

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5951408号
(P5951408)

(45) 発行日 平成28年7月13日 (2016. 7. 13)

(24) 登録日 平成28年6月17日 (2016. 6. 17)

(51) Int. Cl.	F I
C 1 0 J 3/46 (2006. 01)	C 1 0 J 3/46 D
C 1 0 K 3/04 (2006. 01)	C 1 0 K 3/04
F 0 1 K 25/10 (2006. 01)	F 0 1 K 25/10 C

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2012-181519 (P2012-181519)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成24年8月20日 (2012. 8. 20)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2013-43991 (P2013-43991A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成25年3月4日 (2013. 3. 4)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成27年8月10日 (2015. 8. 10)		番
(31) 優先権主張番号	13/215, 090	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成23年8月22日 (2011. 8. 22)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス化システムからの熱回収

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料を受け取ってシンガスを生成するように構成された、ガス化装置（１６）と、
前記ガス化装置（１６）に接続され、前記ガス化装置（１６）からのシンガスを冷却する
ように構成された、ガス冷却システム（２０）と、

前記ガス冷却システム（２０）に接続され、前記ガス冷却システム（２０）からのシン
ガスを浄化するように構成された、ガス浄化システム（２４）と、

前記ガス浄化システム（２４）に接続され、前記ガス浄化システム（２４）からのシン
ガスを燃焼するように構成された、ガスタービン（４４）と、

から成る複数の部品、並びに、

前記複数の部品に接続され、前記複数の部品からの熱を変換して発電するように構成さ
れた、有機ランキンサイクルシステム（９０）

を備え、

前記有機ランキンサイクルシステム（９０）が、前記複数の部品から加熱されたボイラ
給水（１６８、２３６、２７４）を受け取って、冷却されたボイラ給水（１６６、２３４
、２７６）を前記複数の部品に送達するように構成され、

前記有機ランキンサイクルシステム（９０）が、前記加熱されたボイラ給水（１６８、
２３６、２７４）の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電するように構成され、

前記ガス冷却システム（２０）が、前記有機ランキンサイクルシステム（９０）に接続
されており、

10

20

前記ガス冷却システム（２０）が、前記有機ランキンサイクルシステム（９０）から前記冷却されたボイラ給水（１６６）を受け取り、前記加熱されたボイラ給水（１６８）を前記有機ランキンサイクルシステム（９０）に送達するように構成され、

ガス冷却システム（２０）が、

前記ガス化装置（１６）からのシンガス（１５６）を用いてボイラ給水（１５８）を加熱し、低圧蒸気（１６０）を生成するように構成された、第１熱交換器（１５０）と、

前記第１熱交換器（１５０）からのシンガスを用いてスチームコンデンセート（１６２）を加熱し、加熱されたスチームコンデンセート（１６４）を生成するように構成された、第２熱交換器（１５２）と、

前記第２熱交換器（１５２）からのシンガスを用いて前記有機ランキンサイクルシステム（９０）からの前記冷却されたボイラ給水（１６６）を加熱し、前記加熱されたボイラ給水（１６８）を生成するように構成された、第３熱交換器（１５４）と、

から成るシステム（１０）。

【請求項２】

前記ガス浄化システム（２４）と前記有機ランキンサイクルシステム（９０）とに接続された、硫黄回収ユニット（２８）であって、前記有機ランキンサイクルシステム（９０）から前記冷却されたボイラ給水（２３４）を受け取り、前記有機ランキンサイクルシステム（９０）に前記加熱されたボイラ給水（２３６）を送達するように構成された、硫黄回収ユニット（２８）

を備える、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項３】

前記硫黄回収ユニット（２８）が、

前記ガス浄化システム（２４）から受け取った酸性ガス（１９８）を用いて、前記有機ランキンサイクルシステム（９０）からの前記冷却されたボイラ給水（２３４）を加熱し、前記加熱されたボイラ給水（２３６）を生成するように構成された熱交換器（２２８）を含む、請求項２に記載のシステム（１０）。

【請求項４】

前記ガスタービン（４４）と前記有機ランキンサイクルシステム（９０）とに接続された抽気冷却システム（６２）であって、前記有機ランキンサイクルシステム（９０）からの前記冷却されたボイラ給水（２７２）を受け取り、前記加熱されたボイラ給水（２７４）を前記有機ランキンサイクルシステム（９０）に送達するように構成された、抽気冷却システム（６２）を含む、

請求項１乃至３のいずれかに記載のシステム（１０）。

【請求項５】

前記抽気冷却システム（６２）が、

前記ガスタービン（４４）からの抽気（２６６）を用いて窒素（２６８）を加熱し、加熱窒素（２７０）を生成するように構成された、第１熱交換器（２６０）と、

前記第１熱交換器（２６０）からの抽気を用いて前記有機ランキンサイクルシステム（９０）からの前記冷却されたボイラ給水（２７２）を加熱し、前記加熱されたボイラ給水（２７４）を生成するように構成された、第２熱交換器（２６２）と、

前記第２熱交換器（２６２）からの抽気を用いて前記冷却された水（２７６）を加熱し、熱水（２７８）を生成するように構成された、第３熱交換器（２６４）と、

から成る、請求項４に記載のシステム（１０）。

【請求項６】

前記有機ランキンサイクルシステム（９０）が、水を用いて冷媒を加熱するように構成された、請求項１乃至５のいずれかに記載のシステム（１０）。

【請求項７】

前記有機ランキンサイクルシステム（９０）が、冷媒としてイソブタンを用いるように構成された、請求項１乃至６のいずれかに記載のシステム（１０）。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本明細書に開示の主題は、概してガス化システムに関し、特に、ガス化システムから低、中、及び／又はその他のグレードの熱を回収するシステムに関する。

【背景技術】**【0002】**

ガス化システムは、発電（例えば、統合ガス化複合サイクル発電所等）や、化学合成（例えば、エタノール、メタノール、アンモニア、代替天然ガス（SNG）、フィッシャー・トロプシュ（FT）法の液体等）、又はその他の目的に使用可能なシingasを生成する。例えば、統合ガス化複合サイクル（IGCC）発電所は、石炭や天然ガス等の様々な炭素原料からのエネルギー生成を、比較的清浄且つ効率的に行える。ガス化システムは、ガス化装置内で酸素と蒸気を反応させることによって、炭素原料又はその他の燃料を、一酸化炭素（CO）と水素（H₂）のガス状混合物、即ちシingasに変換できる。しかし、ガス化システムによって生成されたシingasは、使用前に、多くの場合に冷却が必要で、構造によっては浄化が必要である。浄化及び／又は冷却プロセスの間、一部の熱エネルギーが使用されずに、廃棄エネルギーになることもある。同様に、浄化されたシingasの燃焼により、使用されない熱エネルギーが生成されることもある。

10

【先行技術文献】

20

【特許文献】**【0003】**

【特許文献1】米国特許第6216436号

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

したがって、熱エネルギーを抽出することによって、廃棄される熱エネルギーの量を減らすシステムが望ましいであろう。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

30

本来クレームされている発明の範囲に含まれる一部の実施形態を以下に要約する。これらの実施形態は、特許請求の範囲を限定することを意図したものではなく、本発明に可能な形態の簡潔な要約を提供することのみを意図したものである。実際に、本発明は、下記の実施形態と同様又は異なる、種々の形態を包含し得る。

【0006】

第1実施形態において、システムは複数の部品から成り、この複数の部品は、燃料を受け取ってシingasを生成するように構成されたガス化装置と、このガス化装置に接続され、ガス化装置からのシingasを冷却するように構成されたガス冷却システムを含む。この複数の部品は更に、ガス冷却システムに接続された、ガス冷却システムからのシingasを浄化するガス浄化システムと、このガス浄化システムに接続された、ガス浄化システムからのシingasを燃焼するように構成されたガスタービンを含む。本システムは更に、これらの複数の部品に接続された、複数の部品からの熱を変換して発電するように構成された有機ランキンサイクルシステムを含む。

40

【0007】

第2実施形態において、システムは、統合ガス化複合サイクル（IGCC）システムと、IGCCシステムに接続された有機ランキンサイクルシステムを含む。有機ランキンサイクルシステムは、IGCCシステムから加熱されたボイラ給水を受け取り、IGCCシステムに冷却されたボイラ給水を送達するように構成される。有機ランキンサイクルシステムは、加熱されたボイラ給水の熱エネルギーを電気エネルギーに変換することにより、発電するように構成される。

50

【 0 0 0 8 】

第3実施形態において、有機ランキンサイクルシステムは、ガス化システムから加熱された流体を受け取り、ガス化システムに冷却液を送達するように構成された蒸発器を含む。有機ランキンサイクルシステムは更に、蒸発器から冷媒蒸気を受け取るように構成されたターボ発電機を含む。ターボ発電機は、冷媒蒸気によって駆動され、発電する。有機ランキンサイクルシステムは、ターボ発電機から冷媒蒸気を受け取って、この冷媒蒸気を凝縮し、液体冷媒を生成するように構成されたコンデンサを含む。有機ランキンサイクルシステムは更に、コンデンサから液体冷媒を受け取り、液体冷媒の圧力を増大させ、この加圧液体冷媒を蒸発器に送達するように構成されたポンプを含む。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 0 9 】

本発明の技術的な効果には、ガス化システムの様々な部分からの低品位熱を利用できることが含まれる。一部の実施形態では、この低品位熱の温度が約70°C～約100°Cであるが、他の実施形態では、この熱の温度が約150°C～約300°Cである。ガス化システムからの、さもなければ使用されることがなかった熱を使用して有機ランキンサイクルシステム90が発電するので、ガス化システムによる消費電力を削減できる。更に、ガス化システムの冷却システムに必要な電力を削減できる。加えて、ガス圧を低下させずにガスを冷却できる。有機ランキンサイクルシステム90で使用する冷媒は、他のシステムで使用する冷媒に比べて、有機ランキンサイクルシステム90の部品を腐食に曝すことを少なくできる。腐食への暴露が減少すると、有機ランキンサイクルシステム90の部品の製造コストを削減できる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【図1】システムによって生成された熱を有機ランキンサイクルで利用する、統合ガス化複合サイクル（IGCC）発電所の一実施形態のブロック図である。

【図2】図1のIGCCシステム等のガス化システムで使用可能な、有機ランキンサイクル（ORC）システムの一実施形態の処理フロー図である。

【図3】有機ランキンサイクルシステムに使用可能な、図1の低温ガス冷却（LTGC）ユニットの一実施形態の処理フロー図である。

【図4】有機ランキンサイクルシステムで使用可能な、図1の硫黄回収ユニットの一実施形態の処理フロー図である。

30

【図5】有機ランキンサイクルシステムで使用可能な、図1の抽気（EA）冷却システムの一実施形態の処理フロー図である。

【図6】システムによって生成された熱を有機ランキンサイクルシステムで利用する、ガス化システムの一実施形態の処理フロー図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

全図面を通じて同様の部分を同様の符号で示した添付図面を参照しながら以下の説明を読めば、本発明のこれら及び他の特徴、態様、利点の理解が深まるであろう。

【 0 0 1 2 】

40

本発明の1つ以上の具体的な実施形態を以下に記述する。本明細書では、これらの実施形態の記述を簡潔にするために、実際の実装の特徴の全てを記述することはない。あらゆるこうした実際の実装の開発においては、あらゆる工学上の又は設計上の計画と同様に、実装ごとに異なり得るシステム関連の及びビジネス関連の制約の遵守等、開発者の個々の目的を達成するために、実装に応じた多くの決定が必要である。また、こうした開発努力は、煩雑で時間のかかるものであるが、本開示の恩恵を享受する当業者にとっては、設計、製造、及び作製上の日常的な仕事である。

【 0 0 1 3 】

本発明の様々な実施形態を説明する際、単数名詞は、その要素が1つ以上あることを意図する。「有する」「含む」「備える」という用語は、包括的であり、列挙した要素以外

50

にも更に要素があり得ることを意図している。

【 0 0 1 4 】

開示の実施形態は、有機ランキンサイクルシステムにおいて使用するガス化システムから発生する熱の利用に関する。一部の実施形態において、統合ガス化複合サイクル（IGCC）システムは、様々な熱源とボイラ給水の間で熱交換を行う熱交換器を利用して、加熱されたボイラ給水を生成する。例えば、IGCCシステム内の様々な熱源は、低温ガス冷却部、硫黄回収ユニット、及び抽気冷却システムを含む。幾つかの実施形態では、ガス化システムからの高温の生のシンガスを、有機ランキンサイクルシステムで直接使用する。有機ランキンサイクルシステムは、加熱された流体（例えば、加熱されたボイラ給水、高温の生のシンガス等）から熱を抽出し、発電する。冷却された流体は、ガス化システムに送り返される。

10

【 0 0 1 5 】

図1は、システムによって生成された熱を有機ランキンサイクルシステムで利用する、発電所の一実施形態を示す概略ブロック図である。図示の発電所は、合成ガス、即ちシンガスを生成及び燃焼可能なIGCCシステム10である。IGCCシステム10の要素は、IGCCシステム10のエネルギー源として使用可能な、固形飼料等の燃料源12を含む。燃料源12は、石炭、石油コークス、バイオマス、木材ベースの材料、農業廃棄物、タール、コークス炉ガス、アスファルト、製油所からの重質残渣、又はその他の炭素含有物を含む。

【 0 0 1 6 】

20

燃料源12の固体燃料は、原料調製ユニット14に受け渡される。原料調製ユニット14は、例えば、燃料源12の切断、ミリング、グリンディング、破碎、粉碎、ブリケッティング、又はパレタイズにより、燃料源12のサイズ及び形状の変更を行い、原料を生成する。加えて、水、又はその他適当な液体を、原料調製ユニット14の燃料源12に追加して、スラリー原料を作製できる。他の実施形態では、燃料源には何も液体を追加せずに、乾燥原料を生成する。

【 0 0 1 7 】

原料調製ユニット14で調製した原料は、ガス化装置16に受け渡される。ガス化装置16は、原料をシンガス（例えば、一酸化炭素と水素を組み合わせたもの）に変換できる。この変換は、使用するガス化装置16のタイプに応じて、原料を制御された任意量の減速材（例えば、蒸気、液状の水、二酸化炭素、窒素等）と高圧（例えば、約20バール～85バールの絶対圧力）の酸素と高温（例えば、約700℃～約1600℃）にさらすことによって行われる。熱分解プロセス時の原料の加熱により、固体（例えば、炭化物）と残渣ガス（例えば、一酸化炭素、水素、窒素）が生成される。一部の実施形態では、ガス化装置内の炭化物、又は変換されていない炭素が、生成されるガスから分離し、直接的又は間接的にガス化装置に戻ってリサイクルされる。

30

【 0 0 1 8 】

ガス化装置16内の燃焼反応は、炭化物と残渣ガスへの酸素導入を含む。炭化物及び残渣ガスは酸素と反応して、二酸化炭素（CO₂）と一酸化炭素（CO）を形成し、これに続くガス化反応に熱を供給する。燃焼プロセス中の温度は、例えば約700℃～約1600℃までの範囲である。更に、蒸気がガス化装置16に導入される。ガス化装置16は、蒸気と限られた酸素を利用して原料の一部を燃焼させ、一酸化炭素とエネルギーを生成することにより、原料を更に水素と追加の二酸化炭素に変換する二次反応を発生させる。

40

【 0 0 1 9 】

このようにして、ガス化装置16で結果的に得られるガスが生成される。この結果的に得られたガスは、約85%の一酸化炭素と水素、並びにCO₂、CH₄、HCl、COS、NH₃、HCN、及びH₂S（原料の硫黄含有量に基づく）を含む。この結果的に得られたガスを「生のシンガス」とも称する。ガス化装置16はまた、湿式灰化材料であり得るスラグ18等の廃棄物を生成する。

50

【 0 0 2 0 】

ガス化装置 1 6 からの高温の生のシingasは、高温の生のシingasを冷却するように構成可能な、低温ガス冷却 (L T G C) ユニット 2 0 に送られる。後述するように、一部の実施形態では、L T G C ユニット 2 0 は、高温の生のシingasからの熱を、ボイラ給水システムからのボイラ給水、スチームコンデンセート、有機ランキンサイクルシステム 2 2 からのボイラ給水等、その他の媒体に伝達させるように構成された、1 つ又は複数の熱交換器を含む。有機ランキンサイクルシステム 2 2 は、図 2 及び 3 に関連して以下に説明するように、L T G C ユニット 2 0 からの低品位熱を使用して、タービン発電機を動作させる。

【 0 0 2 1 】

L T G C ユニット 2 0 からの冷却された生のシingasは、その後、ガス浄化ユニット 2 4 で浄化される。ガス浄化ユニット 2 4 は、酸性ガス除去プロセスによる H_2S の分離を含み得る、生のガスの洗浄を行い、生のシingasから HCl 、 HF 、 CO_2 、 HCN 、及び H_2S を除去する。元素状硫黄 2 6 は、硫黄回収ユニット (S R U) 2 8 によって H_2S から回収される。一部の実施形態では、後述するように、硫黄回収ユニット 2 8 が、有機ランキンサイクルシステム 3 0 に熱を伝達させるように構成された、1 つ又は複数の熱交換器を含む。有機ランキンサイクルシステム 3 0 は、図 2 及び 4 に関連して以下に説明するように、硫黄回収ユニット 2 8 からの低品位熱を使用して、タービン発電機を動作させる。I G C C システム 1 0 は、例えば低温蒸留技術を使用して空気を成分ガスに分離する、空気分離ユニット (A S U) 3 2 を含む。A S U 3 2 は、硫黄回収ユニット 2 8 に酸素を供給する。一部の実施形態では、ガス浄化ユニット 2 4 は、まず生のシingasから硫黄成分を除去した後に、ガスをクリーンなシingasとしてガスタービンエンジン 4 4 に送る。

【 0 0 2 2 】

ガスプロセッサ 3 8 を用いて、アンモニアやメタン等のクリーンなシingas、並びにメタノールやその他の残留化学物質から残留ガス成分 4 0 を除去する。但し、残留ガス成分 4 0 (例えば、テールガス) を含む場合であっても、クリーンなシingasを燃料として利用できるので、クリーンなシingasからの残留ガス成分 4 0 の除去は、任意である。この時点で、クリーンなシingasは、約 3 ~ 4 0 % の CO 、約 6 0 % 以下の H_2 、及び約 1 0 ~ 4 0 % の CO_2 を含み、実質的に H_2S は除去されている。このクリーンなシingasは、可燃性の燃料として、ガスタービンエンジン 4 4 の燃焼器 4 2 (例えば、燃焼室) に送られる。

【 0 0 2 3 】

A S U 3 2 は、メイン空気圧縮機 (M A C) 4 6 からこの A S U 3 2 に供給される空気から酸素を分離し、この分離した酸素を、ガス化装置 1 6 と S R U 2 8 に送る。更に、A S U 3 2 は、分離した窒素を希釈窒素 (D G A N) 圧縮機 4 8 に送る。D G A N 圧縮機 4 8 は、A S U 3 2 から受け取った窒素を、少なくとも燃焼器 4 2 内と同等の圧力レベルまで圧縮し、燃焼器 4 2 内に注入できるようにする。こうして、D G A N 圧縮機 4 8 で窒素が十分なレベルまで圧縮されると、D G A N 圧縮機 4 8 は、この圧縮窒素をガスタービンエンジン 4 4 の燃焼器 4 2 に送る。

【 0 0 2 4 】

図示のガスタービンエンジン 4 4 は、タービン 5 0 とドライブシャフト 5 2 と圧縮機 5 4、並びに燃焼器 4 2 を含む。燃焼器 4 2 は、燃料ノズルから圧力を受けて注入される、シingas等の燃料を受け取る。この燃料は、圧縮空気と D G A N 圧縮機 4 8 からの圧縮窒素と混ざり合って、燃焼器 4 2 内で燃焼する。この燃焼により、高温で加圧された排ガスが生成される。燃焼器 4 2 は、この排ガスをタービン 5 0 に向かわせる。燃焼器 4 2 からの排ガスがタービン 5 0 を通過すると、この排ガスによって、タービン 5 0 のタービンプレードが、ガスタービンエンジン 4 4 の軸に沿ってドライブシャフト 5 2 を回転させる。図示のように、ドライブシャフト 5 2 は、圧縮機 5 4 を含むガスタービンエンジン 4 4 の様々な部品に接続可能である。

【 0 0 2 5 】

ドライブシャフト 5 2 は、圧縮機 5 4 にタービン 5 0 を接続して、ロータを形成する。圧縮機 5 4 は、ドライブシャフト 5 2 に接続されたブレードを含む。こうして、タービン 5 0 のタービンブレードの回転によって、圧縮機 5 4 にタービン 5 0 を接続するドライブシャフト 5 2 が、圧縮機 5 4 内のブレードを回転させる。圧縮機 5 4 のブレードの回転によって、圧縮機 5 4 は、圧縮機 5 4 の吸気口から受け取った空気を圧縮する。圧縮空気はその後、燃焼器 4 2 に供給され、燃焼効率を高めるために、燃料と圧縮窒素に混合される。ドライブシャフト 5 2 は更に、例えば発電所で発電を行う発電機等の定置負荷である、負荷 5 6 に接続される。実際、負荷 5 6 は、ガスタービンエンジン 4 4 の回転出力によって電力供給される、あらゆる適当な装置であってよい。

10

【 0 0 2 6 】

一部の実施形態では、この圧縮機 5 4 は更に、A S U 3 2 に空気流を供給して、M A C 4 6 を補完する。具体的には、空気が、圧縮機 5 4 の最終段から抽出され、抽気管又は導管 5 8 を通って、A S U 3 2 へと導かれる。一部の構成では、ガスタービン圧縮機 5 4 から総空気流量の約 5 ~ 5 0、1 0 ~ 4 0、1 0 ~ 3 5、又は約 1 0 ~ 3 0 % が抽出され、A S U 3 2 で使用される。更に、圧縮機 5 4 から A S U 3 2 への空気の流れの一部分が、導管 6 0 を介して硫黄回収ユニット 2 8 に導かれる。一部の実施形態では、圧縮機 A S U 導管 5 8 を通る空気流の約 2 ~ 1 3、3 ~ 1 2、4 ~ 1 1、又は約 5 ~ 1 0 % が、導管 6 0 を通って硫黄回収ユニット 2 8 に導かれる。他の実施形態では、別個の導管で、空気の流れを圧縮機 5 4 から硫黄回収ユニット 2 8 に直接導く。

20

【 0 0 2 7 】

抽気 (E A) 冷却システム 6 2 は、抽気導管 5 8 及び A S U 3 2 の間と、A S U 3 2 及び D G A N 圧縮機 4 8 との間に接続される。E A 冷却システム 6 2 は、抽気を冷却した後でこれを A S U 3 2 に供給する。更に、一部の実施形態では、E A 冷却システム 6 2 が、有機ランキンサイクルシステム 6 4 に接続されており、抽気から熱を伝達してエネルギーを生成する。有機ランキンサイクルシステム 6 4 は、図 2 及び 5 に関して以下に説明するように、E A 冷却システム 6 2 からの低品位熱を使用して、タービン発電機を動作させる。E A 冷却システム 6 2 から抽出された冷却空気は、導管 6 6 を通って A S U 3 2 に至る。

【 0 0 2 8 】

I G C C システム 1 0 は更に、蒸気タービンエンジン 6 8 及び熱回収蒸気発生 (H R S G) システム 7 0 を含み得る。蒸気タービンエンジン 6 8 は、発電を行う発電機等の第 2 負荷 7 2 を駆動させる。しかし、第 1 及び第 2 負荷 5 6 及び 7 2 はいずれも、ガスタービンエンジン 4 4 と蒸気タービンエンジン 6 8 により駆動可能な、他の種類の負荷であってもよい。更に、ガスタービンエンジン 4 4 と蒸気タービンエンジン 6 8 は、一部の実施形態では、別々の負荷 5 6 及び 7 2 を駆動させるが、ガスタービンエンジン 4 4 と蒸気タービンエンジン 6 8 を使用して、単一のシャフトを介して単一の負荷を連動して駆動させることもできる。ガスタービンエンジン 4 4 の場合と同様に、蒸気タービンエンジン 6 8 の個々の構成は、個々の実装に応じて、いかなる任意のセクションの組み合わせを含むものであってもよい。

30

40

【 0 0 2 9 】

ガスタービンエンジン 4 4 からの加熱された排ガスは、H R S G 7 0 に送られ、これを用いて水を加熱し、蒸気タービンエンジンを 7 0 に動力を供給する蒸気を生成する。蒸気タービンエンジン 6 8 からの排気は、コンデンサ 7 4 に送られる。コンデンサ 7 4 は、冷却塔 7 6 を用いて、蒸気タービン排気からの蒸気を完全に凝縮する。具体的には、冷却塔 7 6 は、コンデンサ 7 4 に冷却水を供給し、蒸気タービンエンジン 6 8 からコンデンサ 7 4 に送られる蒸気の凝縮を助ける。コンデンサ 7 4 からのコンデンサートはその後、H R S G 7 0 に送られる。更に、ガスタービンエンジン 4 4 からの排気は再び、H R S G 7 0 に送られ、コンデンサ 7 4 からの水を加熱して蒸気を生成する。このように、I G C C システム 1 0 等の複合サイクルシステムでは、高温の排気がガスタービンエンジン 4 4 から

50

H R S G 7 0 に流れ、高圧で高温の蒸気の生成に用いられる。H R S G 7 0 によって生成された蒸気はその後、蒸気タービンエンジン 6 8 を通り、発電が行われる。

【 0 0 3 0 】

図 2 は、図 1 の I G C C システム 1 0 等の任意のガス化システムで使用可能な、有機ランキンサイクル (O R C) システム 9 0 の一実施形態の処理フロー図である。O R C システム 9 0 は、(例えば、加熱されたボイラ給水、高温の生のシンガス等の) 加熱された流体 9 4 から熱を伝達し、(例えば、冷却されたボイラ給水、冷却された生のシンガス等の) 冷却された流体 9 6 を送り返す、有機ランキンサイクル (O R C) 9 2 を含む。図示のように、O R C 9 2 は、蒸発器 9 8、ターボ発電機 1 0 0、コンデンサ 1 0 2、及びポンプ 1 0 4 を含む。加熱された流体 9 4 は、入口管 1 0 6 から流入して蒸発器 9 8 を通って熱交換器 1 0 8 を流れ、出口管 1 1 0 を出る。蒸発器 9 8 では、熱が加熱された流体 9 4 から蒸発器 9 8 の液体冷媒 1 1 2 に伝達される。こうして、冷却された流体 9 6 は、管 1 1 0 を通って蒸発器 9 8 を出る。加熱された流体 9 4 が蒸発器 9 8 に流入する際は、例えば約 7 0 0 ° C ~ 1 7 5 0 ° C、1 0 0 0 ° C ~ 1 5 0 0 ° C、又は 1 2 5 0 ° C ~ 3 0 0 0 ° C であり、冷却された流体 9 6 が蒸発器 9 8 を出る際は、例えば約 5 0 0 ° C ~ 1 0 0 0 ° C、6 5 0 ° C ~ 8 5 0 ° C、又は 7 0 0 ° C ~ 7 5 0 ° C である。

【 0 0 3 1 】

液体冷媒 1 1 2 はとりわけ、例えば R - 1 3 4、ペンタン、アンモニア、i - ペンタン、ブタン、イソブタン等の、任意の適切な冷媒であってもよい。例えば、一部の実施形態では、イソブテンは膨張プロセスの間、乾燥を保ち、エキスパンダの摩耗を抑制することから、イソブテンを使用する。また、イソブテンは、非腐食性であり、その潤滑剤として機能し得る。液体冷媒 1 1 2 は、熱交換器 1 0 8 の加熱された流体 9 4 上を通ると、気化する。例えば、液体冷媒 1 1 2 は、約 7 0 0 ° C ~ 8 5 0 ° C で気化する。一部の実施形態では、液体冷媒 1 1 2 は、約 1 0 0 0 ° C ~ 3 0 0 0 ° C まで加熱される。蒸発器 9 8 は、液体冷媒 1 1 2 から冷媒蒸気を分離して、蒸発器 9 8 の上部付近の蒸気セクション 1 1 4 に流入させる。冷媒蒸気は、蒸発器 9 8 から管 1 1 6 を通ってターボ発電機 1 0 0 に流入する。冷媒蒸気は、ターボ発電機 1 0 0 に流入すると、約 1 0 バールに加圧される。一部の実施形態では、この冷媒蒸気圧が、約 7 バール ~ 1 2 0 バールの圧力範囲内である。一部の実施形態では、ターボ発電機 1 0 0 が、タービン 1 1 8 及び発電機 1 2 0 を含む。タービン 1 1 8 は、冷媒蒸気によって駆動され、更には、発電機 1 2 0 を駆動させて発電を行う。

【 0 0 3 2 】

更に、冷媒蒸気の流れの一部分が、ターボ発電機 1 0 0 から管 1 2 2 を通ってコンデンサ 1 0 2 に至る。コンデンサ 1 0 2 は、冷却媒体を使用して冷媒蒸気を凝縮させることにより、この冷却媒体を概ね液体冷媒 1 1 2 に変化させ、この液体冷媒 1 1 2 がコンデンサ 1 0 2 から出る。液体冷媒 1 1 2 は、コンデンサ 1 0 2 を出る際、約 0 . 1 バールで加圧されている。一部の実施形態では、液体冷媒 1 1 2 がコンデンサ 1 0 2 を出る際の圧力範囲が、約 0 . 0 7 ~ 1 7 . 0 バールである。液体冷媒 1 1 2 は、コンデンサ 1 0 2 からのホース又は導管 1 2 4 を通ってポンプ 1 0 4 に至る。ポンプ 1 0 4 は、O R C 9 2 を通して液体冷媒 1 1 2 を圧送することにより、液体冷媒 1 1 2 の圧力を増大させる。液体冷媒 1 1 2 は、ポンプ 1 0 4 からホース又は導管 1 2 6 を通って蒸発器 9 8 に戻り、このサイクルが繰り返される。一部の実施形態では、レキュペレータ 1 2 8 を使用して、液体冷媒 1 1 2 を加熱した後に、これを蒸発器 9 8 に送る。レキュペレータ 1 2 8 で使用する熱は、液体冷媒 1 1 2 の加熱に使用可能な、いかなるソースからのものでもよい。例えば、復熱装置 1 2 8 では、ガス化システム又はその他何らかのシステムからの熱を使用して、液体冷媒 1 1 2 を加熱する。更に、一部の実施形態では、エキスパンダ 1 3 0 を、蒸発器 9 8 とターボ発電機 1 0 0 の間で使用する。エキスパンダ 1 3 0 は、蒸発器 9 8 からの冷媒蒸気を膨張させて、蒸気圧を低下させる。

【 0 0 3 3 】

図 3、4、及び 5 は、(例えば、図 1 の O R C 2 2、3 0、6 4 のような) 図 2 の O R C 9 2 で使用する加熱された流体 9 4 の生成に使用可能な I G C C システム 1 0 の、3 つ

10

20

30

40

50

の例示的な部品を示している。例えば、図 3 は、図 2 の有機ランキンサイクルシステム 90 (即ち、図 1 の ORC 22) に適用可能な、図 1 の LTGC ユニット 20 の一実施形態の処理フロー図である。図示のように、一部の実施形態では、LTGC ユニット 20 が、3 つの熱交換器 150、152、154 を含む。3 つの熱交換器 150、152、154 は、(例えば、図 1 のガス化装置 16 からの) シンガスから水又はスチームコンデンセート等のクーラントへの熱伝達が可能な、任意のタイプの熱交換器である。特に、LTGC ユニット 20 は、図 1 のガス化装置 16 からの高温の生のシンガス 156 を受け取るように構成された、第 1 熱交換器 150 (例えば、低 - 低気圧 (LLP) 蒸気発生器) を含み、ボイラ給水 158 で高温の生のシンガス 156 を冷却する。具体的には、高温の生のシンガス 156 からの熱がボイラ給水 158 に伝達され、LLP 蒸気 160 (例えば、約 1 . 38 ~ 約 2 . 76 バールの圧力範囲の蒸気) が生成される。

10

【0034】

例えば、一部の実施形態では、高温の生のシンガス 156 が、約 1570°C で第 1 熱交換器 150 に流入し、ボイラ給水 158 は、約 350°C で第 1 熱交換器 150 に流入する。但し、他の実施形態では、高温の生のシンガス 156 は、約 1200°C ~ 約 2050°C の温度範囲で第 1 熱交換器 150 に流入する。具体的には、一部の実施形態では、高温の生のシンガス 156 が、例えば約 1440°C、1460°C、1490°C、1520°C、1540°C、1570°C、1600°C、1630°C、1660°C、1680°C、1720°C の温度で、第 1 熱交換器 150 に流入する。また、ボイラ給水 158 は、例えば約 210°C ~ 約 1440°C の温度範囲で第 1 熱交換器 150 に流入する。具体的には、一部の実施形態では、ボイラ給水 158 は、例えば約 270°C、290°C、320°C、350°C、380°C、410°C、440°C の温度で、第 1 熱交換器 150 に流入する。

20

【0035】

一部の実施形態においては、生成された LLP の蒸気 160 が、約 1210°C の温度で第 1 熱交換器 150 を出て、生のシンガス 156 が、約 1240°C の温度で第 1 熱交換器 150 を出る。しかし、他の実施形態では、生成された LLP 蒸気 160 が、約 940°C ~ 約 1490°C の温度範囲で第 1 熱交換器 150 を出る。具体的には、一部の実施形態では、生成された LLP 蒸気 160 が、例えば約 1070°C、1100°C、1130°C、1160°C、1180°C、1210°C、1240°C、1270°C、1290°C、1320°C、1350°C の温度で第 1 熱交換器 150 を出る。また、生のシンガス 156 は、約 940°C ~ 約 1490°C の温度範囲で第 1 熱交換器 150 を出る。具体的には、一部の実施形態では、生のシンガス 156 は、例えば約 1100°C、1130°C、1160°C、1180°C、1210°C、1240°C、1270°C、1300°C、1320°C、1350°C、1380°C の温度で第 1 熱交換器 150 を出る。更に、一部の実施形態では、生成された LLP 蒸気 160 が、約 2 . 07 バールで第 1 熱交換器 150 を出るが、他の実施形態では、約 1 . 38 バール ~ 約 2 . 76 バールの範囲で第 1 熱交換器 150 を出る。生成された LLP 蒸気 160 は、IGCC システム 10 を通じて、様々な用途に使用可能である。

30

【0036】

図 3 に示すように、LTGC 部 20 は更に、第 1 熱交換器 150 から生のシンガス 156 を受け取って、生のシンガス 156 をスチームコンデンセート 162 で冷却するように構成された、第 2 熱交換器 152 を含む。具体的には、生のシンガス 156 からの熱がスチームコンデンセート 162 に伝達され、加熱されたスチームコンデンセート 164 が生成される。例えば、一部の実施形態では、生のシンガス 156 が、約 1240°C の温度で第 2 熱交換器 152 に流入し、スチームコンデンセート 162 が、約 380°C の温度で第 2 熱交換器 152 に流入する。但し、他の実施形態では、生のシンガス 156 は、約 940°C ~ 約 1490°C の温度範囲で第 2 熱交換器 152 に流入する。具体的には、一部の実施形態では、生のシンガス 156 は、例えば約 1100°C、1130°C、1160°C、1180°C、1210°C、1240°C、1270°C、1290°C、1320°C、1350°C、1380°C の温度で、第 2 熱交換器 152 に流入する。更に、スチームコンデンセート 162 は、約 100°C ~ 約 660°C の温度範囲で、第 2 熱交換器 152 に流入する。具体的には、一部の

40

50

実施形態では、スチームコンデンセート 162 は、例えば約 29°C、32°C、35°C、38°C、41°C、43°C、46°C の温度で、第 2 熱交換器 152 に流入する。

【0037】

一部の実施形態においては、加熱スチームコンデンセート 164 が、約 93°C の温度で第 2 熱交換器 152 を出て、生のシンガス 156 が、約 89°C の温度で第 2 熱交換器 152 を出る。但し、他の実施形態では、加熱されたスチームコンデンセート 164 が、約 75°C ~ 約 121°C の温度範囲で第 2 熱交換器 152 を出る。具体的には、一部の実施形態では、加熱されたスチームコンデンセート 164 が、例えば約 79°C、82°C、85°C、88°C、91°C、93°C、96°C、99°C、102°C、104°C、107°C の温度で第 2 熱交換器 152 を出る。更に、生のシンガス 156 は、約 72°C ~ 約 95°C までの温度範囲で第 2 熱交換器 152 を出る。具体的には、一部の実施形態では、生のシンガス 156 が、例えば約 75°C、78°C、81°C、84°C、86°C、89°C、92°C の温度で第 2 熱交換器 152 を出る。

10

【0038】

図 3 に示すように、LTGC ユニット 20 は、第 2 熱交換器 152 から生のシンガスの 156 を受け取るように構成された第 3 熱交換器 154 を含み、図 1 の ORC 22 からの生のシンガス 156 を、冷却されたボイラ給水 166 で冷却する。具体的には、生のシンガス 156 からの熱が、冷却されたボイラ給水 166 に伝達されて、加熱されたボイラ給水 168 を生成し、これが図 1 の ORC 22 に送り返される。図 1 の ORC 22 は、図 2 の ORC 92 と同様に機能する。具体的には、LTGC ユニット 20 の第 3 熱交換器 154 からの加熱されたボイラ給水 168 が、図 2 の ORC 92 に流入する加熱された流体 94 と同等であり、LTGC ユニット 20 の第 3 熱交換器 154 に流入する冷却されたボイラ給水 166 は、図 2 の ORC 92 からの冷却された流体 96 と同等である。第 3 熱交換器 154 からの冷却された生のシンガス 170 は、図 1 のガス浄化ユニット 24 に送られる。

20

【0039】

例えば、一部の実施形態では、生のシンガス 156 が、約 89°C の温度で第 3 熱交換器 154 に流入し、約 60°C の温度で第 3 熱交換器 154 を出る。但し、他の実施形態では、生のシンガス 156 は、約 72°C ~ 約 95°C の温度範囲で第 3 熱交換器 154 に流入する。具体的には、一部の実施形態では、生のシンガス 156 が、例えば約 75°C、78°C、81°C、84°C、86°C、89°C、92°C の温度で第 3 熱交換器 154 に流入する。更に、冷却された生のシンガス 170 が、約 50°C ~ 約 75°C の温度範囲で第 3 熱交換器 154 を出る。具体的には、一部の実施形態では、冷却された生のシンガス 170 が、例えば約 55°C、58°C、61°C、64°C、66°C、69°C、72°C の温度で第 3 熱交換器 154 を出る。言い換えると、LTGC ユニット 20 に流入する高温の生のシンガス 156 のかなりの熱エネルギーが、LLP 蒸気 160 と、第 1 熱交換器 150 及び第 2 熱交換器 152 の加熱されたスチームコンデンセート 164 に伝達されるので、生のシンガス 156 から冷却されたボイラ給水 166 に放散する熱の量は、比較的少量になる。

30

【0040】

一部の実施形態においては、冷却されたボイラ給水 166 が、約 50°C ~ 約 100°C、約 65°C ~ 約 85°C、又は約 70°C ~ 75°C の温度範囲で、第 3 熱交換器 154 に流入する。具体的には、一部の実施形態では、冷却されたボイラ給水 166 が、例えば約 62°C、65°C、69°C、71°C、74°C、77°C、80°C の温度で、第 3 熱交換器 154 に流入する。更に、加熱されたボイラ給水 168 が、約 80°C の温度で第 3 熱交換器 154 を出る。但し、他の実施形態では、加熱されたボイラ給水 168 が、約 70°C ~ 約 100°C の温度範囲で第 3 熱交換器 154 を出る。具体的には、一部の実施形態では、加熱されたボイラ給水 168 が、例えば約 72°C、75°C、78°C、80°C、83°C、86°C、89°C、92°C、95°C、98°C の温度で、第 3 熱交換器 154 を出る。

40

50

【 0 0 4 1 】

明らかなように、一部の実施形態では、高温の生のシンガス 1 5 6 が、第 1 及び第 2 熱交換器 1 5 0 及び 1 5 2 のいずれかの前に、第 3 熱交換器 1 5 4 を通る。更に、幾つかの実施形態では、高温の生のシンガス 1 5 6 だけが、第 3 熱交換器 1 5 4 を通る。

【 0 0 4 2 】

図 4 は、図 2 の有機ランキンサイクルシステム 9 0 (即ち、図 1 の O R C 3 0) に適用可能な、図 1 の硫黄回収ユニット 2 8 の一実施形態の処理フロー図である。図示のように、一部の実施形態では、硫黄回収ユニット 2 8 が、サーマルリアクタ 1 9 0、サーマルコンデンサ 1 9 2、中間触媒ステージ 1 9 4、及び最終触媒ステージ 1 9 6 を含む。最終触媒のステージ 1 9 6 では、ボイラ給水との熱交換を行ってボイラ給水を加熱し、これを図 1 の O R C 3 0 等の O R C 9 2 で使用する。

10

【 0 0 4 3 】

図 1 のガス浄化部 2 4 からの酸性ガス 1 9 8 と、図 1 の A S U 3 2 からの酸化剤 2 0 0 をサーマルリアクタ 1 9 0 内で結合して、硫黄を抽出する。酸性ガス 1 9 8 はその後、サーマルコンデンサ 1 9 2 に流入する。酸性ガス 1 9 8 は、サーマルコンデンサ 1 9 2 に流入する際、約 1 1 7 5 o C の温度である。一部の実施形態では、酸性ガス 1 9 8 がサーマルコンデンサ 1 9 2 に流入する温度範囲が、約 9 8 0 o C ~ 約 1 3 7 0 o C、約 1 1 0 0 o C ~ 約 1 2 5 0 o C、又は約 1 2 2 0 o C ~ 約 1 3 0 0 o C である。具体的には、一部の実施形態では、酸性ガス 1 9 8 が、例えば約 1 0 1 0 o C、1 0 6 5 o C、1 0 9 0 o C、1 1 0 5 o C、1 1 3 0 o C、1 1 7 5 o C、1 2 5 0 o C の温度でサーマルコンデンサ 1 9 2 に流入する。ボイラ給水 2 0 2 がサーマルコンデンサ 1 9 2 を通って酸性ガス 1 9 8 を冷却することにより、ボイラ給水 2 0 2 が加熱されて蒸気 2 0 4 が生成される。

20

【 0 0 4 4 】

酸性ガス 1 9 8 がサーマルコンデンサ 1 9 2 を出ると、酸性ガス 1 9 8 から硫黄 2 0 6 が分離する。酸性ガス 1 9 8 がサーマルコンデンサ 1 9 2 を出る際、酸性ガス 1 9 8 の温度は、例えば約 1 7 5 o C である。一部の実施形態では、酸性ガス 1 9 8 は、約 1 5 0 o C ~ 約 2 0 0 o C、約 1 6 5 o C ~ 約 1 9 5 o C、又は約 1 7 5 o C ~ 約 1 8 5 o C の温度範囲で、サーマルコンデンサ 1 9 2 を出る。具体的には、一部の実施形態では、酸性ガス 1 9 8 が、例えば約 1 6 5 o C、1 6 8 o C、1 7 1 o C、1 7 3 o C、1 7 6 o C、1 7 9 o C、1 8 1 o C の温度で、サーマルコンデンサ 1 9 2 を出る。一部の実施形態では、サーマルコンデンサ 1 9 2 は、2 つのステージを有する。第 1 ステージでは、コンデンサ 1 9 2 の一端に廃熱ボイラを含み、蒸気の圧力を高め、第 2 ステージでは、熱交換器を含み、低品位の蒸気と凝縮硫黄を生成する。

30

【 0 0 4 5 】

酸性ガス 1 9 8 が、中間触媒ステージ 1 9 4 からサーマルコンデンサ 1 9 2 へと流れる。図示している中間触媒ステージ 1 9 4 は 1 つだけであるが、2 つ又は 3 つの中間触媒ステージ 1 9 4 等、2 つ以上の触媒ステージを含めることができる。図示のように、中間の触媒ステージ 1 9 4 は、再熱器 2 0 8、触媒リアクタ 2 1 0、及び熱交換器 2 1 2 を含む。酸性ガス 1 9 8 は、再熱器 2 0 8 に流入する際、例えば約 1 7 5 o C の温度である。一部の実施形態では、酸性ガス 1 9 8 は、約 1 5 0 o C ~ 約 2 0 0 o C、約 1 6 5 o C ~ 約 1 9 5 o C、又は約 1 7 5 o C ~ 約 1 8 5 o C の温度範囲で、再熱器 2 0 8 に流入する。具体的には、一部の実施形態では、酸性ガス 1 9 8 が、例えば約 1 6 5 o C、1 6 8 o C、1 7 1 o C、1 7 3 o C、1 7 6 o C、1 7 9 o C、1 8 1 o C の温度で、再熱器 2 0 8 に流入する。蒸気 2 1 4 が酸性ガス 1 9 8 を加熱する再熱器 2 0 8 を通ることにより、蒸気 2 1 4 が冷却され、凝縮ボイラ給水 2 1 6 が生成される。

40

【 0 0 4 6 】

酸性ガス 1 9 8 は、再熱器 2 0 8 を出ると触媒リアクタ 2 1 0 へと流れる。酸性ガス 1 9 8 が再熱器 2 0 8 を出て触媒リアクタ 2 1 0 に流入する際の温度は、例えば 2 3 2 o C である。一部の実施形態では、酸性ガス 1 9 8 は、約 2 0 0 o C ~ 約 2 5 0 o C、約 2 1 5 o C ~ 約 2 4 5 o C、又は約 2 2 5 o C ~ 約 2 3 5 o C の温度範囲で、再熱器 2 0 8 を出る。

50

具体的には、一部の実施形態では、酸性ガス 198 が、例えば約 215°C、218°C、221°C、223°C、226°C、229°C、231°C の温度で、再熱器 208 を出る。

【0047】

触媒リアクタ 210 は、酸性ガス 198 から硫黄を抽出し易くするために、酸性ガス 198 に化学反応を生じさせる。酸性ガス 198 は、触媒リアクタ 210 を出ると、熱交換器 212 に流入する。酸性ガス 198 が触媒リアクタ 210 を出て熱交換器 212 に流入する際、酸性ガス 198 の温度は、例えば約 270°C である。一部の実施形態では、酸性ガス 198 が触媒リアクタ 210 を出る際の温度範囲は、約 250°C ~ 約 300°C、約 260°C ~ 約 285°C、又は約 265°C ~ 約 275°C である。具体的には、一部の
10

【0048】

ボイラ給水 218 が熱交換器 212 を通って酸性ガス 198 を冷却することにより、ボイラ給水 218 が加熱されて蒸気 220 が生成される。酸性ガス 198 が熱交換器 212 を出ると、酸性ガス 198 から硫黄 222 が分離される。酸性ガス 198 はその後、最後の触媒ステージ 196 に流入する。酸性ガス 198 は、約 175°C の温度で熱交換器 212 を出て、最後の触媒ステージ 196 に流入する。一部の実施形態では、酸性ガス 198 が、約 150°C ~ 約 200°C、約 165°C ~ 約 195°C、又は約 175°C ~ 約 1
20

【0049】

図示のように、最後の触媒ステージ 196 は、最後の再熱器 224、最後の触媒リアクタ 226、及び最後の熱交換器 228 を含む。酸性ガス 198 が最後の加熱器 224 に流入する際の酸性ガス 198 の温度は、例えば約 175°C である。一部の実施形態では、酸性ガス 198 が、約 150°C ~ 約 200°C、約 165°C ~ 約 195°C、又は約 175°C ~ 約 185°C の温度範囲で、最後の再加熱器 224 に流入する。具体的には、一部の
30

【0050】

酸性ガス 198 は、最後の再熱器 224 を出ると、最後の触媒リアクタ 226 へと流れる。酸性ガス 198 が最後の再熱器 224 を出て最後の触媒リアクタ 226 に流入する際の温度は、例えば約 210°C である。一部の実施形態では、酸性ガス 198 は、約 178°C ~ 約 228°C、約 193°C ~ 約 223°C、又は約 203°C ~ 約 213°C の温度範囲で、最後の再加熱器 224 を出る。具体的には、一部の実施形態では、酸性ガス 198 が、例えば約 193°C、196°C、199°C、201°C、204°C、207°C、
40

【0051】

最後の触媒リアクタ 226 は、酸性ガス 198 から硫黄を抽出し易くするために、酸性ガス 198 に化学反応を生じさせる。酸性ガス 198 は、最後の触媒リアクタ 226 を出ると、最後の熱交換器 228 に流入する。酸性ガス 198 が最後の触媒リアクタ 226 を出て最後の熱交換器 228 に流入する際の温度は、例えば約 215°C である。一部の実施形態では、酸性ガス 198 は、約 183°C ~ 約 233°C、約 198°C ~ 約 228°C、又は約 208°C ~ 約 218°C の温度範囲で、最後の触媒リアクタ 226 を出る。具体的には、一部の実施形態では、酸性ガス 198 が、例えば約 190°C、193°C、196°C、198°C、201°C、204°C、206°C の温度で、最後の触媒リアクタ 2
50

26 を出る。

【0052】

冷却されたボイラ給水234がORC92（即ち、図1のORC30）から最後の熱交換器228を通して酸性ガス198を冷却することにより、ボイラ給水234が加熱され、ORC92に送り返す加熱されたボイラ給水236が生成される。最後の熱交換器228は、ORC92の冷媒234を沸騰させるに十分な、低品位の熱をボイラ給水に供給する。酸性ガス198が最後の熱交換器228を出ると、酸性ガス198から硫黄238が分離する。最後の熱交換器228からの冷却酸性ガス240は、図1のガス浄化ユニット24へと送り返される。冷却酸性ガス240が最後の熱交換器228を出る際、冷却酸性ガス240の温度は、例えば約1240℃である。一部の実施形態では、冷却酸性ガス240が、約1140℃～約1340℃、約1240℃～約1300℃、又は約1260℃～約1280℃の温度範囲で、最後の熱交換器228を出る。具体的には、一部の実施形態では、冷却酸性ガス240が、例えば約1140℃、1170℃、1200℃、1230℃、1260℃、1290℃、1310℃の温度で、最後の熱交換器228を出る。

【0053】

また、冷却されたボイラ給水234が最後の熱交換器228に流入する際、冷却されたボイラ給水234の温度は、例えば約820℃である。一部の実施形態では、冷却されたボイラ給水234は、約620℃～約1020℃、約800℃～約950℃、又は約850℃～約900℃の温度範囲で、最後の熱交換器228に流入する。具体的には、一部の実施形態では、冷却されたボイラ給水234が、例えば約810℃、840℃、870℃、890℃、920℃、950℃、980℃の温度で、最後の熱交換器228に流入する。加えて、加熱されたボイラ給水236が最後の熱交換器228を出る際、加熱されたボイラ給水236の温度は、例えば約1240℃である。一部の実施形態では、加熱されたボイラ給水236は、約1100℃～約1350℃、約1150℃～約1300℃、又は約1180℃～約1230℃の温度範囲で、最後の熱交換器228を出る。具体的には、一部の実施形態では、加熱されたボイラ給水236は、約1110℃、1140℃、1170℃、1190℃、1220℃、1250℃、1280℃の温度で、最後の熱交換器228を出る。

図1のORC30は、図2のORC92と同様に機能する。具体的には、硫黄回収ユニット28の最後の熱交換器228からの加熱されたボイラ給水236は、図2のORC92に流入する加熱された流体94と同等である。硫黄回収ユニット28の最後の熱交換器228に流入する冷却されたボイラ給水234は、図2のORC92からの冷却された流体96と同等である。明らかなように、一部の実施形態では、冷却されたボイラ給水234は、熱交換器192、212、228のいずれかを通して、加熱されたボイラ給水236を生成する。

【0054】

図5は、図2の有機ランキンサイクルシステム90（即ち、図1のORC64）に適用可能な、図1の抽気（EA）冷却システム62の一実施形態の処理フロー図である。図示のように、一部の実施形態では、EA冷却システム62は、3つの熱交換器260、262、264を含む。3つの熱交換器260、262、264は、水又はスチームコンデンセート等のクーラントにガスタービン抽気からの熱を伝達可能な、任意のタイプの熱交換器である。特に、EA冷却システム62は、図1の燃焼器42からガスタービン抽気266を受け取り、図1のASU32からの窒素（ N_2 ）268を用いてこのガスタービン抽気266を冷却するように構成された、（例えば、 N_2 を加熱する）第1熱交換器260を含む。具体的には、ガスタービン抽気266からの熱は、窒素268に伝達され、加熱された窒素270が生成される。

【0055】

例えば、一部の実施形態では、ガスタービン抽気空気266が、約4000℃の温度で第1熱交換器260に流入し、窒素268が、約300℃～約1200℃の温度で第1熱交換器260に流入する。しかし、他の実施形態では、ガスタービン抽気空気266は、約3700℃～約4250℃の温度範囲で第1熱交換器260に流入する。具体的には、一部

10

20

30

40

50

の実施形態では、ガスタービン抽気266は、例えば約378°C、381°C、384°C、386°C、389°C、392°C、395°C、398°C、400°C、403°C、406°Cの温度で第1熱交換器260に流入する。更に、窒素268は、約200°C～約1200°Cの温度範囲で第1熱交換器260に流入する。具体的には、一部の実施形態では、窒素268が、例えば約300°C、450°C、600°C、750°C、900°C、1050°C、1200°Cの温度で第1熱交換器260に流入する。

【0056】

一部の実施形態では、加熱された窒素270が、約1000°Cの温度で第1熱交換器260を出て、ガスタービン抽気空気266が、約1650°Cの温度で第1熱交換器260を出る。しかし、他の実施形態では、加熱された窒素270が、約800°C～約1200°Cの温度範囲で第1熱交換器260を出る。具体的には、一部の実施形態では、加熱された窒素270が、例えば約870°C、900°C、930°C、960°C、980°C、1010°C、1040°C、1070°C、1090°C、1120°C、1150°Cの温度で第1熱交換器260を出る。更に、ガスタービン抽気空気266が、約1500°C～約1750°Cの温度範囲で第1熱交換器260を出る。具体的には、一部の実施形態では、ガスタービン抽気266が、例えば約1500°C、1530°C、1560°C、1580°C、1610°C、1640°C、1670°C、1700°C、1720°C、1750°Cの温度で第1熱交換器260を出る。

【0057】

図5に示すように、EA冷却システム62は更に、第1熱交換器260からガスタービン抽気266を受け取って、このガスタービン抽気266を冷却されたボイラ給水272で冷却するように構成された、第2熱交換器262を含む。具体的には、ガスタービン抽気266からの熱が冷却されたボイラ給水272に伝達され、加熱されたボイラ給水274が生成され、これが図1のORC64に送り返される。例えば、一部の実施形態では、ガスタービン抽気266が約1650°Cの温度で第2熱交換器262に流入し、冷却されたボイラ給水272が約870°Cの温度で第2熱交換器262に流入する。しかし、他の実施形態では、ガスタービン抽気空気266は、約1500°C～約1750°Cの温度範囲で第2熱交換器262に流入する。具体的には、一部の実施形態では、ガスタービン抽気266が、例えば約1500°C、1530°C、1560°C、1580°C、1610°C、1640°C、1670°C、1700°C、1720°C、1750°Cの温度で第2熱交換器262に流入する。更に、冷却されたボイラ給水272が、約660°C～約950°Cの温度範囲で第2熱交換器262に流入する。具体的には、一部の実施形態では、冷却されたボイラ給水272が、例えば約750°C、780°C、810°C、840°C、860°C、890°C、920°Cの温度で第2熱交換器262に流入する。

【0058】

一部の実施形態では、加熱されたボイラ給水274が、約1350°Cの温度で第2熱交換器262を出て、ガスタービン抽気266が、約940°Cの温度で第2熱交換器262を出る。しかし、他の実施形態では、加熱されたボイラ給水274が、約1220°C～約1500°Cの温度範囲で第2熱交換器262を出る。具体的には、一部の実施形態では、加熱されたボイラ給水274が、例えば約1290°C、1320°C、1350°C、1380°C、1410°C、1430°C、1460°C、1490°C、1520°C、1540°C、1570°Cの温度で第2熱交換器262を出る。更に、ガスタービン抽気空気266は、約800°C～約1100°Cの温度範囲で第2熱交換器262を出る。具体的には、一部の実施形態では、ガスタービン抽気266が、例えば約850°C、880°C、910°C、940°C、960°C、990°C、1020°Cの温度で第2熱交換器262を出る。

【0059】

図1のORC64は、図2のORC92と同様に機能する。具体的には、EA冷却システム62の第2熱交換器262からの加熱されたボイラ給水274は、図2のORC92に流入する加熱された流体94と同等である。EA冷却システム62の第2熱交換器262に流入する冷却されたボイラ給水272は、図2のORC92からの冷却された流体96と同等である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

図5に示すように、E A冷却システム62は、第2熱交換器262からガスタービン抽気空気266を受け取って、図1の冷却塔76等からの冷却水276を用いてガスタービン抽気266を冷却するように構成された、第3熱交換器264を含む。具体的には、ガスタービン抽気266からの熱を冷却水276に伝達して、熱水278を生成する。第3熱交換器264からの冷却ガスタービン抽気280は、図1のASU32に送られる。

【 0 0 6 1 】

例えば、一部の実施形態では、ガスタービン抽気266が、約94°Cの温度で第3熱交換器264に流入し、約32°Cの温度で第3熱交換器264を出る。しかし、他の実施形態では、ガスタービン抽気266は、約80°C～約110°Cの温度範囲で第3熱交換器264に流入する。具体的には、一部の実施形態では、ガスタービン抽気266が、例えば約85°C、88°C、91°C、94°C、96°C、99°C、102°Cの温度で第3熱交換器264に流入する。更に、冷却ガスタービン抽気280は、約15°C～約50°Cの温度範囲で第3熱交換器264を出る。具体的には、一部の実施形態では、冷却ガスタービン抽気280は、例えば約25°C、28°C、31°C、34°C、36°C、39°C、42°Cの温度で第3熱交換器264を出る。

【 0 0 6 2 】

一部の実施形態においては、冷却水276が、約10°C～約60°C、約15°C～約45°C、又は約30°C～約55°Cの温度範囲で第3熱交換器264に流入する。具体的には、一部の実施形態では、冷却水276が、例えば約22°C、25°C、29°C、31°C、34°C、37°C、40°Cの温度で第3熱交換器264に流入する。更に、熱水278は、約70°Cの温度で第3熱交換器264を出る。しかし、他の実施形態では、熱水278が、約60°C～約90°Cの温度範囲で第3熱交換器264を出る。具体的には、一部の実施形態では、熱水278が、例えば約62°C、65°C、68°C、70°C、73°C、76°C、79°C、82°C、85°C、88°Cの温度で第3熱交換器264を出る。

【 0 0 6 3 】

明らかなように、一部の実施形態では、第1熱交換器260の前又は第3熱交換器264の後に、抽気266が熱交換器262を通る。更に、幾つかの実施形態において、第2熱交換器262を流れるのは、抽気266のみである。

【 0 0 6 4 】

図6は、ガス化システム300の一実施形態の処理フロー図である。ここでは、このシステムによって生成された熱を有機ランキンサイクルシステムで利用する。石炭、石油コークス、バイオマス、木材ベースの材料、農業廃棄物、タール、コークス炉ガス、アスファルト、製油所からの重質残渣、又はその他の炭素含有物を含む燃料302が、ガス化装置304に供給される。ガス化装置304は、図1に関連して上述したガス化装置16とほぼ同様に動作する。このように、ガス化装置304は、燃料302を高温の生のシンガス306に変換できる。高温の生のシンガス306は、(燃料302の硫黄含有量に基づいて)約85%の一酸化炭素と水素の他に、CO₂、CH₄、塩酸、COS、NH₃、HCN、及びH₂Sを含み得る。ガス化装置304からの高温の生のシンガス306は次に、図2に記載の有機ランキンサイクルシステム90に送られる。一部の実施形態では、膨張装置308を用いて高温の生のシンガス306を減圧してから、高温の生のシンガス306を有機ランキンサイクルシステム90で使用する。有機ランキンサイクルシステム90は、高温の生のシンガス306から熱を抽出して、エネルギーを生成する。高温の生のシンガス306から熱が抽出されると、結果的に低温の生のシンガス310が得られる。低温の生のシンガス310は、ガス化システム300で使用するか、又は、使用予定の別のシステムに送達される。一部の実施形態では、クリーンな可燃燃料302から生成される低温の生のシンガス310はクリーンなシンガスなので、浄化不要である。他の実施形態では、冷却された生のシンガス310を浄化して、不純物を除去する。明らかなように、有機ランキンサイクルシステム90に直接、高温の生のシンガス306を使用すること

10

20

30

40

50

により、高温の生のシンガス 306 で効率的に熱エネルギーを伝達させ、発電できる。

【0065】

ここで図 2 に戻って説明すると、有機ランキンサイクルシステム 90 で使用する冷媒は、この用途で説明したように、酸性ガス除去ユニットで使用するタイプのものでよい。更に、この用途で説明した有機ランキンサイクルシステム 90（例えば、図 1 の ORC 22、30、64）を新たなガス化システムに設置したり、有機ランキンサイクルシステム 90 を既存のガス化システムに組み込んだりできる。同様に、有機ランキンサイクルシステム 90 をガス化システムの特定の部分に使用するものとして記述しているが、有機ランキンサイクルシステム 90 は、低品位又はその他のレベルの熱を用いるガス化システムの他の部分にも使用できる。

明らかなように、ガス化システムの一部の実施形態は、1 つ、2 つ、3 つ、又は複数の有機ランキンサイクルシステム（22、30、64）を含む。言い換えると、ガス化システムを使用して加熱された流体を生成し、これを 1 つ又は複数の有機ランキンサイクルシステム（22、30、64）で利用できる。例えば、一部の実施形態では、高温の生のシンガスからの熱を利用して、ガス冷却システム（例えば、低温ガス冷却システム）、硫黄回収ユニット、抽気冷却システム、又はそれらの任意の組合せで、加熱された流体を生成できる。こうした実施形態では、ガス化システムの 1 つ、2 つ、3 つ以上の部分からの加熱された流体を合流させて、一つの有機ランキンサイクルシステム（22、30、64）に流したり、この加熱された流体を複数の有機ランキンサイクルシステム（22、30、64）に流したりできる。同様に、1 つ又は複数の有機ランキンサイクルシステム（22、30、64）からガス化システム、ガス冷却システム、硫黄回収ユニット、抽気冷却システム、又はそれらの任意の組合せに、冷却された流体を流すこともできる。

【0066】

本明細書では、最適な態様を含め、例を用いて本発明を開示し、これによって当業者は、あらゆる装置又はシステムの作製及び使用、並びにあらゆる付随の方法を実施できる。本発明の特許請求の範囲は、請求項により定義され、当業者に想到されるその他の例も含む。こうしたその他の例は、請求項の文言と相違ない構成要素を有する場合、又は請求項の文言と実質的に相違ない同等の構成要素を含む場合、特許請求の範囲に含まれることとする。

【符号の説明】

【0067】

- 10 I G C C システム
- 12 燃料源
- 14 原料調製ユニット
- 16 ガス化装置
- 18 スラグ
- 20 L T G C ユニット
- 22 有機ランキンサイクルシステム
- 24 ガス浄化ユニット
- 26 元素状硫黄
- 28 硫黄回収ユニット
- 30 有機ランキンサイクルシステム
- 32 空気分離ユニット
- 38 ガスプロセッサ
- 40 残留ガス成分
- 42 燃焼器
- 44 ガスタービンエンジン
- 46 メイン空気圧縮機
- 48 D G A N 圧縮機
- 50 タービン

5 2	ドライブシャフト	
5 4	圧縮機	
5 6	負荷	
5 8	導管	
6 0	導管	
6 2	冷却システム	
6 4	有機ランキンサイクルシステム	
6 6	導管	
6 8	蒸気タービンエンジン	
7 0	H R S G システム	10
7 2	第 2 負荷	
7 4	コンデンサ	
7 6	冷却塔	
9 0	有機ランキンサイクルシステム	
9 2	有機ランキンサイクル	
9 4	加熱された流体	
9 6	冷却された流体	
9 8	蒸発器	
1 0 0	ターボ発電機	
1 0 2	コンデンサ	20
1 0 4	ポンプ	
1 0 6	入口管	
1 0 8	熱交換器	
1 1 0	出口管	
1 1 2	液体冷媒	
1 1 4	蒸気セクション	
1 1 6	管	
1 1 8	タービン	
1 2 0	発電機	
1 2 2	管	30
1 2 4	導管	
1 2 6	導管	
1 2 8	レキュペレータ	
1 3 0	エキスパンダ	
1 5 0	熱交換器	
1 5 2	熱交換器	
1 5 4	熱交換器	
1 5 6	高温の生のシンガス	
1 5 8	ボイラ給水	
1 6 0	L L P 蒸気	40
1 6 2	スチームコンデンセート	
1 6 4	加熱されたスチームコンデンセート	
1 6 6	冷却されたボイラ給水	
1 6 8	加熱されたボイラ給水	
1 7 0	冷却された生のシンガス	
1 9 0	サーマルリアクタ	
1 9 2	サーマルコンデンサ	
1 9 4	中間の触媒ステージ	
1 9 6	最後の触媒ステージ	
1 9 8	酸性ガス	50

2 0 0	酸化剤	
2 0 2	ボイラ給水	
2 0 4	蒸気	
2 0 6	硫黄	
2 0 8	再熱器	
2 1 0	触媒リアクタ	
2 1 2	熱交換器	
2 1 4	蒸気	
2 1 6	凝縮されたボイラ給水	
2 1 8	ボイラ給水	10
2 2 0	蒸気	
2 2 2	硫黄	
2 2 4	最後の再熱器	
2 2 6	最後の触媒リアクタ	
2 2 8	最後の熱交換器	
2 3 0	蒸気	
2 3 2	凝縮後のボイラ給水	
2 3 4	冷却されたボイラ給水	
2 3 6	加熱されたボイラ給水	
2 3 8	硫黄	20
2 4 0	冷却された酸性ガス	
2 6 0	熱交換器	
2 6 2	熱交換器	
2 6 4	熱交換器	
2 6 6	抽気	
2 6 8	窒素	
2 7 0	加熱された窒素	
2 7 2	冷却されたボイラ給水	
2 7 4	加熱されたボイラ給水	
2 7 6	冷水	30
2 7 8	熱水	
2 8 0	タービン抽気	
3 0 0	ガス化システム	
3 0 2	燃料	
3 0 4	ガス化装置	
3 0 6	高温の生のシンガス	
3 0 8	膨張装置	
3 1 0	冷却された生のシンガス	

【図 1】

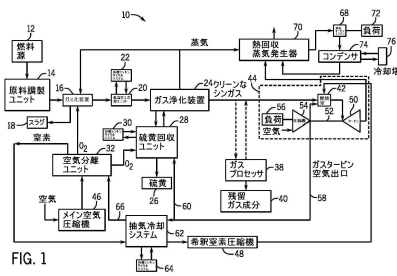


FIG. 1

【図 2】

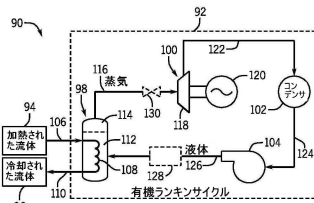


FIG. 2

【図 3】

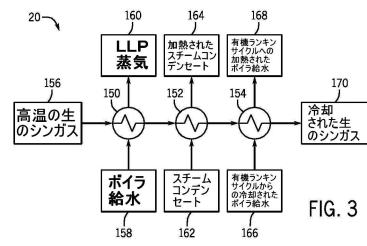


FIG. 3

【図 4】

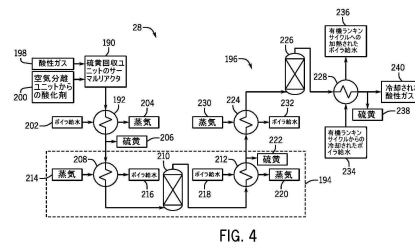


FIG. 4

【図 5】

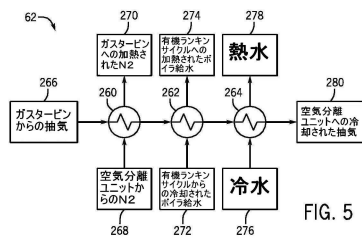


FIG. 5

【図 6】

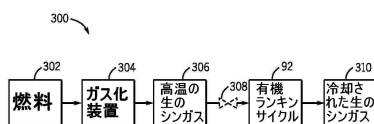


FIG. 6

フロントページの続き

- (72)発明者 ガネッシュ・プラデッシュ・キダンビ
インド、カルナタカ、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フェイズ・セカンド、イーピー
ーアイビー、プロット122
- (72)発明者 ロナルド・フレドリック・タイリー
アメリカ合衆国、テキサス州、ヒューストン、フォーティーンズ・フロア・オフィス、1411、
ウエスト・ループ・サウス、1333番
- (72)発明者 アチュル・クマール・ヴィジ
インド、カルナタカ、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フェイズ・セカンド、イーピー
ーアイビー、プロット122
- (72)発明者 プリヤナンディニ・バラスブラマニアン
インド、カルナタカ、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フェイズ・セカンド、イーピー
ーアイビー、プロット122

審査官 森 健一

- (56)参考文献 国際公開第2009/142608(WO, A2)
米国特許第5687570(US, A)
特開昭61-43205(JP, A)
特開2005-337066(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C10J	3/00
C10K	3/04
F01K	25/00