

明 細 書

発明の名称：

燃料ガス加熱装置、及び、コンバインドサイクルプラント

技術分野

[0001] 本開示は、燃料ガス加熱装置、及び、コンバインドサイクルプラントに関する。

本願は、2023年10月30日に日本国特許庁に出願された特願2023-185162号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 燃料を燃焼することにより生成した燃焼ガスを用いてタービンを駆動可能なガスタービンが知られている。従来、ガスタービンで用いられる燃料ガスとしては、例えば天然ガス等の炭化水素ガスがある。

[0003] ここで、ガスタービンに供給される燃料ガスは、プラント性能を最適化するために、予め加熱されることがある。例えば特許文献1では、燃料ガス供給ラインに燃料ガス加熱部を設けることで、ガスタービンに供給される燃料を加熱できる構成が開示されている。この文献では、燃料ガス加熱部において、燃料ガス供給ラインを流れる燃料ガスが、高温の熱媒体と熱交換することによって加熱されるようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-178821号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 近年、ガスタービンでは、燃料ガスとして、従来の天然ガス等の炭化水素ガスに加えて、より燃焼速度が大きな水素含有ガスの使用が検討されている。そのため、上記特許文献1のように熱媒体との熱交換によって燃料ガスを加熱する構成を採用する場合、水素脆性や浸食性を考慮した設計を行う必要

がある。例えば、従来のように天然ガス等の炭化水素ガスを燃料ガスとして用いる場合には、熱媒体が流れるチューブをステンレス材で構成する一方で、チューブの外側にあるシェルを炭素鋼材で構成することで、コスト削減を図っていた。しかしながら、ステンレス材と炭素鋼材のように異なる材間の接合部は水素脆性や浸食性の観点から弱い部位となってしまう。そのため、燃料ガスとして水素含有ガスを取り扱うためには、構成全体をステンレス材で設計し直す必要があり、コストが大幅に増加してしまう。

[0006] 本開示の少なくとも一実施形態は上述の事情に鑑みなされたものであり、ガスタービンに供給される燃料ガスとして炭化水素ガス、及び、水素含有ガスを取り扱う場合に、コストを抑えながら両燃料を好適に加熱可能な燃料ガス加熱装置、及び、コンバインドサイクルプラントを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の少なくとも一実施形態に係る燃料ガス加熱装置は、上記課題を解決するために、

ガスタービンに供給される燃料ガスを加熱するための燃料ガス加熱装置であって、

前記燃料ガスとして、炭化水素ガスを前記ガスタービンに供給するための第1燃料供給ラインと、

前記第1燃料供給ラインと合流し、前記燃料として、水素含有ガスを前記ガスタービンに供給するための第2燃料供給ラインと、

前記第1燃料供給ラインのうち前記第2燃料供給ラインとの合流点より上流側に設けられ、前記炭化水素ガスを加熱するための炭化水素ガス加熱器と、

前記第2燃料供給ラインのうち前記合流点より上流側に設けられ、前記水素含有ガスを加熱するための水素含有ガス加熱器と、

前記炭化水素ガス加熱器に、前記炭化水素ガスと熱交換するための第1熱媒体を供給するための第1熱媒体供給ラインと、

前記第 1 熱媒体供給ラインから分岐し、前記水素含有ガス加熱器に、前記水素含有ガスと熱交換するための第 2 熱媒体として、前記第 1 熱媒体の少なくとも一部を供給するための第 2 熱媒体供給ラインと、
を備える。

[0008] 本開示の少なくとも一実施形態に係るコンバインドサイクルプラントは、上記課題を解決するために、

本開示の少なくとも一実施形態に係る燃料ガス加熱装置によって加熱される前記燃料が供給される前記ガスタービンを備える。

発明の効果

[0009] 本開示の少なくとも一実施形態によれば、ガスタービンに供給される燃料ガスとして炭化水素ガス、及び、水素含有ガスを取り扱う場合に、コストを抑えながら両燃料を好適に加熱可能な燃料ガス加熱装置、及び、コンバインドサイクルプラントを提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]一実施形態に係るコンバインドサイクルプラントの概略構成図である。

[図2]図 1 の燃料ガス加熱装置の内部構成を示す概略図である。

[図3A]図 2 の炭化水素ガス加熱器を模式的に示す斜視透過図である。

[図3B]図 2 の水素含有ガス加熱器を模式的に示す斜視透過図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。
ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

[0012] まず図 1 を参照して、本開示の少なくとも一実施形態に係る燃料ガス加熱装置 100 を備えるコンバインドサイクルプラント 1 の構成について説明する。図 1 は一実施形態に係るコンバインドサイクルプラント 1 の概略構成図である。

[0013] コンバインドサイクルプラント 1 は、ガスタービン 10 と、ガスタービン 10 からの排気ガス EG で蒸気を生成するための排熱回収ボイラ 20 と、排

熱回収ボイラ 20 からの蒸気により駆動可能な蒸気タービン 60 と、蒸気タービン 60 からの蒸気を水に戻すための復水器 40 とを備える。

- [0014] ガスタービン 10 は、燃焼用空気を圧縮するための圧縮機 11 と、圧縮機 11 で圧縮された燃焼用空気と燃料供給系統 70 から供給される燃料ガスとを混合燃焼して生成した燃焼ガスによって駆動されるタービン 15 とを備える。圧縮機 11 及びタービン 15 のロータは互いに連結されることによりガスタービンロータ 19 を構成している。
- [0015] 蒸気タービン 60 は、高圧蒸気タービン H P と、中圧蒸気タービン I P と、低圧蒸気タービン L P とを備える。高圧蒸気タービン H P、中圧蒸気タービン I P 及び低圧蒸気タービン L P は、各々の回転軸が互いに連結することで蒸気タービンロータ 61 を有する。蒸気タービンロータ 61 は、前述のガスタービンロータ 19 と一体的に連結される。蒸気タービン 60 で仕事を終えた蒸気は、復水器 40 にて復水に戻される。
- [0016] 復水器 40 の復水は、復水供給ライン 62 を介して排熱回収ボイラ 20 に供給可能である。復水供給ライン 62 には低圧給水ポンプ 63 が設けられており、排熱回収ボイラ 20 に対する復水の給水量を調整可能である。また復水供給ライン 62 のうち低圧給水ポンプ 63 の下流側には減温器 64 が設けられており、排熱回収ボイラ 20 への給水温度を調整可能である。
- [0017] 尚、復水器 40 には、補給水供給ライン 41 を介して、補給水タンク 42 が接続されている。補給水供給ライン 41 には、補給水供給ポンプ 43 が設置されており、復水器 40 において復水が不足した場合には、補給水タンク 42 から補給水が供給可能である。
- [0018] 排熱回収ボイラ 20 は、ガスタービン 10 からの排気ガス E G に含まれる熱（排熱）を回収し、有効利用するための構成を有する。排熱回収ボイラ 20 は、排気ガス E G から回収した熱を利用するための構成として、低圧節炭器 21 と、低圧蒸発器 22 と、高圧一次節炭器 23 と、中圧節炭器 24 と、中圧蒸発器 25 と、低圧過熱器 26 と、高圧二次節炭器 27 と、中圧過熱器 28 と、高圧蒸発器 29 と、高圧一次過熱器 30 と、一次再熱器 31 と、二

次再熱器 3 2 と、高圧二次過熱器 3 3 とを備える。

[0019] 尚、排熱回収ボイラ 2 0 において熱が回収された後の排気ガスは、煙突 3 4 から外部に排出される。

[0020] 排熱回収ボイラ 2 0 において、復水器 4 0 からの給水（復水）は、まず低圧節炭器 2 1 によって加熱される。低圧節炭器 2 1 で加熱された給水の少なくとも一部は、低圧ドラム 4 4 に貯留される。低圧ドラム 4 4 には低圧蒸発器 2 2 が接続されており、低圧ドラム 4 4 に貯留された水の少なくとも一部から蒸気を生成可能である。低圧蒸発器 2 2 で生成された蒸気は、低圧ドラム 4 4 に戻される。

[0021] また低圧節炭器 2 1 で加熱された給水は、高圧給水ポンプ 4 5 及び中圧給水ポンプ 4 6 に供給される。中圧給水ポンプ 4 6 は給水を第 1 圧力 P 1 に加圧し、高圧給水ポンプ 4 5 は、給水を第 2 圧力 P 2 ($>$ 第 1 圧力 P 1) に加圧する。高圧給水ポンプ 4 5 によって第 2 圧力 P 2 に加圧された給水は、高圧一次節炭器 2 3 及び高圧二次節炭器 2 7 によって加熱された後、高圧ドラム 4 7 に供給される。中圧給水ポンプ 4 6 によって第 1 圧力 P 1 に加圧された給水は、中圧節炭器 2 4 によって加熱された後、中圧ドラム 4 8 に供給される。

尚、高圧給水ポンプ 4 5 及び中圧給水ポンプ 4 6 は一体的に構成されていてもよい。

[0022] 高圧ドラム 4 7 には高圧蒸発器 2 9 が接続されており、高圧ドラム 4 7 に貯留された水の少なくとも一部から蒸気を生成可能である。高圧蒸発器 2 9 で生成された蒸気は、高圧ドラム 4 7 に戻される。高圧ドラム 4 7 から抽出された蒸気は、高圧一次過熱器 3 0 及び高圧二次過熱器 3 3 によって過熱され、高圧蒸気タービン H P に供給される。高圧一次過熱器 3 0 及び高圧二次過熱器 3 3 の間には減温器 4 9 a が設けられており、減温器 4 9 a における減温量を制御することにより、高圧蒸気タービン H P に供給される蒸気温度を適切に調整可能である。

[0023] 高圧蒸気タービン H P で仕事を終えた蒸気は、一次再熱器 3 1 及び二次再

熱器 3 2 によって加熱された後、中圧蒸気タービン I P に供給される。一次再熱器 3 1 及び二次再熱器 3 2 の間には減温器 4 9 b が設けられており、減温器 4 9 b における減温量を制御することにより、中圧蒸気タービン I P に供給される蒸気温度を適切に調整可能である。

[0024] 中圧ドラム 4 8 には中圧蒸発器 2 5 が接続されており、中圧ドラム 4 8 に貯留された水の少なくとも一部から蒸気を生成可能である。中圧蒸発器 2 5 で生成された蒸気は、中圧ドラム 4 8 に戻される。中圧ドラム 4 8 から抽出された一部の蒸気は、中圧過熱器 2 8 によって加熱され、高圧蒸気タービン H P の出口流路に供給されて、一次再熱器 3 1 と二次再熱器 3 2 とを経て中圧蒸気タービン I P に供給される。

[0025] 低圧ドラム 4 4 には低圧蒸発器 2 2 が接続されており、低圧ドラム 4 4 に貯留された水の少なくとも一部から蒸気を生成可能である。低圧蒸発器 2 2 で生成された蒸気は、低圧ドラム 4 4 に戻される。低圧ドラム 4 4 から抽出された一部の蒸気は、低圧過熱器 2 6 によって加熱され、中圧蒸気タービン I P の出口流路に供給されて、低圧蒸気タービン L P に供給される。低圧蒸気タービン L P で仕事を終えた蒸気は復水器 4 0 に戻される。

[0026] 上記構成を有するコンバインドサイクルプラント 1 は、ガスタービン 1 0 の燃焼器 1 2 に対して、燃料ガス F として、炭化水素ガス G c、及び、水素含有ガス G h を供給するための燃料供給系統 7 0 を備える。燃料供給系統 7 0 は燃焼器 1 2 に燃料ガス F を供給することにより、燃焼器 1 2 では、圧縮機 1 1 で圧縮された燃焼用空気と燃料ガス F と混合して燃焼することにより、ガスタービン 1 0 を駆動するための燃焼ガスが生成される（図 1 では、図示をわかりやすくするために、燃焼器 1 2 がガスタービン 1 0 から離れた位置に示されている）。

[0027] 燃料供給系統 7 0 は、炭化水素ガス G c を供給するための第 1 燃料供給源 7 2 a、及び、水素含有ガス G h を供給するための第 2 燃料供給源 7 2 b を備える。炭化水素ガス G c は天然ガスであり、水素含有ガス G h は水素含有率が 5 0 m o l % 以上である。ここで炭化水素ガス G c は水素含有ガス G h

に比べて水素含有率が低い燃料ガスであり、水素含有率が0%でもよい。また水素含有ガスG_hは炭化水素ガスG_cより少なくとも水素含有率が高い燃料ガスであり、好ましくは、水素含有率は50mol%以上である。

[0028] 炭化水素ガスG_cは、第1燃料供給源72aから第1燃料ガス供給ライン74aを介してガスタービンの燃焼器12に供給される。水素含有ガスG_hは、第2燃料供給源72bから第2燃料ガス供給ライン74bを介してガスタービンの燃焼器12に供給される。第1燃料ガス供給ライン74a及び第2燃料ガス供給ライン74bは、図2に示すように、燃料ガス加熱装置100の内部において合流し、燃料ガス供給ライン74cを介してガスタービン10の燃焼器12に接続される。第1燃料ガス供給ライン74aを流れる炭化水素ガスG_c、及び、第2燃料ガス供給ライン74bを流れる水素含有ガスG_hは、燃料ガス加熱装置100によってそれぞれ加熱される。

[0029] ここで図2を参照して、燃料ガス加熱装置100の内部構成について説明する。図2は図1の燃料ガス加熱装置100の内部構成を示す概略図である。

[0030] 第1燃料ガス供給ライン74aには、炭化水素ガスG_cを加熱するための炭化水素ガス加熱器76が設けられる。第1燃料ガス供給ライン74aのうち炭化水素ガス加熱器76と第2燃料ガス供給ライン74bとの合流点75との間には、第1燃料ガス供給ライン74aにおいて炭化水素ガスG_cを遮断するための遮断弁78、及び、第1燃料ガス供給ライン74aにおける炭化水素ガスG_cの流量を調整するための流量調整弁79が設けられている。

[0031] 炭化水素ガス加熱器76は、第1熱媒体M1との熱交換によって、第1燃料ガス供給ライン74aを流れる炭化水素ガスG_cを加熱するための構成である。第1熱媒体M1は、第1熱媒体供給ライン80を介して供給される。本実施形態では、第1熱媒体供給ライン80は、排熱回収ボイラ20のうち中圧節炭器24と中圧ドラム48とを接続する蒸気ラインから分岐する高圧給水ライン80aと、排熱回収ボイラ20のうち高圧二次節炭器27と高圧ドラム47とを接続する蒸気ラインから分岐する中圧給水ライン80bとを

含む。

[0032] 高圧給水ライン 80 a からは、第 1 熱媒体 M1 として、第 1 圧力 P1 を有する高温の加熱水 M1 a（高圧給水ポンプ 45 からの給水）が供給される。中圧給水ライン 80 b からは、第 1 熱媒体 M1 として、第 1 圧力 P1 より低圧な第 2 圧力 P2 を有する高温の加熱水 M1 b（中圧給水ポンプ 46 からの給水）が供給される。高圧給水ライン 80 a は、下流側の合流部 81 において、中圧給水ライン 80 b に合流する。

[0033] 炭化水素ガス加熱器 76 は、高圧給水ライン 80 a を流れる第 1 熱媒体 M1 a との熱交換によって、炭化水素ガス Gc を加熱するための第 1 加熱器 76 a と、中圧給水ライン 80 b を流れる第 1 熱媒体 M1 b との熱交換によって、炭化水素ガス Gc を加熱するための第 2 加熱器 76 b とを含む。これにより、第 1 燃料ガス供給ライン 74 a を流れる炭化水素ガス Gc は、第 1 加熱器 76 a において高圧給水ライン 80 a を流れる第 1 熱媒体 M との熱交換によって加熱されるとともに、第 2 加熱器 76 b において中圧給水ライン 80 b を流れる第 1 熱媒体 M1 b との熱交換によって更に加熱されることで、効果的に昇温される。

[0034] 尚、高圧給水ライン 80 a のうち第 1 加熱器 76 a より上流側には、第 1 熱媒体 M1 a の流量を調整するための流量調整弁 82 が設けられる。また高圧給水ライン 80 a のうち第 1 加熱器 76 a と合流部 81 との間には、当該区間を流れる第 1 熱媒体 M1 a を遮断するための遮断弁 83、及び、当該区間を流れる第 1 熱媒体 M1 a の流量を調整するための流量調整弁 84 が設けられる。また中圧給水ライン 80 b のうち合流部 81 と第 2 加熱器 76 b との間には、当該区間を流れる第 1 熱媒体 M1 b の流量を調整するための流量調整弁 85 が設けられる。またまた中圧給水ライン 80 b のうち第 1 加熱器 76 b より上流側又は下流側のいずれかには、当該区画を流れる第 1 熱媒体 M1 b を遮断するための遮断弁 86、及び、当該区間を流れる第 1 熱媒体 M1 b の流量を調整するための流量調整弁 87 が設けられる。

[0035] ここで図 3 A は図 2 の炭化水素ガス加熱器 76 を模式的に示す斜視透過図

である。炭化水素ガス加熱器 7 6 は、シェル 7 7 と、伝熱管 7 9 とを備えるシェルアンドチューブ構造を有する熱交換器である。

[0036] シェル 7 7 は中空構造を有しており、その内部には、第 1 燃料ガス供給ライン 7 4 a から加熱対象である炭化水素ガス G c が導入される。伝熱管 7 9 はシェル 7 7 を貫通して内部に収容されており、第 1 熱媒体供給ライン 8 0 から第 1 熱媒体 M 1 が導入されることにより、シェル 7 7 の内部において熱交換によって炭化水素ガス G c を加熱する。このような構成を有する炭化水素ガス加熱器 7 6 は、第 1 熱媒体 M 1 が流れる伝熱管 7 9 をステンレス材で構成する一方で、伝熱管 7 9 の外側にあるシェル 7 7 を比較的安価な炭素鋼材で構成することで、コスト削減が可能である（すなわち、炭化水素ガス加熱器 7 6 では、ステンレス材を含むシェル 7 7 と炭素鋼材を含む伝熱管 7 9 とを備えるため、異なる材同士が互いに接合された接合部 7 3 を有する）。

[0037] 水素含有ガス加熱器 8 8 は、第 2 熱媒体 M 2 との熱交換によって、第 2 燃料ガス供給ライン 7 4 b を流れる水素含有ガス G h を加熱するための構成である。第 2 熱媒体 M 2 は、第 1 熱媒体供給ライン 8 0 から分岐した第 2 熱媒体供給ライン 8 9 を介して供給される。本実施形態では、第 2 熱媒体供給ライン 8 9 は、第 1 熱媒体供給ライン 8 0 のうち高圧給水ライン 8 0 a（特に流量調整弁 8 2 と第 1 加熱器 7 6 a との間に設けられた分岐点 9 2）から分岐することにより、第 2 熱媒体 M 2 として、高圧な第 1 熱媒体 M 1 a（高圧給水ポンプ 4 5 からの給水）の一部が用いられるようになっている。

[0038] 尚、第 2 燃料ガス供給ライン 7 4 b には、水素含有ガス G h を遮断するための遮断弁 9 0 と、水素含有ガス G h の流量を調整するための流量調整弁 9 1 とが設けられている。また第 2 熱媒体供給ライン 8 9 のうち分岐点 9 2 と水素含有ガス加熱器 8 8 との間には、当該区画における第 2 熱媒体 M 2 の流量を調整するための流量調整弁 9 3 が設けられる。また第 2 熱媒体供給ライン 8 9 のうち水素含有ガス加熱器 8 8 より上流側又は下流側のいずれかには、当該区画において第 2 熱媒体 M 2 を遮断するための遮断弁 9 4 が設けられるとともに、当該区画における第 2 熱媒体 M 2 の流量を調整するための流量

調整 9 5 が設けられる。

- [0039] 尚、第 2 熱媒体供給ライン 8 9 は、下流側において第 1 熱媒体供給ライン 8 0（中圧給水ライン 9 0 b）と合流することにより、熱交換後の第 1 熱媒体 M 1 及び第 2 熱媒体 M 2 は復水供給ライン 6 2 に戻される（図 1 を参照）。
- [0040] ここで図 3 B は図 2 の水素含有ガス加熱器 8 8 を模式的に示す斜視透過図である。水素含有ガス加熱器 8 8 は、シェル 9 6 と、伝熱管 9 7 とを備え、前述の炭化水素ガス加熱器 7 6 と同様にシェルアンドチューブ構造を有する熱交換器である。
- [0041] シェル 9 6 は中空構造を有しており、その内部には、第 2 燃料ガス供給ライン 7 4 b から加熱対象である水素含有ガス G h が導入される。伝熱管 9 7 はシェル 9 6 を貫通して内部に収容されており、第 2 熱媒体供給ライン 8 9 から第 2 熱媒体 M 2 が導入されることにより、シェル 9 6 の内部において熱交換によって水素含有ガス G h を加熱する。このような構成を有する水素含有ガス加熱器 8 8 は、第 2 熱媒体 M 2 が流れる伝熱管 9 7 と、伝熱管 9 7 の外側にあるシェル 9 6 との両方がともにステンレス材で構成される。これにより、シェル 9 6 と伝熱管 9 7 との接合部 9 8 は同材同士となるため、水素脆性や腐食の観点から優れた耐性を有する。
- [0042] 以上説明したように、上記実施形態では、ガスタービン 1 0 の燃焼器 1 2 には、燃料ガス F として、炭化水素ガス G c 及び水素含有ガス C h が第 1 燃料供給ライン 7 4 a 及び第 2 燃料供給ライン 7 4 b を介して供給される。第 1 燃料供給ライン 7 4 a 及び第 2 燃料供給ライン 7 4 b には、炭化水素ガス G c 及び水素含有ガス G h を加熱するための炭化水素ガス加熱器 7 6 及び水素含有ガス加熱器 8 8 がそれぞれ設けられることで、炭化水素ガス G c 及び水素含有ガス G h を熱媒体との熱交換によって加熱可能である。
- [0043] このように水素含有ガス G h を加熱するための構成と、炭化水素ガス G c を加熱するための構成とを分けて構成することで、装置全体を水素脆性や腐食を考慮して設計する場合に比べて、全体としてコストダウンが可能である。

。特に、図3 A及び図3 Bに示すように、水素脆性や腐食への耐性が求められない炭化水素ガス加熱器76については少なくとも一部を比較的安価な炭素鋼材を含んで構成することでコストダウンを図りつつ、水素含有ガスを取り扱う水素含有ガス加熱器88については全体をステンレス材で構成することで水素脆性や腐食への良好な耐性を得ることができる。

[0044] その他、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記した実施形態を適宜組み合わせてもよい。

[0045] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

[0046] (1) 一態様に係る燃料ガス加熱装置は、

ガスタービンに供給される燃料ガスを加熱するための燃料ガス加熱装置であって、

前記燃料ガスとして、炭化水素ガスを前記ガスタービンに供給するための第1燃料供給ラインと、

前記第1燃料供給ラインと合流し、前記燃料として、水素含有ガスを前記ガスタービンに供給するための第2燃料供給ラインと、

前記第1燃料供給ラインのうち前記第2燃料供給ラインとの合流点より上流側に設けられ、前記炭化水素ガスを加熱するための炭化水素ガス加熱器と、

前記第2燃料供給ラインのうち前記合流点より上流側に設けられ、前記水素含有ガスを加熱するための水素含有ガス加熱器と、

前記炭化水素ガス加熱器に、前記炭化水素ガスと熱交換するための第1熱媒体を供給するための第1熱媒体供給ラインと、

前記第1熱媒体供給ラインから分岐し、前記水素含有ガス加熱器に、前記水素含有ガスと熱交換するための第2熱媒体として、前記第1熱媒体の少なくとも一部を供給するための第2熱媒体供給ラインと、
を備える。

[0047] 上記(1)の態様によれば、ガスタービンには、燃料ガスとして、炭化水

素ガス及び水素含有ガスが第1燃料供給ライン及び前記第2燃料供給ラインを介して供給される。第1燃料供給ライン及び第2燃料供給ラインには、炭化水素ガス及び水素含有ガスを加熱するための加熱器がそれぞれ設けられることで、炭化水素ガス及び水素含有ガスを熱媒体との熱交換によって加熱可能である。このように水素含有ガスを加熱するための構成を、炭化水素ガスを加熱するための構成と分けて設けることで、装置全体を水素脆性や腐食を考慮して設計し直す必要がなくなる。その結果、コストを抑えつつ、炭化水素ガス及び水素含有ガスをそれぞれ別のラインで加熱可能な燃料ガス加熱装置を提供できる。

[0048] (2) 他の態様では、上記(1)の態様において、

前記水素含有ガス加熱器は、前記第2燃料供給ラインとともにステンレスで構成される。

[0049] 上記(2)の態様によれば、水素含有ガスを加熱するための水素含有ガス加熱器は、第2燃料供給ラインとともにステンレス材で構成される。これにより、水素脆性や腐食性の観点から弱くなる異なる材間の接合部が水素含有ガスに曝されることがなくなる。

[0050] (3) 他の態様では、上記(1)又は(2)の態様において、

前記第1熱媒体供給ラインは、

第1圧力を有する前記第1熱媒体を供給するための高圧ラインと、

前記第1圧力より低い第2圧力を有する前記第1熱媒体を供給するための中圧ラインと、

を含み、

前記第2熱媒体供給ラインは、前記第1熱媒体供給ラインのうち前記高圧ラインから分岐する。

[0051] 上記(3)の態様によれば、比較的圧力が高い高圧ラインから供給される第1熱媒体を用いて、水素含有ガスの加熱が行われる。水素含有ガスは炭化水素ガスに比べて比熱が大きいいため、より高温高圧である高圧ラインからの第1熱媒体と熱交換を行うことにより、効率的に加熱できる。

- [0052] (4) 他の態様では、上記(3)の態様において、
前記炭化水素ガス加熱器は、
前記高圧ラインを流れる前記第1熱媒体との熱交換によって、前記炭化水素ガスを加熱するための第1加熱器と、
前記中圧ラインを流れる前記第1熱媒体との熱交換によって、前記炭化水素ガスを加熱するための第2加熱器と、
を含む。
- [0053] 上記(4)の態様によれば、燃料ガスのうち炭化水素ガスは、高圧ラインを流れる第1熱媒体と熱交換可能な第1加熱器と、中圧ラインを流れる第1熱媒体と熱交換可能な第2加熱器とによって多段的に加熱されることにより、効果的に昇温できる。
- [0054] (5) 他の態様では、上記(1)から(4)のいずれか一態様において、
前記第1燃料供給ライン及び前記第2燃料供給ラインは、上流側にある燃料供給ラインから互いに分岐し、
前記燃料供給ラインには、前記燃料ガスとして、前記炭化水素ガス及び前記水素含有ガスを切り替えるための切替弁が設けられる。
- [0055] 上記(5)の態様によれば、ガスタービンには、切替弁（例えば上記実施形態における遮断弁78又は遮断弁90）の切替状態に応じて、炭化水素ガス又は水素含有ガスのいずれか一方が燃料ガスとして供給される。本構成では、このようにガスタービンに供給される炭化水素ガス又は水素含有ガスを、コストを抑えた構成で効果的に加熱できる。
- [0056] (6) 他の態様では、上記(1)から(5)のいずれか一態様において、
前記第1熱媒体及び前記第2熱媒体は、前記ガスタービンから回収された排熱で加熱された加熱水である。
- [0057] 上記(6)の態様によれば、ガスタービンから回収された排熱（例えば、排熱回収ボイラによってガスタービンの排ガスから回収された熱量）を用いて生成された加熱水が、各燃料ガスを加熱するための熱媒体として利用される。このようにシステム内で回収された熱エネルギーを有効利用することで、

良好なエネルギー効率を得られる。

[0058] (7) 他の態様では、上記(1)から(6)のいずれか一態様において、

前記炭化水素ガスは天然ガスであり、

前記水素含有ガスは水素含有率が50mol%以上である。

[0059] 上記(7)の態様によれば、炭化水素ガスとして天然ガスを用いるとともに、水素含有ガスとして水素含有率が50mol%以上の水素ガスが用いられるガスタービンにおいて、ガスタービンに供給される燃料を好適に加熱できる。

尚、天然ガスは水素含有ガスに比べて水素含有率が低い燃料ガスであり、水素含有率が0%でもよい。また水素含有ガスは天然ガスより少なくとも水素含有率が高い燃料ガスであり、好ましくは、水素含有率は50mol%以上である。

[0060] (8) 一態様に係るコンバインドサイクルプラントは、

上記(1)から(7)のいずれか一態様に係る燃料ガス加熱装置によって加熱される前記燃料ガスが供給される前記ガスタービンを備える。

[0061] 上記(8)の態様によれば、コンバインドサイクルプラントが備えるガスタービンに供給される燃料ガスとして、炭化水素ガス及び水素含有ガスを用いる場合に、前述の各態様に係る燃料ガス加熱装置によって燃料ガスを好適に加熱できる。

符号の説明

[0062] 1 コンバインドサイクルプラント

10 ガスタービン

11 圧縮機

12 燃焼器

15 タービン

19 ガスタービンロータ

20 排熱回収ボイラ

21 低圧節炭器

- 2 2 低圧蒸発器
- 2 3 高圧一次節炭器
- 2 4 中圧節炭器
- 2 5 中圧蒸発器
- 2 6 低圧過熱器
- 2 7 高圧二次節炭器
- 2 8 中圧過熱器
- 2 9 高圧蒸発器
- 3 0 高圧一次過熱器
- 3 1 一次再熱器
- 3 2 二次再熱器
- 3 3 高圧二次過熱器
- 3 4 煙突
- 4 0 復水器
- 4 1 補給水供給ライン
- 4 2 補給水タンク
- 4 3 補給水供給ポンプ
- 4 4 低圧ドラム
- 4 7 高圧ドラム
- 4 8 中圧ドラム
- 4 9 a、4 9 b 減温器
- 6 0 蒸気タービン
- 6 1 蒸気タービンロータ
- 6 2 復水供給ライン
- 6 3 低圧給水ポンプ
- 6 4 減温器
- 7 0 燃料供給系統
- 7 2 a 第 1 燃料供給源

- 7 2 b 第 2 燃料供給源
- 7 4 a 第 1 燃料ガス供給ライン
- 7 4 b 第 2 燃料ガス供給ライン
- 7 4 c 燃料ガス供給ライン
- 7 5 合流点
- 8 0 第 1 熱媒体供給ライン
- 8 0 a 高圧給水ライン
- 8 0 b 中圧給水ライン
- 7 6 炭化水素ガス加熱器
- 7 6 a 第 1 加熱器
- 7 6 b 第 2 加熱器
- 8 8 水素含有ガス加熱器
- 8 9 第 2 熱媒体供給ライン
- 9 2 分岐点
- 1 0 0 燃料ガス加熱装置
- G c 炭化水素ガス
- G h 水素含有ガス
- F 燃料ガス

請求の範囲

- [請求項1] ガスタービンに供給される燃料ガスを加熱するための燃料ガス加熱装置であって、
- 前記燃料ガスとして、炭化水素ガスを前記ガスタービンに供給するための第1燃料供給ラインと、
- 前記第1燃料供給ラインと合流し、前記燃料として、水素含有ガスを前記ガスタービンに供給するための第2燃料供給ラインと、
- 前記第1燃料供給ラインのうち前記第2燃料供給ラインとの合流点より上流側に設けられ、前記炭化水素ガスを加熱するための炭化水素ガス加熱器と、
- 前記第2燃料供給ラインのうち前記合流点より上流側に設けられ、前記水素含有ガスを加熱するための水素含有ガス加熱器と、
- 前記炭化水素ガス加熱器に、前記炭化水素ガスと熱交換するための第1熱媒体を供給するための第1熱媒体供給ラインと、
- 前記第1熱媒体供給ラインから分岐し、前記水素含有ガス加熱器に、前記水素含有ガスと熱交換するための第2熱媒体として、前記第1熱媒体の少なくとも一部を供給するための第2熱媒体供給ラインと、
- を備える、燃料ガス加熱装置。
- [請求項2] 前記水素含有ガス加熱器は、前記第2燃料供給ラインとともにステンレスで構成される、請求項1に記載の燃料ガス加熱装置。
- [請求項3] 前記第1熱媒体供給ラインは、
- 第1圧力を有する前記第1熱媒体を供給するための高圧ラインと、
- 前記第1圧力より低い第2圧力を有する前記第1熱媒体を供給するための中圧ラインと、
- を含み、
- 前記第2熱媒体供給ラインは、前記第1熱媒体供給ラインのうち前記高圧ラインから分岐する、請求項1又は2に記載の燃料ガス加熱装置。

- [請求項4] 前記炭化水素ガス加熱器は、
前記高圧ラインを流れる前記第1熱媒体との熱交換によって、前記炭化水素ガスを加熱するための第1加熱器と、
前記中圧ラインを流れる前記第1熱媒体との熱交換によって、前記炭化水素ガスを加熱するための第2加熱器と、
を含む、請求項3に記載の燃料ガス加熱装置。
- [請求項5] 前記第1燃料供給ライン及び前記第2燃料供給ラインは、上流側にある燃料供給ラインから互いに分岐し、
前記燃料供給ラインには、前記燃料ガスとして、前記炭化水素ガス及び前記水素含有ガスを切り替えるための切替弁が設けられる、請求項1又は2に記載の燃料ガス加熱装置。
- [請求項6] 前記第1熱媒体及び前記第2熱媒体は、前記ガスタービンから回収された排熱で加熱された加熱水である、請求項1又は2に記載の燃料ガス加熱装置。
- [請求項7] 前記炭化水素ガスは天然ガスであり、
前記水素含有ガスは水素含有率が50mol%以上である、請求項1又は2に記載の燃料ガス加熱装置。
- [請求項8] 請求項1又は2に記載の燃料ガス加熱装置によって加熱される前記燃料ガスが供給される前記ガスタービンを備える、コンバインドサイクルプラント。