

Heガス乾燥システムについて

琉球大学 極低温センター 宗本久弥

1. はじめに

第16回分子科学研究所技術研究会(2000年3月)では、液化・冷凍装置の水分対策に関する多数の報告があり[1]、当センターからも、水分対策が何もなくトラブル続きだった当時の状況を発表した。

しかしその直後には念願のHeガス乾燥システムが設置され、運用開始から間もなく一年になる。そこで今回は、非常によい結果の得られたこのシステムについて紹介する。

2. 方式

システム導入にあたっては、業者や他大学等[2][3]から情報を得て構成を検討した。

2.1 乾燥方法

固体の乾燥には、加熱して水分を蒸発させる方法や、真空乾燥のように雰囲気の水蒸気分圧を下げる方法がある。また気体の乾燥(水蒸気の除去)には、シリカゲルや硫酸等の乾燥剤を用いる方法や、エアコン除湿器のように冷却して結露させる方法がある。

ガス乾燥の度合は、水分含有率をppmで表すほか、大気圧での露点で示すことが多い。

Heガスの乾燥器では、乾燥剤(吸着剤)を充填した乾燥筒(吸着塔)に常温でHeガスを通し、-80 程度の露点を得る。吸着剤には活性アルミナやシリカゲルより優れた、合成ゼオライト“モレキュラーシーブ”のペレットやビーズを用いる[4]。

モレキュラーシーブには各種あり、水だけでなく様々な分子を選択的に吸着し、液体中で使用することもできる。LN₂で冷却すれば、空気分を除去するHeガス精製器を作ることできる。

吸着剤は水分で飽和しても使い捨てではなく、高温で吸着力が低下する性質を利用し(加熱脱離)、半日～一日かけて再生(吸着剤自体を乾燥)する。

乾燥器の方式には設置箇所が二通り、再生方法が二通り、再生作業が自動か手動かの別もある。

2.2 高压乾燥器

回収用圧縮機の吐出に設置し、液化機だけでなく回収ボンベ内の乾燥も保証できる。乾燥器前段の油水除去器(註)の働きと流速安定のため、保圧弁で15MPa程度の圧力を維持する。通常は再生中もガス回収を休めないで、2筒切替式で交互に吸着と再生を行う。高耐圧が必要で再生の自動化もすると、高価で大型になる。

2.3 中圧乾燥器

液化機入口に設置する。この圧力は減圧弁で

3MPa程度になっている。液化機運転が毎日であれば再生時間も確保できるので、単筒手動再生で充分であり、耐圧も高压型の数分の1で済む。圧力が高いほど吸着能力は高いが、中圧でも充分な能力がある。

2.4 真空排気再生法

乾燥筒をヒーターで加熱し、吸着剤から脱離した水分子を真空排気する。モレキュラーシーブは熱伝導が悪いので、外部からの間接加熱では筒の直径をあまり大きくできず(20cm程度まで)、また再生後は冷却に長時間を要する。

真空ポンプは多量の水蒸気を吸い込むと劣化するので、その対策が必要である。液体窒素トラップ[5]で水分流入を防ぐか、油回転ポンプの場合ガスバラスト弁開放で対応できなければ、油水分離器[6](註)で油中に凝縮した水分を除去するか、油を頻りに交換しなければならない。

2.5 窒素ガスパーズ再生法

加熱器から高温窒素ガスを乾燥筒に流し、吸着剤を直接加熱し脱離した水分子もパーズする。大量の窒素ガスを必要とする(100Nm³程度)。再生後に常温窒素ガスを流せば、冷却時間短縮も可能である。完了時に乾燥筒から窒素ガスを除去するため、真空ポンプは必要である。

3. 仕様

システム構成は費用、設置スペース、既存設備活用、取扱等を考慮して決定し、小池酸素工業製が設置された。

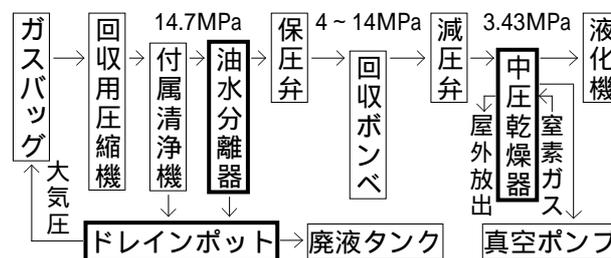


図1. Heガス乾燥システム (新設機器)

(高压乾燥器の場合は油水分離器と保圧弁の間に入る)

3.1 油水除去器

回収用圧縮機の東亜潜水機製YS-85×2台には吐出に小さな清浄器(活性炭0.3L)が付いているが、能力不足でボンベに油が入ってしまう現象[1]が当センターでも確認されていた。ドレインは自動で充分行っている。空気ポンペを充填する地元潜水

業者の話では、すぐ油臭くて呼吸できなくなってしまうそうで、液化機内部精製器のパージガスも臭かった。

まずこの対策として、付属清浄器より大型の油水除去器(註、活性炭3.1L)を設置した。圧縮機吐出を保圧弁で14.7MPaに保ち蒸気分圧を高くし、飽和して霧状になった油水を活性炭で除去する。これで露点は-40 前後になる。例えば14.7MPa、20において水蒸気が飽和しているガス(14.7MPaでの露点が20 ということ)は、大気圧での露点が-38で、159ppm(volume)の水分を含む。[7]

また清浄器と油水除去器のドレインで、Heガスを損失なく、かつ油水を飛び散らせることなくパージできるよう、ドレインポットも設けた。

3.2 乾燥器

ボンベ内は結露しない程度でよいと考え、乾燥器は中圧単筒窒素ガスパージ手動式とした。

乾燥筒は直径22cm、高さ150cm、内容積48L、常用圧力3.43MPa、 $20\text{Nm}^3 \times 50\text{h} = 1000\text{Nm}^3$ (液化量にして約1430L)の処理能力である。

再生は窒素ガス加熱器を省略し、バンドヒーター(3kW)で窒素ガス配管と筒全体を200 に同時加熱する。当センターにはフィリップスタイプの液体窒素製造装置があり、パージにはその窒素ガス発生器を利用できるので、 LN_2 を用いる場合の送

ガス蒸発器も不要である。

乾燥筒は壁際に火傷防止枠で囲み、バルブパネル、ヒーター制御盤も壁に設置した。露点計はポータブル型で汎用性を持たせ、真空ポンプは再生完了時だけ既存汎用ポンプを接続する。全体を筐体に組まず、省スペースに仕上げた。

4. 運転実績

油水除去器からは多量のドレインがあり、保圧弁の後へ油水が流出することはなくなり、液化機内部精製器に溜まる水分や異臭も解消し、トラブルから解放された。

Heガスの露点は、乾燥筒の入口で-38 (気温20程度の時季)、出口で-70 以下(測定範囲外)で、半年間(液化量5,000L)再生せずに使用しても露点は悪化せず、余裕の性能であった。

再生は、パージ用窒素ガスの露点が入口で-68、出口では開始時-20 以上(測定範囲外)、10時間で-35 まで下がり終了とし、冷却ガスは流さず吸着剤が高温のまま真空排気した。その後Heガスを入れ、夜間放置したところ翌朝には常温に戻っていた。

5. おわりに

窒素ガスは流速が大きすぎると充分加熱されず、流量が少ないとパージに長時間を要し、最適点を求めるため試行錯誤している。また一回の再生にかかる時間を短くしたければ、再生の周期を短くする必要がある。

私の当初の勘違いで、吸着剤の抵抗による液化機入口の圧力損失を懸念していたが、実際には乾燥筒が減圧弁のバッファタンクとして働き、液化機へのガス供給は安定する結果となった。

改善案としては、再生時に高温窒素ガスをそのまま屋外放出しているの、加熱前の窒素ガスと熱交換して効率をよくすることが考えられる。

また展望として、間もなく10年を迎える液化機の更新とともに、外部精製器[3]も導入したい。

註)

油から水を分離する装置を「油水分離器」、ガスから霧状の油および水を分離する装置(メイカーの小池酸素工業では油水分離器と称している)を「油水除去器」と呼んで区別している。

参考文献

- [1]技術研究会報告No.16、分子研技術課、2000年6月
- [2]広島大学低温センターだより第6号、1996年9月
- [3]低温センターだより第23号、東京大学、1997年12月
- [4]モレキュラーシーブカタログ、ユニオン昭和株式会社
- [5]真空機器総合カタログ、アネルバ株式会社
- [6]小型真空ポンプ総合カタログ、真空機工株式会社
- [7]moisture calculator, Alpha Moisture Systems

<http://www.amsystems.co.uk/>



写真1. 中圧乾燥器