

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	酸化マグネシウム / 水系ケミカルヒートポンプのための伝熱促進複合材料に関する研究
Title(English)	A Study on Heat Transfer-Enhanced Composites for a Magnesium Oxide/Water Chemical Heat Pump
著者(和文)	マッシミリアーノ ザメンゴ
Author(English)	Massimiliano Zamengo
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9477号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:加藤 之貴,池田 泰久,高橋 実,竹下 健二,矢野 豊彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9477号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Massimiliano Zamengo	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	加藤之貴	准教授	矢野豊彦	教授
	審査員	池田泰久	教授		
		高橋 実	教授		
		竹下健二	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、"A Study on Heat Transfer-Enhanced Composites for a Magnesium Oxide/Water Chemical Heat Pump" (酸化マグネシウム/水系ケミカルヒートポンプのための伝熱促進複合材料に関する研究) と題し、7章より構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の研究対象である酸化マグネシウム/水系(MgO/H₂O)ケミカルヒートポンプ (Chemical Heat Pump, CHP)の原理を説明するとともに、CHPは350℃前後の熱の回収・再利用が可能であり、熱利用の高効率化が可能であるが、既往材料は熱伝導度が低いために熱交換速度が遅く、伝熱促進が課題であることを指摘している。この課題の解決のために高い熱伝導度を有する膨張化グラファイト(Expanded Graphite, EG)と水酸化マグネシウム(Mg(OH)₂)を複合した蓄熱材(EM)の開発の重要性を述べ、本研究の目的と意義を示している。

第2章「Experimental apparatus and procedures」では、研究に用いた実験装置と操作方法を説明している。充填層型反応器を用いたCHP評価装置、EMのタブレット試料(直径7mm×4.0mm)、及びスラブ試料(20mm×20mm×130mm)の調製方法を示している。

第3章「Materials and evaluation of their properties」では、EMが成形性を持つことで、熱交換面とEM材料を密着でき、しかもEMが高い熱伝導度を有することから、従来のMg(OH)₂ペレット型蓄熱材料に比べて高い伝熱性能が期待できることを述べている。Mg(OH)₂とEGの重量混合比を16:1、8:1、4:1とするEM16、EM8、EM4の材料を比較し、EG混入量が増えるほど熱伝導度が向上することが明らかになっている。EM4スラブの熱伝導度は1.9 W m⁻¹ K⁻¹と測定され、既往のMg(OH)₂ペレット(直径1.9mm×5-10mm)充填層の値(0.16 W m⁻¹ K⁻¹)の10倍以上に熱伝導度が向上することを見出している。また、EM8タブレットに対して、熱天秤による48サイクルの脱水・水和反応操作を行い、材料の反応繰り返し試験に対する耐久性が高いことを明らかにしている。

第4章「Packed bed reactor experiments」では、EM16、EM8、EM4タブレットならびにMg(OH)₂ペレットの充填層型反応器を用いた蓄熱・熱出力試験を行い、蓄熱(脱水反応)試験よりEM材料は熱伝導度が高いことから、反応層の昇温速度が速く、また層内温度分布がより均一であること、さらに反応転化率の到達速度もEMタブレットのほうがMg(OH)₂ペレットより速いことを明らかにしている。また、水和反応試験より得られた充填層単位体積当たりの熱出力速度から、EM8が最適な混合比であると結論づけている。さらに、タブレットの従来のランダム充填に対して、規則的な積み上げ充填により充填密度を0.504 g cm⁻³から0.714 g cm⁻³に増加でき、かつ充填層内の柱状形状と同じ形状のブロック試料とすることで充填密度が1.022 g cm⁻³まで増加できることを見出している。これらの結果から、脱水反応60分間でブロック試料は、724 MJ m_{bed}⁻³の蓄熱ができ、Mg(OH)₂ペレット層の同値427 MJ m_{bed}⁻³より大容量の蓄熱ができること、及び水和反応実験でも前者の方が後者より熱出力性能が優れていることを確認し、ブロック形状EMに実用性があると結論づけている。

第5章「Numerical analysis of packed bed reactor」では、脱水反応実験を対象に充填層の反応転化率と反応温度分布の経時変化について数値解析を行っている。EM8タブレット積み上げ充填層と従来のMg(OH)₂ペレット充填層について、二次元非定常モデルを提案し、実測した各タブレット、ペレット充填層の熱伝導度と反応速度定数を用いて解析を行い、提案モデルにより実測値を説明できることを示している。計算より、EM充填層は熱伝導度が高く、充填層周囲から入力される熱が迅速に充填層中心部に伝達され、蓄熱速度がMg(OH)₂ペレット層に比べて向上することを明らかにしている。

第6章「Utilization of the chemical heat storage for thermal load leveling in nuclear power plants」では、ランキンサイクルを組み込んだ小型原子炉(120 MWt / 50 MWe)について、化学蓄熱材料の導入による負荷平準化を提案している。すなわち、負荷が小さいときに核熱の一部を蓄熱し、高負荷時に反応熱にて追加的に熱供給する手法を提示している。原子炉出力の3%、3.6 MWtを1.0 hour蓄熱する場合、本研究で開発したEM8ブロックを使用すると、所要体積は17.7 m³であり、Mg(OH)₂ペレット層の同30.0 m³に比べて小体積であり、コンパクトに蓄熱が可能であることを明らかにしている。

第7章「Conclusion」では、各章において得られた結果を総括し、本論文の結論としている。

これを要するに、本論文は伝熱促進した化学蓄熱材料を開発し、その材料による化学蓄熱装置の性能向上を実験と数値解析により実証し、原子力プラントの負荷平準化への適用性を示したものであり、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。