

明 細 書

発明の名称：超臨界流体によるガス化装置

技術分野

[0001] 本発明は、ガス化原料を加熱及び加圧して超臨界状態の流体とし、ガス化原料を分解処理して燃料ガスを得るガス化装置に関する。

背景技術

[0002] 超臨界状態でガス化原料を分解処理して燃料ガスを得るガス化装置が知られている。例えば、特許文献1には、非金属系触媒を含んだバイオマスのスラリー体を温度374℃以上、圧力22.1MPa以上の条件下で水熱処理し、生成された生成ガスを利用して発電装置で発電し、発電装置からの排熱を利用してスラリー体を加熱するバイオマスガス化発電システムが記載されている。

[0003] また、特許文献2には、バイオマスをガス化して圧縮し、圧縮したバイオマスガスを触媒が充填された液体燃料反応槽に供給し、廃熱を利用して液体燃料を合成する技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-246343号公報

特許文献2：特開2010-174153号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1のシステムにおいて、ガス化処理を行った後の処理後流体は、二重管式熱交換器でスラリー体と熱交換される。これにより、処理後流体は、超臨界状態から亜臨界状態になり、気液混合状態から気液二相流へと変化する。

[0006] この気液二相流は、気体（燃料ガス等）と液体とが2：8程度の体積比で上下に分離することから、処理後流体が有するエネルギーが有効に活用され

ていなかった。例えば、気体は、圧力のエネルギーを有しており、かつ、燃料としても使用できるにもかかわらず、熱交換に使用されることから、熱交換効率の低下を生じさせていた。

[0007] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、処理後流体が有するエネルギーを有効活用することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 前述の目的を達成するため、本発明は、ガス化原料を加熱及び加圧して超臨界状態とし、前記ガス化原料を分解処理して燃料ガスを得るガス化装置であって、前記ガス化原料を低温側流路に導入し、超臨界状態の処理後流体を高温側流路に導入することで、前記ガス化原料と前記処理後流体との間で熱交換を行わせる熱交換器と、熱交換によって亜臨界状態となった前記処理後流体を前記高温側流路から取り出して気液分離し、分離された液体を前記高温側流路に戻す気液分離器と、前記気液分離器で分離された燃料ガスから液体燃料を合成する合成装置と、を有することを特徴とする。

[0009] 本発明によれば、亜臨界状態の処理後流体が、高温側流路から取り出されて気液分離される。そして、気液分離後の燃料ガスから液体燃料が生成されるので、燃料ガスが持っているエネルギーを有効に活用できる。また、気液分離後の液体が高温側流路に戻されるので、戻された液体によってガス化原料との熱交換効率を高めることができる。

[0010] 前述のガス化装置において、前記合成装置は、燃料ガスに含まれる一酸化炭素と水素を高圧下で触媒反応させてメタノールを生成することが好ましい。この構成では、気液分離後の燃料ガスが高圧状態にあることから、メタノールの生成に際して燃料ガスの圧縮を省略することができる。これにより、メタノールの生成を効率化できる。

[0011] 前述のガス化装置において、前記液体燃料の生成に使用されなかった前記燃料ガスを、前記熱交換器で熱交換された後の前記ガス化原料の加熱に使用することが好ましい。この構成では、残った燃料ガスでガス化原料を加熱しているので、燃料ガスが持っているエネルギーを一層有効に活用できる。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、ガス化原料を加熱及び加圧して超臨界状態の流体とし、ガス化原料を分解処理して燃料ガスを得るガス化装置において、処理後流体が有するエネルギーを有効活用することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]超臨界ガス化装置の構成を説明する図である。

[図2]気液分離器の構成を説明する図である。

[図3]二重管式熱交換器における気液分離前後の状態を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施形態について説明する。

[0015] まず、図1を参照し、超臨界ガス化装置の全体構成を説明する。例示した超臨界ガス化装置は、原料調整部10、原料供給部20、熱交換部30、ガス化处理部40、及び、液体燃料生成部50を有している。

[0016] この超臨界ガス化装置では、原料調整部10で調整された原料スラリーを、原料供給部20によって熱交換部30が有する熱交換器31の低温側流路31aへ高圧で送出する。そして、熱交換部30で加熱された原料スラリーを、ガス化处理部40でさらに加熱して超臨界状態にする。これにより、原料スラリーに含まれる有機物が分解処理され、水素、メタン、エタン、エチレン、一酸化炭素等を含んだ燃料ガスが生成される。

[0017] 超臨界状態の処理後流体は、熱交換器31の高温側流路31bに導入され、原料スラリーとの間で熱交換される。この熱交換によって処理後流体が亜臨界状態になり、気液二相流へと変化する。そこで、高温側流路31bの途中で、亜臨界状態の処理後流体を熱交換器31から取り出し、液体燃料生成部50で気液分離する。そして、気液分離後の液体を熱交換器31の高温側流路31bに戻し、原料スラリーとの熱交換に使用する。一方、気液分離後の気体（燃料ガス）については、液体燃料を生成してガス化处理部40の燃料としても用いる。

[0018] 以下、超臨界ガス化装置の各部について説明する。

- [0019] 原料調整部 10 は、ガス化原料等から原料スラリーを調整する部分であり、調整タンク 11 と破砕機 12 とを有している。
- [0020] 調整タンク 11 は、ガス化原料、活性炭、水などを混合して懸濁液を作製する容器であり、図示しない攪拌翼が設けられている。ガス化原料としては、例えば、焼酎残渣、採卵鶏糞、汚泥を用いることができる。活性炭は、非金属系触媒として機能するものであり、平均粒径 $200\ \mu\text{m}$ 以下の多孔質の粒子を用いることができる。
- [0021] 破砕機 12 は、調整タンク 11 で混合された懸濁液に含まれる固形分（主にガス化原料）を破砕し、均一な大きさにするための装置である。本実施形態では、固形分の平均粒径が $500\ \mu\text{m}$ 以下になるように破砕を行っている。破砕機 12 による破砕により、懸濁液は原料スラリーになる。
- [0022] 原料供給部 20 は、原料スラリーを高圧で送出する部分であり、供給ポンプ 21 と高圧ポンプ 22 とを有している。供給ポンプ 21 は、破砕機 12 から送出された原料スラリーを、高圧ポンプ 22 に向けて供給するための装置である。高圧ポンプ 22 は、原料スラリーを高圧で送出するための装置である。この高圧ポンプ 22 により、原料スラリーは $0.1\sim 4\ \text{MPa}$ 程度まで加圧される。
- [0023] 熱交換部 30 は、原料供給部 20 から供給された原料スラリーと、ガス化処理部 40 で分解処理された後の処理後流体との間で熱交換を行わせることで、原料スラリーを加熱するとともに処理後流体を冷却する部分である。この熱交換部 30 は、熱交換器 31 と、減圧機構 32 と、クーラー 33 とを有している。
- [0024] 熱交換器 31 は、原料スラリーと処理後流体との間で熱交換を行わせる装置であり、二重管式のものが用いられている。そして、内側流路を原料スラリーが流れる低温側流路 31a として用い、外側流路を処理後流体が流れる高温側流路 31b として用いている。本実施形態において、処理後流体の導入温度は 600°C 程度とされ、排出温度が 120°C 程度とされている。一方、原料スラリーの導入温度は常温とされ、排出温度が約 450°C とされてい

る。なお、熱交換器 3 1 については後で説明する。

[0025] 減圧機構 3 2 は、熱交換器 3 1 から排出された処理後流体を減圧する装置であり、クーラー 3 3 は、減圧機構 3 2 から排出された処理後流体を冷却する装置である。これらの減圧機構 3 2 とクーラー 3 3 により、クーラー 3 3 から排出される処理後流体（排水、活性炭、及び灰分の混合物）は、常圧常温程度まで減圧及び冷却される。

[0026] ガス化処理部 4 0 は、熱交換器 3 1 で加熱された原料スラリーを超臨界状態まで加熱及び加圧し、原料スラリーに含まれる有機物を分解する部分であり、予熱器 4 1 とガス化反応器 4 2 を有している。予熱器 4 1 は、熱交換器 3 1 から排出された原料スラリーを予熱する装置であり、本実施形態では約 4 5 0℃で導入された原料スラリーを約 6 0 0℃まで加熱している。ガス化反応器 4 2 は、原料スラリーを超臨界状態に維持して原料スラリーに含まれる有機物を分解する装置である。本実施形態では温度を 6 0 0℃、圧力を 2 5 M P a に定め、1～2 分間に亘って原料スラリーの分解処理を行っている。

[0027] 液体燃料生成部 5 0 は、処理後流体から燃料ガスを回収し、液体燃料（本実施形態ではメタノール）を生成するとともに、残りの燃料ガスをガス化処理部 4 0 の燃料としても用いる。この液体燃料生成部 5 0 は、気液分離器 5 1、合成装置 5 2、減温機 5 3、減圧機構 5 4、及び、ガスタンク 5 5 を有している。

[0028] 気液分離器 5 1 は、熱交換器 3 1 が備える高温側流路 3 1 b（外側流路）の途中から取り出された亜臨界状態の処理後流体を、気体（燃料ガス）と液体（排水、活性炭、灰分）とに分離する部分である。そして、分離後の液体は熱交換器 3 1 の高温側流路 3 1 b に戻され、分離後の気体は合成装置 5 2 に供給される。なお、気液分離器 5 1 については後で説明する。

[0029] 合成装置 5 2 は、分離後の気体（燃料ガス）から液体燃料を合成する部分であり、この気体に含まれる一酸化炭素と水素を使って液体燃料の一種であるメタノールを合成する。本実施形態では、気液分離器 5 1 から温度が 3 0

0℃程度、圧力が25 MPa程度の燃料ガスが排出されるので、合成装置52では、温度と圧力はそのまま酸化亜鉛－クロム酸触媒の下で触媒反応させる。減温機53は、合成装置52から排出された反応物の温度を下げ、液状化させる部分である。減温機53で温度が下げられて液状化された反応物は、メタノール（液体燃料）として回収される。

[0030] 減圧機構54は、合成装置52から排出された気体を減圧する装置である。すなわち、液体燃料の生成に使用されなかった燃料ガスについて、その圧力を低減させる装置である。ガスタンク55は、減圧機構54で減圧された燃料ガスを貯留する容器である。そして、ガスタンク55に貯留された燃料ガスは、ガス化処理部40が有する予熱器41及びガス化反応器42の燃料の一部として供給される。

[0031] 次に、熱交換器31や気液分離器51による、処理後流体からの燃料ガスの取り出しについて説明する。

[0032] 熱交換器31は、高温側部分31Hと低温側部分31Lとに分かれて構成されている。高温側部分31Hは、高温高圧状態（本実施形態では600℃，25 MPa）の処理後流体が導入され、低温側部分31Lから排出された原料スラリーと熱交換を行わせる。一方、低温側部分31Lは、高圧ポンプ22で加圧された常温の原料スラリーが導入され、気液分離後の処理後流体（液体部分）と熱交換を行わせる。

[0033] 高温側部分31Hで熱交換された処理後流体は、高い圧力を維持したまま温度が下がって亜臨界状態となる。例えば、25 MPaの圧力を維持したまま温度が300℃程度まで下がる。温度が下がることで、処理後流体は亜臨界状態になって気液二相流へと変化する。そこで、前述したように、亜臨界状態の処理後流体を熱交換器31から取り出し、気液分離器51で気液分離する。

[0034] 図2は、気液分離器51の縦断面図である。例示した気液分離器51は、上端部51aと下端部51bがそれぞれ半球状であり、中間部51cが円筒状をした密閉容器である。中間部51cの側面には、流体導入部51dと液

体排出部 5 1 e が設けられている。また、上端部 5 1 a には気体排出部 5 1 f が設けられ、下端部 5 1 b にはドレン 5 1 g が設けられている。

[0035] 流体導入部 5 1 d は、気液分離器 5 1 の内外を連通する管状部材である。流体導入部 5 1 d の外側端部は、配管 3 1 c（図 1 参照）を通じて、高温側部分 3 1 H が備える高温側流路 3 1 b に接続されている。液体排出部 5 1 e もまた、気液分離器 5 1 の内外を連通する管状部材である。液体排出部 5 1 e の外側端部は、配管 3 1 d（図 1 参照）を通じて、低温側部分 3 1 L が備える高温側流路 3 1 b に接続されている。

[0036] 気体排出部 5 1 f は、基端が気液分離器 5 1 の内部空間に連通された配管によって構成されており、その先端には開閉バルブ 5 1 h が設けられている。この気体排出部 5 1 f は、配管を通じて流量調節機構に連通されている。ドレン 5 1 g もまた基端が気液分離器 5 1 の内部空間に連通された配管によって構成されており、その先端部にはドレンバルブ 5 1 i が設けられている。

[0037] この気液分離器 5 1 において、高温側部分 3 1 H から排出された処理後流体（気液二相流）は、気液分離器 5 1 の内部空間に流入される。この内部空間で、処理後流体は、液体部分（活性炭、水、灰分、タール）と気体部分（燃料ガス）とに分離される。そして、気体部分は上昇し、上端部 5 1 a から気体排出部 5 1 f へ流入する。その後、燃料ガスは合成装置 5 2 へ供給される。なお、気液分離器 5 1 では圧力の調整を行っていない。このため、合成装置 5 2 には、25 MPa 程度の高圧とされた燃料ガスが供給される。

[0038] このため、合成装置 5 2 では、燃料ガスを圧縮することなくメタノールの合成に用いることができる。また、前述したように、燃料ガスの温度は 300℃前後であることから、燃料ガスを加熱することなくメタノールの合成に用いることができる。ここで、ガスの圧縮や加熱を外部から行う場合、多くのエネルギーを必要とすることが知られている。この点、本実施形態の超臨界ガス化装置では、気液分離器 5 1 から排出された燃料ガスが、メタノールの合成に適した温度や圧力になっていることから、少ないエネルギーでメタ

ノールを合成できる。

[0039] 一方、分離後の液体部分は、気液分離器 5 1 の内部空間を下側から満たし、液体排出部 5 1 e から排出される。なお、液体部分にはタールも含まれるが、タールは水や活性炭、灰分に比べて比重が高いことから沈殿し、内部空間の下端部 5 1 b に溜まる。このため、ドレンバルブ 5 1 i を開放することで、気液分離器 5 1 に貯留されたタールを回収することができる。

[0040] このように、液体排出部 5 1 e からは、燃料ガスやタールが除去された液体部分が排出される。便宜上、以下の説明では、燃料ガスやタールが除去された液体部分のことを、気液分離器 5 1 から排出された処理後流体ということにする。この処理後流体は、熱交換器 3 1 の低温側部分 3 1 L で原料スラリーの加熱に使用される。

[0041] ここで、図 3 (a) に示すように、熱交換器 3 1 の高温側部分 3 1 H において、亜臨界状態の処理後流体は、気体が外側流路の上部に集まっており、原料スラリーとの間で熱交換効率が損なわれていた。一方、気液分離器 5 1 から排出された処理後流体は、気体が除去されている。このため、図 3 (b) に示すように、この処理後流体は高温側流路 3 1 b の全体を満たし、低温側流路 3 1 a を流れる原料スラリーとの間で高い熱交換効率が得られる。これにより、熱交換器 3 1 の低温側部分 3 1 L において、原料スラリーを効率よく加熱できる。

[0042] 以上の説明から明らかなように、本実施形態の超臨界ガス化装置では、亜臨界状態の処理後流体が、高温側部分 3 1 H が備える高温側流路 3 1 b から取り出されて気液分離される。そして、気液分離された高圧の燃料ガスから液体燃料（メタノール）が生成されるので、燃料ガスを新たなエネルギーとして有効に活用できる。さらに、液体燃料の生成に使用されなかった燃料ガスについては、ガス化処理部 4 0 の燃料として有効に活用できる。

[0043] また、気液分離後の処理後流体が、低温側部分 3 1 L が備える高温側流路 3 1 b に戻されるので、戻された処理後流体と原料スラリーとの間の熱交換効率を高めることができる。さらに、気液分離の過程でタールを除去できる

ので、タールによる熱交換器 31 の目詰まりも抑制できる。

[0044] 以上の実施形態の説明は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明はその趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に本発明にはその等価物が含まれる。例えば、前述の実施形態では、液体燃料生成部 50 に生成させる液体燃料としてメタノールを例示したが、他の種類の液体燃料を生成させてもよい。

符号の説明

[0045] 10…原料調整部, 11…調整タンク, 12…破碎機, 20…原料供給部, 21…供給ポンプ, 22…高圧ポンプ, 30…熱交換部, 31…熱交換器, 31H…高温側部分, 31L…低温側部分, 31a…低温側流路, 31b…高温側流路, 32…減圧機構, 33…クーラー, 40…ガス化处理部, 41…予熱器, 42…ガス化反応器, 50…液体燃料生成部, 51…気液分離器, 51a…気液分離器の上端部, 51b…気液分離器の下端部, 51c…気液分離器の中間部, 51d…流体導入部, 51e…液体排出部, 51f…気体排出部, 51g…ドレン, 51h…気体排出部の開閉バルブ, 51i…ドレンバルブ, 52…合成装置, 53…減温機, 54…減圧機構, 55…ガスタンク

請求の範囲

- [請求項1] ガス化原料を加熱及び加圧して超臨界状態とし、前記ガス化原料を分解処理して燃料ガスを得るガス化装置であって、
- 前記ガス化原料を低温側流路に導入し、超臨界状態の処理後流体を高温側流路に導入することで、前記ガス化原料と前記処理後流体との間で熱交換を行わせる熱交換器と、
- 熱交換によって亜臨界状態となった前記処理後流体を前記高温側流路から取り出して気液分離し、分離された液体を前記高温側流路に戻す気液分離器と、
- 前記気液分離器で分離された燃料ガスから液体燃料を合成する合成装置と、
- を有することを特徴とするガス化装置。
- [請求項2] 前記合成装置は、燃料ガスに含まれる一酸化炭素と水素を高圧下で触媒反応させてメタノールを生成することを特徴とする請求項1に記載のガス化装置。
- [請求項3] 前記液体燃料の生成に使用されなかった前記燃料ガスを、前記熱交換器で熱交換された後の前記ガス化原料の加熱に使用することを特徴とする請求項1又は2に記載のガス化装置。