

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 小 谷 唯

最近、熱プロセスにおいてプロセス流体を断熱圧縮し仕事を加えることによりプロセス流体の持つ熱を再生させ完全に循環再利用する自己熱再生技術が提案され、従来の熱回収技術と比較して大幅な省エネルギー化が可能になることが報告されている。本論文は、自己熱再生技術を非圧縮性流体などより広い範囲に適用することを目指し、プロセス流体のエクセルギー再生に磁気熱量効果を用いた磁気熱循環システムを提案し、理論解析および実験評価を行ったものであり、7章より構成されている。

第1章は、本論文の緒論であり、研究の背景と自己熱再生技術の原理と応用についてまとめるとともに、磁気熱量効果と磁気ヒートポンプについて概説し、研究目的を述べている。

第2章では、エクセルギーの観点から一般の熱プロセスを解析し、熱伝達過程における理論最小エクセルギー損失を求め、既存の熱回収と自己熱再生を比較した結果、自己熱再生熱プロセスでは、熱回収した場合より大幅な省エネルギーとなり、自己熱再生プロセスのエクセルギー損失はほぼ熱伝達の理論最小エクセルギー損失に近い値をとることを明らかにした。

第3章は、強磁性体を磁場変化にさらすと磁性体内部の磁気モーメントが変化し、磁化率が変化することで可逆的な温度変化が起こる磁気熱量効果を自己熱再生に利用して、熱を一切加えることなく自己熱を完全に循環再利用する自己熱再生型磁気熱循環システムの概念を提案し、理論解析によりエネルギー消費を求めた結果、熱回収型システムに比べて、エネルギー消費を4.8-18.2%までに低減できることを明らかにした。また、圧縮仕事を加える熱循環システムと比較して、磁気熱循環システムは、昇温幅が小さい、あるいは小規模システムに適していると指摘している。

第4章では、実際の磁気熱量効果を用いた熱循環システムとして、強磁性体材料を充填した2つの充填層を交互に励磁と消磁を繰り返し、そこにプロセス流体を流すことでプロセス流体の自己熱を再生循環させる AMR(Active magnetic regenerative)ヒートサーキュレーターの概念を提案している。さらに、

エネルギーバランスにより、その一次元モデルを構築してシミュレーションを行い、自己熱循環の挙動および省エネルギー性の評価を行い、AMR ヒートサーキュレーターに必要な仕事がほぼ理論最小エクセルギー損失に近く、高い省エネルギーポテンシャルを持っていることを明らかにしている。

第5章では、磁気熱量材料に Gd を用いて実際の AMR ヒートサーキュレーターを作製し、水をプロセス流体として熱循環実験を行い、その高い省エネルギー性を確認した。

第6章では、AMR ヒートサーキュレーターのエクセルギー損失をさらに低減させる方法について検討するとともに、その応用先についても検討している。

第7章は、本論文の結論であり、提案された磁気熱量効果を用いた磁気熱循環システムについて、その原理と省エネルギー性の評価について総括を述べている。

以上要するに、本論文は、磁気熱量効果を利用した自己熱再生技術として、磁気熱循環システムである AMR ヒートサーキュレーターを提案し、その省エネルギー性を理論的解析および実験による検証を行ったものであり、機械工学およびエネルギー工学に大きな貢献をするものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。