可能な任意の燃料リッチガスを燃焼させることにより供給される。このプロセスは、エネルギー集約的であり、有意な量の窒素酸化物(NO_x)を生成する可能性がある。

【特許文献1】米国特許公開2003/068260号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

20

30

40

50

水素経済の到来と共に、水素と電気を生成することができる同時生産システムに対する要望が増大することが予想される。従って、水素と電気エネルギーを効率的な方法で生成しながら、 NO_x の排出を制限することができる同時生産システムを設計するニーズが存在する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

1つの様態では、水素と電気エネルギーの同時生産のためのシステムは、改質装置燃料及び蒸気を受けて、水素リッチ改質油を生成するように構成された改質装置を含む。このシステムは、改質装置と流体連通する分離ユニットを更に含み、この分離ユニットは、改質油を受けて、該改質油から水素を分離して排ガスを生成するように構成される。このシステムはまた、10 燃焼用に燃料を受けて熱エネルギーと高温圧縮ガスとを生成するように構成された燃焼器を含み、この燃焼器は、改質装置と結合される。ガスタービンは、高温圧縮ガスを膨張させて電気エネルギーと膨張ガスとを生成し、燃焼器からの熱エネルギーの少なくとも一部は改質装置内で改質油を生成するのに使用される。

【0007】

更に別の様態では、水素と電気エネルギーの同時生産のためのシステムは、改質装置燃料と蒸気を受けて、水素リッチ改質油を生成するように構成された改質装置を含む。このシステムは、燃焼用に燃料を受けて熱エネルギーと高温圧縮ガスとを生成するように構成された燃焼器を更に含み、この燃焼器は、改質装置と結合される。分離ユニットは改質装置と流体連通し、この分離ユニットは、改質油を受けて、改質油から水素を分離して排ガスを生成するように構成される。燃焼器からの熱エネルギーの少なくとも一部は、改質装置内で該改質油を生成するのに使用される。ガスタービンは、高温圧縮ガスを膨張させて電気エネルギーと膨張ガスとを生成する。燃焼器からの熱エネルギーの少なくとも一部は、改質装置内で改質油を生成するのに使用される。この分離ユニットは、改質油から二酸化炭素を分離し、排ガスの少なくとも一部を改質装置に再循環させるように構成される。

【0008】

更に別の様態では、水素と電気エネルギーの同時生産のための方法は、改質装置燃料と蒸気との混合体を改質装置内で改質して水素リッチ改質油を生成する段階を含む。この方法は更に、改質油から水素を分離して排ガスを生成する段階を含む。この方法はまた、燃焼器で燃料を燃焼させ、熱エネルギーと高温圧縮ガスとを生成する段階を含み、この燃焼器は改質装置と結合される。高温圧縮ガスは、ガスタービン内で膨張されて電気エネルギーと膨張ガスとを生成し、燃焼器からの熱エネルギーの少なくとも一部は、改質装置内で改質油を生成するのに使用される。

【0009】

更に別の様態では、燃焼器改質装置システムは、燃料及び酸化剤を受けて燃焼させ、高温圧縮ガス及び熱エネルギーを生成するように構成された燃焼器を含む。改質装置は、燃焼器に密接して接触し、この改質装置は、改質装置燃料及び蒸気を受けて、水素リッチ改質油を生成するように構成される。この改質装置は、燃焼器と結合され、燃焼器からの熱エネルギーの少なくとも一部は、改質装置内で改質油を生成するのに使用される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明のこれら及び他の特徴、様態、並びに利点は、図面全体を通じて同じ符号が同じ要素を表わす添付図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことにより良く理解されるであろう。

【0011】

図1は、タービン部3と水素発生部5とを含む、水素と電気エネルギーを生成するための例示的な同時生産システム2を概略的に示す。この水素発生部は、改質装置4と分離ユニット12を含む。タービン部は、燃焼器6、圧縮機24、ガスタービン26、及びロータ46を含み、該ロータによってタービン26が圧縮機24を駆動する。改質装置4は、

10

20

30

40

50

燃焼器 6 と結合され、燃焼器 6 からの燃焼熱が改質装置 4 の改質プロセスで利用される。以下に幾らか詳細に説明するように、同時生産システム 2 の基本構成要素は、殆ど公知であるが、公知のシステムに関する効率の改善は、システムの性能と効率を高める再循環流経路を備えるシステム構成要素の戦略的相互接続を通じて得られる。同時生産システムの効率は、その排気流からのエネルギー回収によって高められる。本明細書で説明される同時生産システムの種々の実施形態では、燃焼プロセスで使用される酸化剤は周囲空気である。燃焼に必要とされる酸素量を含む任意の他の酸化剤流を同じ目的のために使用できることは理解される。

【0012】

運転中、改質装置 4 は、燃料流 8 と蒸気 40 とを受けるように構成される。改質装置 4 では、燃料流 8 は、蒸気 40 と反応して水素リッチの改質油流 44 を生成する。改質油流 44 は分離ユニット 12 に送られ、該分離ユニット 12 は、ほぼ純粋な水素流 16 と排ガス流 18 とを生成するように構成される。幾つかの実施形態では、分離ユニット 12 は更に、二酸化炭素 (CO₂) リッチ流 14 を更に生成する。

10

【0013】

典型的には、蒸気を伴う天然ガスのような炭化水素燃料の改質は水素を生成する。このプロセスは、エネルギー集約的であり、大量の熱が改質プロセス全体で吸収される。天然ガスの主成分はメタン (CH₄) であり、該メタンは、蒸気と 2 段階反応で反応し水素を生成する。改質プロセスの間、天然ガスは以下に示す反応 (1) 及び (2) に従って水素に転化される。

20



流入する燃料 8 の少なくとも一部は、改質装置 4 の改質プロセスによって転化されて水素を発生する。改質反応 (1) は、ニッケルのような適切な蒸気改質触媒の存在下で起こる。改質反応 (1) は、極めて吸熱性があり、約 88,630 BTU/mole の反応熱を有する。他の炭化水素燃料の改質反応は、同様に吸熱性である。改質油流 44 は、一酸化炭素 (CO)、二酸化炭素 (CO₂)、水素 (H₂)、未使用燃料、及び水を含む。改質油流 44 は、分離ユニット 12 に供給され、該分離ユニットは、改質油流 44 から水素と一酸化炭素を分離して、二酸化炭素リッチ流 14、水素リッチ流れ 16、及び排ガス流 18 を生成する。1 つの実施形態では、排ガス流 18 は燃料入口流 8 に再循環されて戻され、混合された流れは、蒸気と共に改質装置 4 に供給される。

30

【0014】

吸熱改質反応 (1) に必要とされる熱は、燃焼器 6 からの燃焼熱によって供給され、該燃焼器 6 は改質装置 4 と結合される。燃焼器 6 は、流入燃料流 10 と圧縮酸化剤流 20 を受けるように構成される。流入燃料流 10 と酸化剤流 20 は、予混合されて燃焼器 6 に噴射することができる。幾つかの実施形態では、燃料と酸化剤は、燃焼器 6 に別々に噴射することができる。幾つかの別の実施形態では、燃料と酸化剤は、燃焼器 6 に供給される前に、部分的に又は全てが混合される。流入燃料流 10 は、例えば、水素、天然ガス、メタン、ナフサ、ブタン、プロパン、ディーゼル、ケロシン、航空燃料、石炭派生燃料、バイオ燃料、含酸素炭化水素原料油、及びこれらの混合物などの任意の適切なガス又は液体を含むことができる。幾つかの実施形態では、燃料は、好ましくは水素又は天然ガス (NG) 或いはこれらの混合物を含むことができる。他の幾つかの実施形態では、分離ユニット 12 からの排ガス流 18 の一部が、燃焼器 6 用の燃料として使用される。圧縮機 24 からの圧縮酸化剤 20 は、例えば、空気、酸素リッチ空気、酸素枯渇空気、及び / 又は純酸素のような任意の適切な酸素含有ガスを含むことができる。運転中、例示的な圧縮機 24 は、固定ペーンと回転ブレードとからなる列を含む多段圧縮機である。燃焼器 6 における燃焼プロセスは、高温ガス流 22 を発生する。

40

【0015】

図 1 に戻ると、燃焼器 6 からの高温ガス流 22 は、ガスタービン 26 に供給される。同時生産システム 2 は更に、ガスタービン 26 に取り付けられた発電機 28 と、熱回収蒸気

50

発生器（以下、H R S G）とを含む。ガスタービン 26 に供給される高温ガス流 22 の熱力学的膨張は、ガスタービン 26 を駆動する動力を生成し、その結果、該ガスタービンが発電機 28 を介して電気を発生させる。発電機 28 から生じた電気は、適切な形態に変換されて、配電電力供給網（図示せず）に供給される。ガスタービン 26 からの膨張ガス 30 は、該膨張ガス 30 の熱含有量を回収するために H R S G 32 に供給される。水流 34 が H R S G 32 に供給され、該 H R S G は、ガスタービン 26 からの高温の膨張ガス 30 からの回収熱を利用することによって蒸気 38 を発生する。H R S G 32 からの冷却された膨張ガス 36 は大気中へ排出される。

【0016】

同時生産システムの種々の例示的な実施形態が図 2、3、4 及び図 5 に示される。図 2、3、4 及び図 5 に示すように、全ての例示的な実施形態は、図示された同時生産システム 2 の基本的構成要素を共用しており、これらの図では同じ要素は同じ参照符号で表される。

10

【0017】

同時生産システム 50 の第 2 の例示的な実施形態を図 2 に示す。第 2 の実施形態によれば、分離ユニット 12 は、熱交換器 54、シフト反応器 56、及び分離装置 62 を含む。運転上では、改質装置 4 は熱交換器 54 と流体連通している。水流 52 が熱交換器 54 に導入され、ここで改質装置 4 による改質油流 44 からの回収熱を利用することによって、水が蒸気 64 に転化される。熱交換器 54 で発生した蒸気 64 は、改質装置 4 での改質プロセスに使用される。

20

【0018】

改質装置 4 から発生した改質油流 44 は、水素（ H_2 ）、一酸化炭素（ CO ）、二酸化炭素（ CO_2 ）、水、及び未反応燃料を含む。改質油流 44 は、熱交換器 54 を使用して、約 200 度 から約 400 度 の間の温度まで冷却され、冷却された改質油流 58 を生成する。冷却された改質油流 58 内の一酸化炭素と水が反応して、更に二酸化炭素を生成することができる。このことは、水ガスシフト反応として知られる吸熱反応（2）によって達成することができる。 CO_2 リーンな冷却改質油流 58 は、シフト反応器 56 に供給されて、触媒存在下で水ガスシフト反応を促進する。シフト反応器 56 からの出口流 60 は、未反応燃料、二酸化炭素、水、水素、及び微量の未転化一酸化炭素を含む。出口流 60 はまた、水素及び二酸化炭素のリッチ流と呼ぶこともできる。

30

【0019】

水素及び二酸化炭素リッチの、シフト反応器 56 からの出口流 60 は、分離装置 62 に供給され、分離装置 62 は更に、二酸化炭素分離器を含むことができる。二酸化炭素分離器は、限定ではないが圧スイング吸着、化学吸着、及び膜分離を含む当該技術分野で公知の種々の技術を適用して、出口流 60 から二酸化炭素を分離することができる。

【0020】

圧スイング吸着（P S A）は、水素含有ガスの混合物から二酸化炭素を分離するのに使用することができる。高分圧での P S A 技術では、固体モレキュラーシーブは水素よりもより強く二酸化炭素を吸着することができる。その結果、高圧下において水素を含むガスの混合物が吸着ベッドを通過するとき、二酸化炭素がこの混合物から除去される。ベッドの再生は、減圧及びパージによって達成される。通常、重要な操作に対しては、複数の吸着容器が二酸化炭素の連続分離に使用され、この場合、1 つの吸着ベッドが再生されている間は他の吸着ベッドが使用される。

40

【0021】

ガス流から二酸化炭素を分離するための別の技術は、酸化カルシウム（ CaO ）及び酸化マグネシウム（ MgO ）又はこれらの組合せなどの酸化物を使用する化学吸着である。1 つの実施形態では、高温高圧下において、 CO_2 は CaO によって吸着されて炭酸カルシウム（ $CaCO_3$ ）を形成し、これによりガス混合物から CO_2 を除去する。吸着剤 CaO は、同様に $CaCO_3$ を CaO に改質可能な、 $CaCO_3$ のか焼によって再生される。

50

【0022】

膜分離技術もまた、ガス流から二酸化炭素を分離するのに使用することができる。膜プロセスは一般に、吸着プロセスよりもエネルギー効率が優れ且つ操作が容易である。高温の二酸化炭素分離のために使用される膜は、CO₂に対して選択的であるゼオライト及びセラミック膜を含む。しかしながら、膜技術の分離効率は低く、二酸化炭素の完全分離を膜分離によって達成するのは困難である可能性がある。通常膜分離器は、高圧においてより効率的に機能し、シフト反応器56からの出口流60から二酸化炭素を分離するために膜分離器を使用することは、CO₂の分離の前に出口流60を更に加圧することによって達成することができる。

【0023】

出口流60からCO₂を分離するのに使用される更に別の技術は、限定ではないが、アミンを用いたCO₂の化学吸着を含むことができる。出口流60は、アミンを用いる二酸化炭素の化学吸着を用いるのに好適な温度まで冷却することができる。この技術は、比較的低温で二酸化炭素を吸着する能力を有し、リッチソルベントの温度を高めることによってより容易に再生されるアルカノールアミン溶媒に基づく。二酸化炭素リッチ流14は、リッチソルベントの再生後に得られる。この技術で使用される溶媒は、トリエタノールアミン、モノエタノールアミン、ジエタノールアミン、ジイソプロパノールアミン、ジグリコールアミン、メチルジエタノールアミンを含むことができる。

【0024】

幾つかの実施形態では、二酸化炭素分離器は、出口流60から二酸化炭素を分離するためにPSA技術が使用される少なくとも1つの吸着ベッドを含むことができる。他の幾つかの実施形態では、二酸化炭素分離器は、化学吸着技術が使用される少なくとも1つの吸着容器を含むことができる。更に別の実施形態では、二酸化炭素分離器は、少なくとも1つの膜分離器を含む。本明細書で説明した種々の技術を使用して、二酸化炭素リッチ流14は分離装置62から生成される。二酸化炭素リッチ流14は、任意の他の工業用途に対して移出することができる。

【0025】

分離装置62は更に、水素分離器を含むことができる。他のガスから水素を分離してほぼ純粋な水素流16を生成する方法は、PSA及び膜分離を含む。種々のポリマーは、比較的低温で機能する水素選択膜に用いることができる。1つの実施形態では、水素分離効率は、PSAユニットとCO₂分離膜を組合せることによって高めることができる。第1段階で、PSA技術によってH₂が分離される。次の段階では、CO₂選択膜によってCO₂が分離される。高分子膜の中には、比較的低温でCO₂分離における良好な選択透過性を示すものがある。

【0026】

幾つかの実施形態では、水素分離器は、極低温分離技術を用いることができる。極低温分離は、複数分別及び複数製品の回収が重要である場合に用いることができる。1つの実施形態では、シフト反応器56からの出口流60は、約900psiaまで圧縮され、次にCO₂を液化する復水器を使用して室温まで冷却される。水素は、このプロセスから気体として回収することができ、一方、CO₂は、復水器の下部から液体として取り出すことができる。水素分離器は更に、湿分分離器と一体化することができる。

【0027】

図2に示すように、3つの流れ、すなわちほぼ純粋な水素流16、二酸化炭素リッチ流14及び排ガス18が分離装置62から回収される。分離装置62からの排ガス流18は、未反応燃料、未分離水素、及び水を含む。幾つかの実施形態では、分離装置62からの排ガス流18は更に、微量の二酸化炭素と一酸化炭素とを含む。流れ18は、流入する燃料流8と共に改質装置4に再利用して戻される。

【0028】

1つの実施形態では、水素流16の一部が、燃焼器6における燃焼プロセスの燃料として使用される。図2に示すこの例示的な実施形態では、完全な二酸化炭素分離が達成され

10

20

30

40

50

る。燃焼器で燃焼される燃料がほぼ純粋な水素を含むときには、燃焼器 6 の燃焼プロセス中に二酸化炭素は形成されない。従って、燃焼器から発生する高温ガス 22 は二酸化炭素を含まず、大気中に排出されるガス 36 は、二酸化炭素を放出しない。改質プロセスで生成される二酸化炭素は、濃縮二酸化炭素流 14 として分離されて、該濃縮二酸化炭素流は、二酸化炭素の需要に応じて商業市場で接收又は販売される。図 2 に示すように、HRSG 32 で発生した蒸気の一部 66 は、吸熱改質反応 (1) 及び発熱水ガスシフト反応 (2) に対し十分な蒸気量を供給するために改質装置 4 に再循環されて戻される。幾つかの実施形態では、HRSG 32 で発生した蒸気の別の部分 38 は、付加的な発電用に蒸気タービン (図示せず) に送られる。

【0029】

図 3 は、分離装置 62 からの排ガス流 18 が、燃焼器 6 に再循環されて戻される、第 3 の例示的な同時生産システムを示す。上記で説明したように、排ガス流 18 は通常、未燃焼燃料、 H_2 、 CO 、及び CO_2 を含む。分離装置 62 で濃縮二酸化炭素流 14 として二酸化炭素が分離されたことに起因して、出口流 60 内の二酸化炭素は、排ガス流 18 が燃焼器 6 に再循環される前にほぼ除去される。その結果、燃焼器 6 で発生して、続いて排ガス 36 として大気中に放出される二酸化炭素は、従来のコンバインドサイクル発電システムと比較して少ない二酸化炭素量を含む。排ガス 18 を燃焼器 6 に再循環する前の予燃焼段階で二酸化炭素が除去されるので、二酸化炭素の分離は、図 3 に示すように同時生産システム内で部分的に達成される。シフト反応器からの出口流 60 が二酸化炭素において十分に濃縮されていると、予燃焼段階での二酸化炭素の除去はより容易に達成される。燃焼器からの高温圧縮ガスは、燃焼器 6 からの高温圧縮ガス流 22 の二酸化炭素濃度を希薄化する窒素を含むので、いかなる燃焼後分離も達成することは困難である。

【0030】

図 4 は、排ガス流 18 が第 2 の燃焼室 84 と流体連通している、第 4 の例示的な同時生産システムを示す。分離装置 62 からの排ガス流 18 は、空気のような酸化剤流 82 と共に第 2 の燃焼室 84 に供給される。幾つかの実施形態では、酸化剤流 82 は、ほぼ純粋な酸素を含み、ここでは第 2 の改質装置からの排気流 86 は、窒素のような希薄剤をも含まない。排気流 86 は、HRSG 32 で冷却され、ここでは排気流 86 の流路は、ガスタービン 26 からのタービン排気 30 の流路から分離される。燃焼器 6 で燃焼される燃料がほぼ純粋な水素を含むので、図 4 に示す同時生産システムの利点は二酸化炭素を分離することである。タービン排気 30 及び第 2 の燃焼室 84 からの排気流 86 による回収熱から発生した蒸気の一部 66 は、改質装置 4 に再循環される。蒸気の一部 38 は、更なる発電のために蒸気タービン (図示せず) に供給することができる。幾つかの実施形態では、HRSG 32 からの冷却された排気流 36 及び 85 は大気中に排出される。

【0031】

図 5 は、圧縮空気流 20 が復熱装置 92 へ向けて配向される第 5 の例示的な同時生産システムを示しており、この復熱装置 92 は、分離された流路を含む既知の熱交換器形式である。圧縮空気流 20 は、第 1 の復熱装置流路 96 を通り復熱装置 92 に流入する。タービン排気 30 は、第 2 の燃焼器 84 からの排気 86 と混合されて、混合タービン排気流 88 を形成する。幾つかの他の実施形態では、第 2 の燃焼器 84 からの排気 86 及びガスタービン 26 からの排気 30 は、復熱装置 92 において分離された流路を有し、ここでは燃焼器 84 への酸化剤流 82 は、ほぼ純粋な酸素を含む。図 5 に示すように、混合タービン排気流 88 は、第 2 の復熱装置流路 99 で復熱装置 92 内を通過し、これによってタービン排気 88 からの熱は、圧縮空気流 20 とタービン排気流 88 とが混合することなく圧縮空気流 20 に伝達される。加熱された圧縮空気流 98 は、復熱装置 92 を出て燃焼器 6 に流れ、そこで酸化剤を供給する。タービン排気 88 を用いて圧縮空気流 20 を加熱することにより、酸化剤の温度を上昇させるための従来型ヒータ又は再生式熱交換器のコストが回避され、更にタービン排気流 88 は大気中に排出される前に冷却される。続いて、冷却されたタービン排気流 94 は、HRSG 32 に供給され、ここで流入水流 34 が加熱されて蒸気を生成する。冷却されたタービン排気 36 は大気中に排出され、発生した蒸気 66

10

20

30

40

50

は改質装置 4 に再循環されて戻される。

【0032】

図 1、2、3、4、及び図 5 に示す本発明の技術による全ての例示的な実施形態では、改質装置 4 と燃焼器 6 は結合されている。燃焼器 6 の冷却は、燃料と蒸気を改質する吸熱型改質によって達成される。吸熱型改質プロセスで吸収される有意な熱によって、燃焼器 6 のライナーを冷却することができ、更に燃焼器の操作性と火炎安定性が確実に改善される。本明細書で開示される同時生産システムはまた、上記の部分で説明した種々の実施形態によって示されるように、燃焼器 6 内で水素リッチ燃料を燃焼することによって低い火炎温度が達成されるので、 NO_x の生成を有意に削減することが保証される。

【0033】

図 6 は、改質装置が燃焼器と結合された例示的な燃焼器 - 改質装置の概略図を示す。この結合された改質装置 - 燃焼器 100 は、円筒状圧力シェル 118 内に配置されるように構成される。圧力シェルの厚さは、改質装置 - 燃焼器 100 の最大作動圧力に依存する適正規準により設計される。改質プロセスは、燃焼器 110 と密接に接触した管 102 内で行われ、改質装置 102 と燃焼器 110 は同心である。圧縮空気は、空気流 106 で示すように、圧力シェル内の環状空間 108 を貫流する。空気は、エントリポート 120 を通って燃焼器 110 に流入する。水素、天然ガス又は排ガスなどの燃料もまた、同じ位置（図示せず）において燃焼器 110 に送られる。空気と燃料の混合は、混合ゾーン 122 で達成される。燃焼ゾーン 124 は、改質装置 102 と接触する表面 116 を通って半径方向及び軸方向に放散する燃焼熱を主に発生する。燃焼器 110 の燃焼ゾーン 124 の標準温度は、改質プロセスに多くの熱エネルギーを与えるのに十分な温度範囲である約 1700 度まで上昇することができる。燃焼器 110 から改質装置 102 への熱伝達プロセスにおいて、燃焼器のライナーは冷却され、これによって燃焼器の寿命が増大する。改質中の燃料と蒸気の混合体は、混合体流路 104 で示すように、改質管 102 内の環状空間内を循環する。通常 CO_2 、 CO 、 H_2 、水、及び未燃燃料を含む改質油は、開口 114 を通って改質装置 102 を出る。

【0034】

図 7 は、燃焼器と改質装置が結合された、更に別の例示的な改質装置燃焼器 130 の上部分を示す。燃焼器 134 は、流路 140 で示す燃焼ガスの流れに沿って容器の断面が減少する圧力容器である。この燃焼器は、中心線 154 に沿って 360 度回転したときの図 7 に示すような形状の環状構造である。改質装置 132 は、同じ中心線 154 に沿って 360 度回転した別の環状構造である。この燃焼器 134 は、改質装置 132 に密着して接触している上部ライナー 148 と、底部ライナー 160 とを備える。この燃焼器 134 は更に、燃料及び酸化剤が通過して燃焼器 134 に流入できるポートを有するように構成された予混合器 150 を備える。幾つかの実施形態では、予混合された燃料及び酸化剤は、スワラーを含むノズルを通して燃焼器 134 に噴射され、該スワラーは、流入する酸化剤に回転を与える複数のスワールベーンと、回転する酸化剤流に燃料を分配する複数の燃料スポークとを含む。空気などの酸化剤 146 は、燃焼器 134 の燃焼と底部ライナー 160 の冷却に使用される。燃料及び酸化剤は、燃焼器 134 内での反応の前に、予混合燃料ノズル内の環状通路において混合される。改質装置 132 は、蒸気を導入するための通路 131 と、改質燃料を導入するための通路 158 とを含む。改質燃料と蒸気の混合体は、通路 136 を貫流し、ここでは吸熱反応 (1) が、燃焼器 134 から改質装置 132 に伝達される熱を吸収する。熱エネルギーは、伝導及び対流による半径方向及び軸方向の熱放散によって燃焼器 134 から改質装置 132 に伝達されることで、燃焼器 134 の外部ライナー 148 を冷却する。改質装置 132 は更に、ニッケルのような改質触媒を含有する触媒ベッド 156 を含む。改質油は、流路 138 を通って改質装置 132 から流出する。燃焼器 134 の内部ライナー 160 は、圧縮空気 146 の一部を用いて冷却され、ここで空気 142 は、燃焼器の内部ライナー 160 と底部シェル 162 との間の環状空間 144 を通って循環する。

【0035】

10

20

30

40

50

上述のように、本技術による種々の実施形態では、燃焼器の冷却は、天然ガスなどの燃料の吸熱型改質によって達成され、この冷却によってシステムの全体効率が改善された水素及び電力の同時生産が可能となる。吸熱型改質プロセスで熱が有意に吸収されることによって、燃焼器のライナーを冷却可能とし、且つ火炎の安定性を維持又は改善することが保証される。

【0036】

同時生産システムで生成された水素の一部が燃焼器用燃料として使用される場合には、このことによって、高水素含有燃料が燃焼器内で燃焼されるときに低い火炎温度を達成することができるので、NO_x生成の有意な削減が保証される。分離ユニット内で予燃焼により二酸化炭素を分離することによって、大気中へのCO₂排出が確実に隔離及び制限される。開示された同時生産方法は、発電からの廃熱の一部を水素生産に移すことによってプラント性能を改善し、従ってプラントの効率及び稼働性を改善する。本明細書で開示された同時生産システムは、改質装置からの改質油流による水素の生産と、需要に応じた電気エネルギーの発生とを制御する柔軟性を有する。開示された同時生産システムで生成された水素は、幾つかの方法で利用することができる。生成された水素は、燃焼器に再循環して、大気中に対して二酸化炭素の無い排出を達成する燃料として使用することができる。生成された水素は、容器、シリンダ又はメタルハイドライドなどの固体物質を含むことができる水素貯蔵ユニット内に貯蔵することができる。次いで、生成された水素は、気体の形、或いは液化プラントを用いるような液体の形で輸送することができる。生成された水素はまた、付加的な発電のための1つ又はそれ以上の燃料電池から構成された燃料電池システムの燃料として用いることができる。

10

20

【0037】

本発明の種々の実施形態を本発明に適合する種々のニーズを実現する点において説明した。これらの実施形態は、本発明の様々な実施形態の原理の例証に過ぎないことを認識されたい。請求項に示す参照符号は、本発明の範囲を狭めるものではなく、より容易に理解することを意図するものである。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】第1の例示的な同時生産システムの概略プロセスフロー図。

【図2】第2の例示的な同時生産システムの概略プロセスフロー図。

【図3】第3の例示的な同時生産システムの概略プロセスフロー図。

【図4】第4の例示的な同時生産システムの概略プロセスフロー図。

【図5】第5の例示的な同時生産システムの概略プロセスフロー図。

【図6】例示的な燃焼器改質装置の概略図。

【図7】別の例示的な燃焼器改質装置の断面図。

【符号の説明】

【0039】

4 改質装置

6 燃焼器

8 改質装置燃料

10 燃料

12 分離ユニット

18 排ガス

22 高温圧縮ガス

26 ガスタービン

30 膨張ガス

32 熱回収蒸気発生器、H R S G

44 改質油

54 熱交換器

56 水ガスシフト反応器

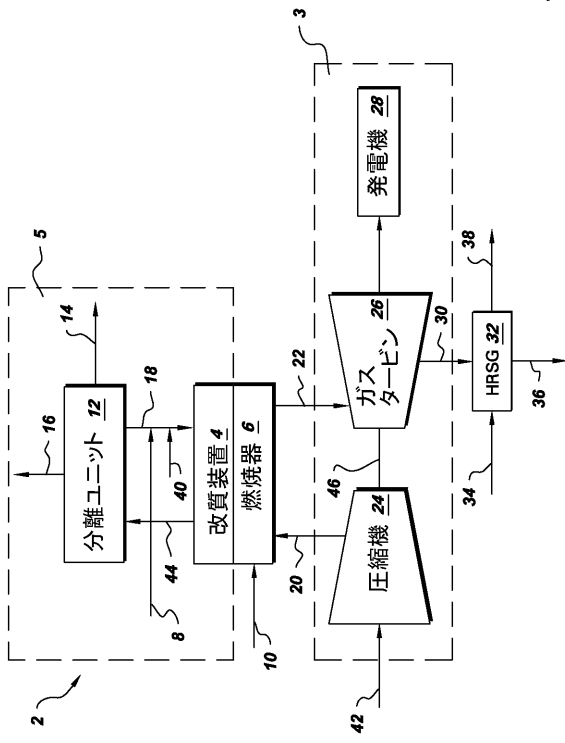
30

40

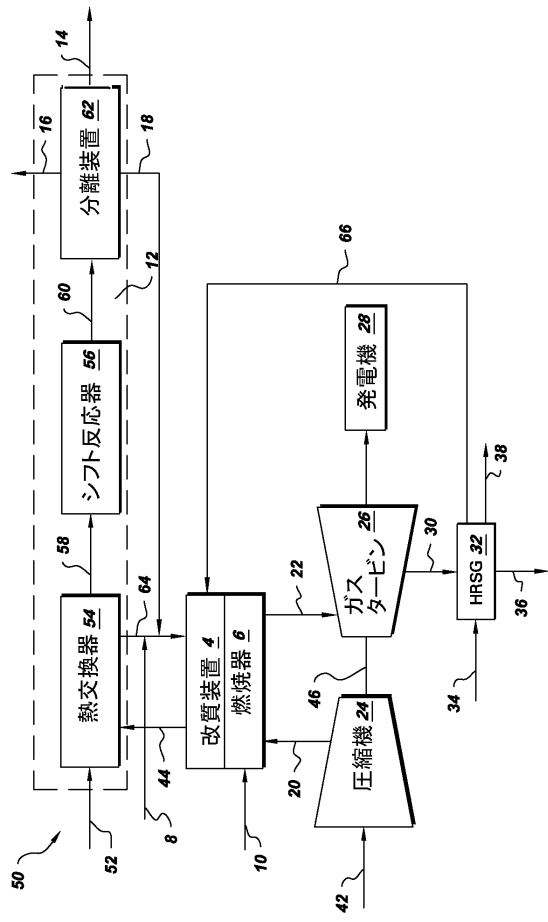
50

60 水素及び二酸化炭素リッチ流

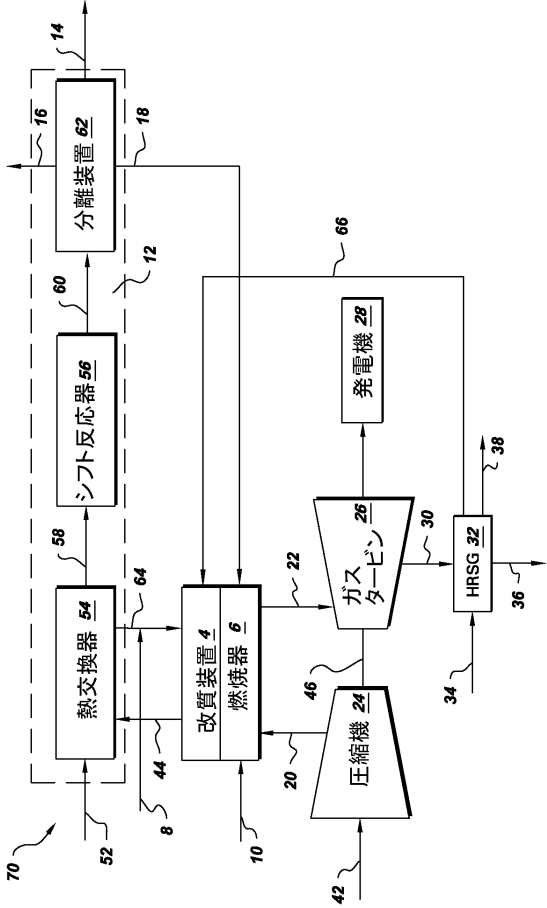
【図1】



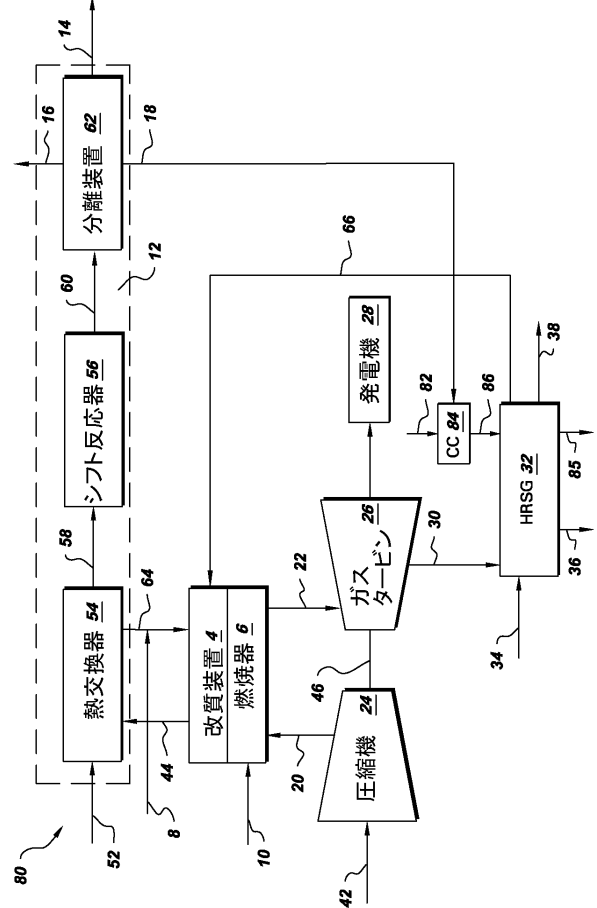
【図2】



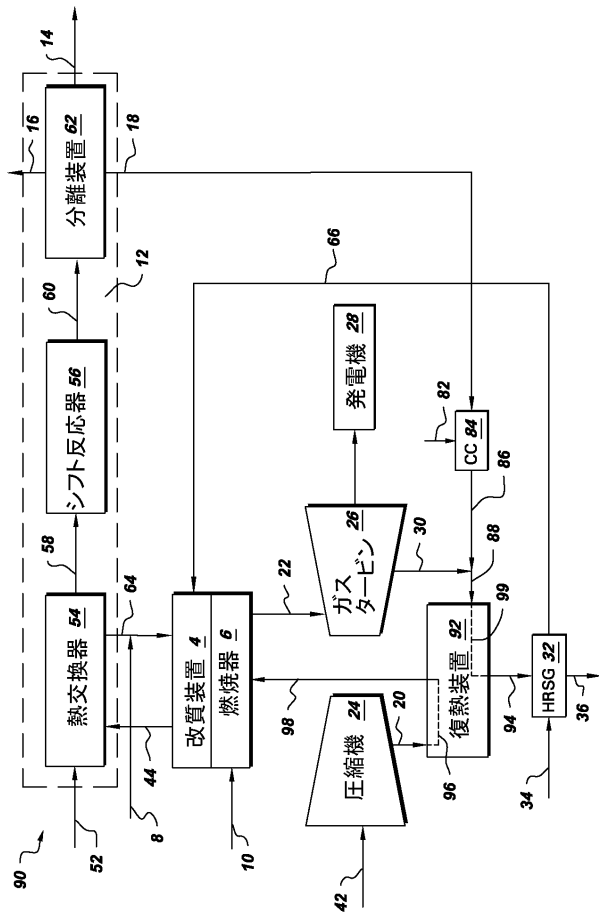
【図 3】



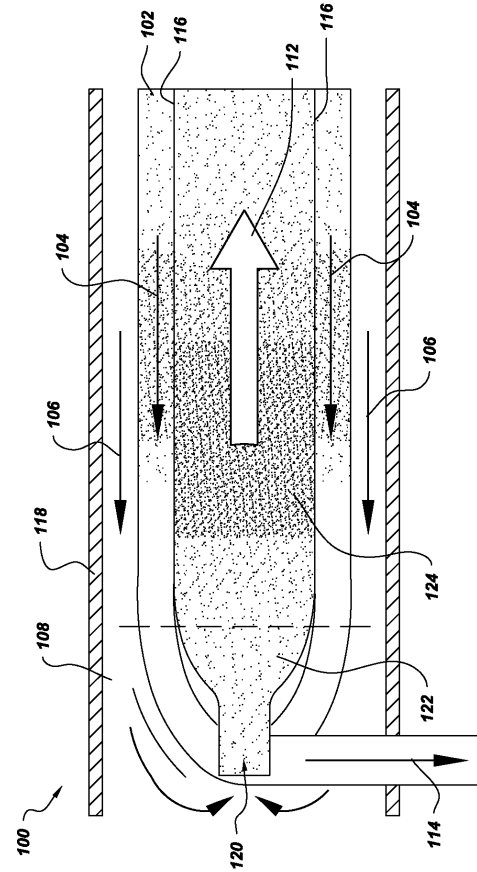
【図 4】



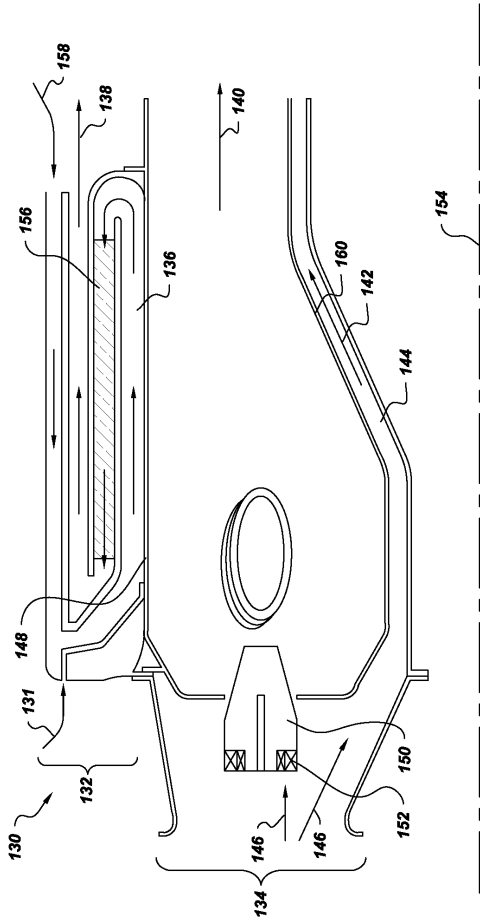
【図 5】



【図 6】



【 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 シェラバ・バラン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ノースウッド・コート、1012番

(72)発明者 アンドレイ・コリババ - エヴレト

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、キングズウッド・ドライブ、16番

Fターム(参考) 3G081 BA02 BA11 BB00 BC07 DA22

4G140 EA03 EA06 EB12 EB35 EB42 EB43 EB44

【外国語明細書】

2005281131000001.pdf