

明 細 書

発明の名称：水素燃料供給システム及び水素の液化方法

技術分野

[0001] 本開示は、水素燃料供給システム及び水素の液化方法に関する。

背景技術

[0002] 下記の特許文献1には、カーゴタンクから貯蔵タンクに液化ガスを受け入れる際に、冷凍機によって液化ガスをサブクール状態にまで冷却した状態で、貯蔵タンクに送液する制御装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2022/209850号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 近年、環境保護の観点から、水素燃料が注目されている。水素燃料機関に水素ガスを供給する水素燃料供給システムにおいても、余剰の水素を液化水素タンクに戻す場合に、冷凍機を用いることで余剰の水素を冷却して液化できる。ただし、容量の大きい冷凍機を用いると、水素燃料供給システムの重量、製造コスト、運用コスト、及び、サイズが大きくなり好ましくない。

[0005] 本開示は、液化水素タンクに戻す水素を液化するための冷凍機の省略、又は、小型化が可能な水素燃料供給システムを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様に係る水素燃料供給システムは、液化水素を貯蔵する液化水素タンクと、前記液化水素タンクと水素燃料機関をつなぎ前記水素燃料機関に水素ガスを供給する供給ラインと、前記供給ラインに位置し、液化水素を臨界圧以上まで加圧する加圧ポンプと、前記供給ラインの前記加圧ポンプよりも下流の部分と前記液化水素タンクをつなぐ戻りラインと、前記戻りラ

インに位置し、前記加圧ポンプによって加圧された水素のうち前記戻りラインに流入した戻り水素を逆転温度曲線付近の圧力まで減圧して昇温させる減圧昇温弁と、前記供給ライン及び前記戻りラインにまたがって位置し、前記加圧ポンプによって加圧された水素のうち前記水素燃料機関に供給する供給水素を冷媒として、前記減圧昇温弁によって昇温された戻り水素を冷却する熱交換器と、前記戻りラインに位置し、前記熱交換器を通過した戻り水素を減圧して液化水素に変化させる減圧液化弁と、を備えている。

発明の効果

[0007] 本開示の一態様に係る水素燃料供給システムによれば、液化水素タンクに戻す水素を液化するための冷凍機の省略、又は、小型化が可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、水素燃料供給システムのブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、実施形態について説明する。図1は、実施形態に係る水素燃料供給システム100のブロック図である。図1に示すように、本実施形態に係る水素燃料供給システム100は、液化水素タンク11と、供給ライン12と、加圧ポンプ13と、加熱器14と、戻りライン15と、減圧昇温弁16と、熱交換器17と、減圧液化弁18と、を備えている。以下、これらの構成要素について順に説明する。

[0010] 液化水素タンク11は、液化水素を貯蔵するタンクである。液化水素タンク11は、液化水素で満たされた液相部21と、水素ガスで満たされた気相部22とを含んでいる。液化水素タンク11では、内部圧力が上昇して許容値を超えると、気相部22から水素ガスの一部が排出される。通常、液化水素タンク11から排出された水素ガスは大気に放出されたり焼却されたりするなどして処分される。したがって、水素燃料を無駄に消費しないためにも、液化水素タンク11の内部圧力を抑えることが望ましい。

[0011] 供給ライン12は、液化水素タンク11と水素燃料機関101をつなぐ配管である。水素燃料機関101は、水素ガスを燃料とする設備であり、例え

ばガスエンジン及びボイラなどである。供給ライン 12 は、液化水素タンク 11 の液相部 21 から液化水素を取得し、取得した液化水素を水素ガスに変化させ燃料として水素燃料機関 101 に供給する。

[0012] 加圧ポンプ 13 は、供給ライン 12 に位置し、液化水素を加圧するポンプである。加圧ポンプ 13 は、液化水素タンク 11 から取得した液化水素を臨界圧以上の圧力まで加圧する。加圧ポンプ 13 は、複数のポンプで構成されていてもよく、1つのポンプのみで構成されていてもよい。例えば、加圧ポンプ 13 は、低圧ポンプと、低圧ポンプで加圧した液化水素をさらに加圧する高圧ポンプを含んでいてもよい。

[0013] 加熱器 14 は、供給ライン 12 に位置し、水素を加熱する機器である。本実施形態の加熱器 14 は、供給ライン 12 の加圧ポンプ 13 よりも下流の部分に位置している。したがって、加熱器 14 は、加圧ポンプ 13 で加圧された水素を加熱する。加熱器 14 で加熱された水素は水素燃料機関 101 に供給される。

[0014] 戻りライン 15 は、供給ライン 12 と液化水素タンク 11 をつなぐラインである。本実施形態の戻りライン 15 は、供給ライン 12 の加圧ポンプ 13 よりも下流で加熱器 14 よりも上流の部分に接続している。戻りライン 15 は、加圧ポンプ 13 によって加圧された水素のうち水素燃料機関 101 に供給されない余剰の水素を供給ライン 12 から取得し、取得した水素を液化水素に変化させて液化水素タンク 11 に戻している。

[0015] 以下では、加圧ポンプ 13 によって加圧された水素のうち、戻りライン 15 に流入して液化水素タンク 11 に戻される水素を「戻り水素」と称し、水素燃料機関 101 に供給される水素を「供給水素」と称する。つまり、加圧ポンプ 13 によって加圧された水素は、戻り水素と供給水素に分岐する。なお、戻り水素のほとんどを液化水素に変化させることができれば、液化水素タンク 11 の内部圧力を抑えることができ、ひいては水素燃料の無駄な消費を抑制することができる。また、戻りライン 15 に流入する戻り水素は、液化水素タンク 11 内の液化水素や液化ガスよりも温度は高いものの極低温（

例えば、 -200°C 以下)であり、高圧(例えば、 20MPaG 以上)である。

[0016] 減圧昇温弁16は、戻りライン15に位置し、供給ライン12から取得した戻り水素を減圧する弁である。減圧昇温弁16は、1つの弁で構成されていてもよく、複数の弁で構成されていてもよい。ここで、高圧の気体が弁によって減圧されて膨張する過程は等エンタルピー膨張であり、ジュールトムソン膨張と呼ばれている。ジュールトムソン膨張では、逆転温度曲線よりも圧力が高ければ減圧によって温度は上昇する。水素は、逆転温度曲線が天然ガスなどの他の気体よりも低温域にあるという特徴があるため、高圧極低温の水素を減圧することにより、逆転温度曲線にかかるまでは昇温し、逆転温度曲線よりも低い圧力では、液化温度まで降温できることを利用することができる。減圧昇温弁16は戻り水素を逆転温度曲線付近の圧力まで減圧することにより昇温させることができる。

[0017] 熱交換器17は、戻り水素を冷却する機器である。熱交換器17は、供給ライン12の戻りライン15が接続されている部分よりも下流で加熱器14よりも上流の部分、及び、戻りライン15の減圧昇温弁16よりも下流の部分にまたがって位置している。そして、熱交換器17は、戻り水素と供給水素を熱交換させることにより、戻り水素を冷却する。つまり、供給水素を冷媒として戻り水素を冷却する。なお、戻り水素は減圧昇温弁16によって昇温されているため、熱交換器17の入口における戻り水素の温度は供給水素の温度よりも高い。

[0018] 減圧液化弁18は、熱交換器17を通過した戻り水素を減圧して液化する弁である。減圧液化弁18は、戻りライン15の熱交換器17よりも下流の部分に位置している。減圧液化弁18は、1つの弁で構成されていてもよく、複数の弁で構成されていてもよい。本実施形態では、減圧液化弁18の入口における戻り水素の圧力は逆転温度曲線の圧力付近、もしくは、逆転温度曲線の圧力よりも低く、減圧液化弁18は戻り水素を減圧することにより降温させることができる。なお、減圧液化弁18の入口における戻り水素の圧力が逆転温度曲線の圧力よりも高い場合は、戻り水素を減圧することにより

戻り水素は一時的に昇温するが、さらに減圧することにより戻り水素を降温させることができる。

[0019] 減圧液化弁 18 によって戻り水素を減圧して降温させることにより、戻り水素は液化して液化水素に変化する。そして、熱交換器 17 を通過した戻り水素は供給水素によって冷却されているため、戻り水素は、減圧液化弁 18 による減圧によって液化する割合が大きくなる。その結果、本実施形態に係る水素燃料供給システム 100 によれば、冷凍機を用いなくとも戻り水素を液化することができる。ただし、水素燃料供給システム 100 は、戻り水素を冷却する冷凍機を備えていてもよい。この場合であっても、戻り水素は供給水素によって冷却されるため、戻り水素を液化するために容量の大きい冷凍機は不要である。よって、本実施形態に係る水素燃料供給システム 100 によれば、冷凍機の省略、又は、小型化が可能である。

[0020] <まとめ>

本明細書で開示する第 1 の項目は、液化水素を貯蔵する液化水素タンクと、前記液化水素タンクと水素燃料機関をつなぎ前記水素燃料機関に水素ガスを供給する供給ラインと、前記供給ラインに位置し、液化水素を臨界圧以上まで加圧する加圧ポンプと、前記供給ラインの前記加圧ポンプよりも下流の部分と前記液化水素タンクをつなぎ戻りラインと、前記戻りラインに位置し、前記加圧ポンプによって加圧された水素のうち前記戻りラインに流入した戻り水素を逆転温度曲線付近の圧力まで減圧して昇温させる減圧昇温弁と、前記供給ライン及び前記戻りラインにまたがって位置し、前記加圧ポンプによって加圧された水素のうち前記水素燃料機関に供給する供給水素を冷媒として、前記減圧昇温弁によって昇温された戻り水素を冷却する熱交換器と、前記戻りラインに位置し、前記熱交換器を通過した戻り水素を減圧して液化水素に変化させる減圧液化弁と、を備えている、水素燃料供給システムである。

[0021] この構成によれば、液化水素タンクに戻す水素を液化するための冷凍機の省略、又は、小型化が可能となる。

[0022] 本明細書で開示する第２の項目は、加圧された水素を第１の水素と第２の水素に分岐し、前記第１の水素を逆転温度曲線付近の圧力まで減圧して昇温させ、昇温させた前記第１の水素を前記第２の水素と熱交換させることにより冷却し、冷却した前記第１の水素をさらに減圧して液化水素に変化させる、水素の液化方法である。

[0023] なお、実施形態における「戻り水素」及び「供給水素」が、それぞれ第２の項目の「第１の水素」及び「第２の水素」に相当する。上記の方法によれば、第１の水素を液化するための冷凍機の省略、又は、小型化が可能となる。

。

請求の範囲

[請求項1]

液化水素を貯蔵する液化水素タンクと、
前記液化水素タンクと水素燃料機関をつなぎ前記水素燃料機関に水素ガスを供給する供給ラインと、
前記供給ラインに位置し、液化水素を臨界圧以上まで加圧する加圧ポンプと、
前記供給ラインの前記加圧ポンプよりも下流の部分と前記液化水素タンクをつなぐ戻りラインと、
前記戻りラインに位置し、前記加圧ポンプによって加圧された水素のうち前記戻りラインに流入した戻り水素を逆転温度曲線付近の圧力まで減圧して昇温させる減圧昇温弁と、
前記供給ライン及び前記戻りラインにまたがって位置し、前記加圧ポンプによって加圧された水素のうち前記水素燃料機関に供給する供給水素を冷媒として、前記減圧昇温弁によって昇温された戻り水素を冷却する熱交換器と、
前記戻りラインに位置し、前記熱交換器を通過した戻り水素を減圧して液化水素に変化させる減圧液化弁と、を備えている、水素燃料供給システム。

[請求項2]

加圧された水素を第1の水素と第2の水素に分岐し、前記第1の水素を逆転温度曲線付近の圧力まで減圧して昇温させ、昇温させた前記第1の水素を前記第2の水素と熱交換させることにより冷却し、冷却した前記第1の水素をさらに減圧して液化水素に変化させる、水素の液化方法。