

G 水素モデル社会システムの実現に関する包括的研究

研究題目	MH 水素吸蔵タンクにおけるフィン最適化の検討
著者	勝田正文、裴相哲、五十嵐裕樹、林冠廷

1. 研究背景・目的

近年の環境・エネルギー問題から再生可能エネルギーへの期待度が高まっている。しかし、その再生可能エネルギーが普及していない原因の1つに、発電量が不安定であるという点があげられる。このような観点から、二次エネルギーとして水素が注目を集めている。水素は、熱エネルギー、機械エネルギー、電気エネルギーに高い効率で変換して利用することができ、エネルギー変換キャリアとして極めて優れている。水素エネルギーシステムの開発には、有効適切な貯蔵技術を確立することにあるといえる。いくつかある貯蔵方法の中で、熱駆動形 MH 水素吸蔵タンクがある。MH は高い密度で水素を充填でき低温低圧で利用できるが、MH 合金層の低い有効熱伝導率が原因で水素の放出速度が制限される欠点を持つ。本研究では、MH 合金層の有効熱伝導率改善のため、MH タンクに適切なフィン、数値解析により比較検討する。

2. 研究方法

材料 A2017 フィンを MH である LaNi_5 合金層に装着して、Solidworks Simulation の非定常熱伝導解析を行った。またその結果の信頼性確認のために、実機の実験結果との比較も行った。その際使用した合金層に対するフィンの体積含有率の計算には、式(1)を用いた。

$$\text{体積含有率} = \frac{a \cdot b \cdot n + \frac{a^2 \cdot n}{4 \cdot \tan\left(\frac{\pi}{n}\right)}}{\pi \cdot r^2} \quad (1)$$

a : フィン厚さ mm
 b : フィン長さ mm
 n : フィン枚数
 r : MHタンク内径 mm

3. 研究成果

3.1 合金層に対するフィンの体積含有率と有効熱伝導率の関係

解析ではMHタンクの内径が20mmと80mmの場合で比較し、フィンのない状態からフィンの体積含有率が25%を超えるまでの枚数で算出した。この結果、合金層に対するフィンの体積含有率が約10%までは体積含有率に比例して水素放出速度を促進するが、10%以上ではその促進効果が鈍化し、20%を超えると更に鈍化することが判明した。このことからフィンの効果を最大限に引き出すためには、合金層に対するフィンの体積含有率を10%までに抑えることが効率的である。

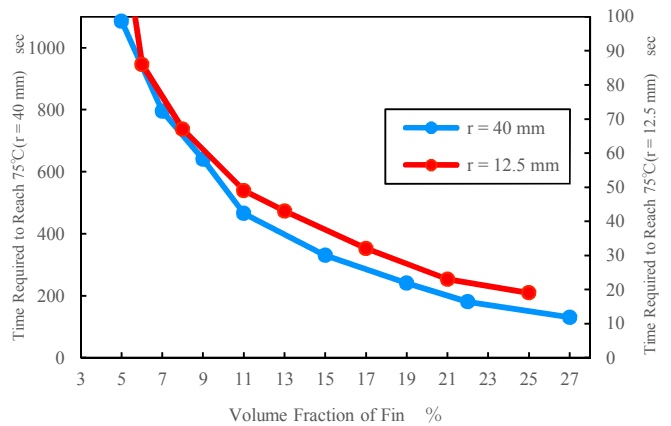


Fig. 1 The Time Required to Exceed 75°C and Volume Fraction

3.2 解析結果と実験結果との比較

SolidWorks Simulation によりフィン形状の検討を行ったが、これらの結果の正当性判定のために、MH 合金層の有効熱伝導率測定装置を使用して実験を行い、その結果を解析結果と比較した。フィン未挿入、4枚ストレートフィン、4枚20mm分割フィン、6枚ストレートフィンにおいて比較した結果、解析結果はおおよそ適正であると考えられる。フィンを挿入した際に、実験結果より解析結果のほうが良い値が出ていることに関しては、フィン挿入時に熱電対が中心の温度を測定していない、フィンとMH粉体層の間の接触抵抗などが原因だと思われる。また6枚ストレートフィンのみ実験結果と解析結果に差が生じてしまっているが、熱電対を差し込む際に熱電対がフィンにぶつかってしまい、なかなか入らなかったため、中心から意図的にずらして挿入したことが原因であると考えられる。また解析結果から、フィンの中心温度上昇が著しく扇形中心部の温度上昇を制約していると考えられるので、温度分布を改善するために、中心部が円状のストレートフィンを設計した。次年度はこのフィンを用いて解析を行う。

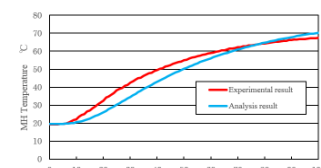


Fig. 2 Temperature change of MH (MH only)

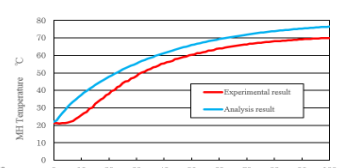


Fig. 3 Temperature change of MH (4 sheets straight)

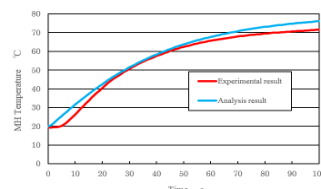


Fig. 4 Temperature change of MH (4 sheets divided)

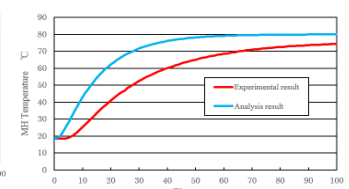


Fig. 5 Temperature change of MH (6 sheets straight)