

日本製鋼所における水素貯蔵技術

1. はじめに

日本製鋼所では、水素ステーションや水素評価設備向けに高圧水素を貯蔵する水素蓄圧器や、再生可能エネルギー由来水素の貯蔵に向けた低圧で扱いやすくコンパクトな貯蔵を可能とする水素吸蔵合金(MH)タンクを開発し販売している。高圧水素蓄圧器は、圧力容器の設計・製造技術や、鋼に与える水素の影響に対する知見を活かし、寿命、コスト、信頼性において顧客満足度を高めた新型蓄圧器「HyST300™ model R」を2018年度末に上市した。MHタンクは、MH開発やMHを利用したシステム開発の知見を活かし、大量の水素を高圧ガス保安法の規制にかからない低い圧力でコンパクトに貯蔵できる技術を確立させ近年納入実績を増やしている。本報では、これら高圧及び低圧の水素貯蔵技術に対する取り組みとその製品について紹介する。

2. 水素蓄圧器「HyST300™ model R」

2.1 HyST300™ model R の開発概要

商用水素ステーション等に向けた高圧用水素蓄圧器は、2013年度から販売を開始し、供給を続けている。従来型のストレート構造の水素蓄圧器は、内表面の仕上げ方法や内面全面の非破壊検査により高い信頼性を有しているが、蓄圧器のふた構造として大径のカバー・グランドナットを有していることから重量が重く、製造コストも高くなり、顧客からは軽量化と低コスト化が要望されていた。この度、従来製品の信頼性をそのままに軽量化と耐久性を向上させ、量産化に向けて低コスト化した「HyST300™ model R」(図1)の開発に成功し、2018年度に上市した。



図1 新型蓄圧器 HyST300™ model R

2.2 HyST300™ model R の特徴

開発した蓄圧器「HyST300™ model R」は、設計圧力95MPa、容量300Lタイプで、外径φ406mm、全長4,440mm、重量は約1,800kgであり、従来のストレート

構造蓄圧器に比べ、長さで約10%、重量で約40%低減している。新型蓄圧器のふた構造は信頼性のある従来形状を踏襲したが、ボディは両端を絞った構造に変更した。両端を絞ることでカバー・グランドナットを小さくでき、大幅な軽量化、低コスト化、カバー開閉時のハンドリング性の向上を実現した。高圧水素用の圧力容器として高い信頼性と耐久性を実現するために水素と接する内表面の仕上がり状態が非常に重要であることから、端部の開口径は絞り加工後に内表面処理を可能とするサイズとし、一般的な口絞りとは異なる独自形状とした。独自の開口径を有する形状とすることで、図2に示す絞り加工後のしわキズ除去加工、焼入れ時の内外両面からの冷却による組織の均一化、耐水素脆性に悪影響を与えない内表面粗さの実現、内表面の精密な非破壊検査が可能となり、高いレベルでの安全性・信頼性を確保した。また、端部の形状変更にあわせグランドナットのねじ構造の改良を行い、ねじ底応力の低減対策をとることでねじ部寿命を大幅に向上させることができた。「HyST300™ model R」は水素による影響を考慮し、当社の知見を盛り込んだ設計、製造、品質管理を行うことで、世界最高レベルの60万回以上の使用回数という圧倒的な耐久性を実現した。当該蓄圧器は、低コストで信頼性の高い蓄圧器として、2019年度に建設される水素ステーションに設置される予定である。

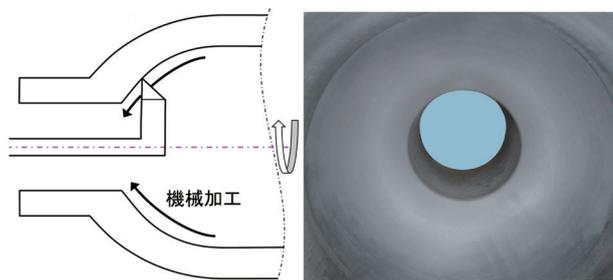


図2 しわ取り加工後の鏡部内面状態

3. MH タンク

3.1 MH タンクの開発概要

CO₂の排出量削減と化石燃料に替わるエネルギーの安全保障の観点から再生可能エネルギーを積極的に利用しようという動きが世界各国で推進されているが、再生可能エネルギーは天候によって出力が大きく変動し、現在

の電力系統に大量に導入した場合、電力系統に大きな負荷をかけるため、蓄電池や水素-燃料電池を用いて、系統への出力を平準化する方法が提案されている。

MH タンクは、常温・常圧で大量の水素を吸収可能な MH を充填した容器であり、且つ当社の MH は非危険物にも登録され高い安全性を有していることから、定置型燃料電池用の水素貯蔵容器として学校など公共施設でも実証試験設備として使用されている。

今回、従来のステンレス(SUS)二重管構造方式より水素吸放出性能が高く、軽量・コンパクト化が可能なアルミプレートフィン(ALPF)方式を採用した MH タンクを開発したので、その概要を紹介する。

3.2 ALPF 方式 MH タンクの特徴

開発した ALPF 方式の MH タンク外観を図 3 に示す。サイズは W280mm × D680mm × H1,000mm、重量は約 540kg であり、約 40Nm³ (3.5kg) の水素が貯蔵可能な容器である。円筒パイプを用いた従来の SUS 二重管構造方式の MH タンクで同量の水素量を確保する場合、W554mm × D1,500mm × H700mm 程度のサイズとなり、ALPF 方式のタンクに比べ約 3 倍の設置スペースが必要である。また、ALPF 方式の MH タンクは、SUS 二重管構造方式と比較して、縦、横、高さに対する設計自由度が高く、設置面積や高さ制限のある狭小スペース等に合わせた設計によりコンパクトな収納も可能である。



図 3 ALPF 方式の MH タンク外観

ALPF タンクは、伝熱面積を大きく確保可能なコルゲートフィン(波板)とプレーティングシート(仕切り版)を交互に積み重ね、ろう付けした熱交換器を用いることで高い伝熱性能を実現した。図 4 に SUS 二重管構造方式と ALPF 方式の MH タンクにおいて、媒体温度を 35℃一定にして、水素を大気放出した際の水素放出性能の比較結果を示す。ALPF 方式のタンクは、従来の SUS 二重管構造方式のタ

ンクに比べて約 1/10 の時間で水素を放出でき、高出力の燃料電池にも対応可能であることが確認できた。

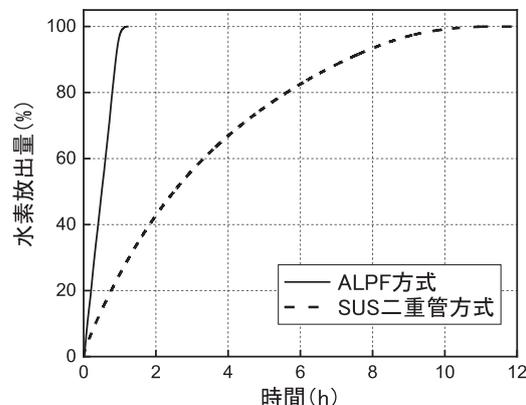


図 4 水素吸蔵合金タンクの性能比較

更には、ALPF 方式の熱交換器は車両のラジエータなどにも採用されているため、SUS の二重管より大量生産に適しており、量産時の価格低減効果も高いことなど、多くのメリットを有した MH タンクである。2019 年度からは、100Nm³ (約 9kg) の水素を貯蔵する ALPF 方式の MH タンク(表 1)を標準モデルとして販売を開始していく予定であり、既に数件の採用が決まっている。

表 1 100Nm³ 標準モデルの仕様

項目	仕様
水素貯蔵量	100Nm ³ (約9kg)
容器サイズ	W477 × D690 × H1,300 mm
容器重量	約1,390kg
水素吸収性能	2.5Nm ³ /h以上(25℃以下)
水素放出性能	3.6Nm ³ /h以上(20℃以上)

4. おわりに

日本製鋼所では、水素社会実現に向け、高圧水素を貯蔵する水素蓄圧器、低圧で扱いやすく安全性の高い MH タンクなどの水素貯蔵技術において、今後も顧客のニーズに応え、品質やコストでより満足していただける製品をご提供できるよう、さらなる研究開発に邁進する所存である。