

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	自励振動ヒートパイプにおける液柱の往復振動に伴う熱輸送機構の解明
Title(English)	
著者(和文)	三浦正義
Author(English)	Masayoshi Miura
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10524号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:長崎 孝夫,堀岡 一彦,岡村 哲至,末包 哲也,肖 鋒
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10524号, Conferred date:2017/3/26, 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 (案)

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	三浦正義	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	長崎孝夫	准教授	肖鋒	准教授
	審査員	堀岡一彦	教授		
		岡村哲至	教授		
末包哲也		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「自励振動ヒートパイプにおける液柱の往復振動に伴う熱輸送機構の解明」と題し、全6章から構成されている。

第1章「緒論」では、電子機器等の高性能冷却のための熱輸送デバイスとして注目される自励振動ヒートパイプ (Pulsating Heat Pipe、以下 PHP と略記) について、まず作動原理を述べている。すなわち PHP は加熱部と冷却部の間を複数回往復させた流路内に流路体積の半分程度の作動液体を封入したものであり、液柱の自励振動により熱が輸送される。この PHP について従来多くの研究が行われているが、その性能予測手法は確立されておらず、PHP の熱輸送機構のさらなる解明が必要であることを指摘している。そこで本研究では液柱を任意の振幅、周波数で往復振動させ、PHP における熱輸送機構の詳細を明らかにすることを目的としている。

第2章「実験装置および実験方法」では、本研究の実験装置と実験方法を述べている。実験装置は、流路内の液柱を正弦波的に振動させることにより実際の PHP における熱流動現象を模擬しており、気相を作動流体蒸気 (単成分系) および大気圧空気 (2成分系) として実験を行っている。単成分系では相変化 (蒸発・凝縮) による潜熱輸送、および液柱の対流熱伝達による顕熱輸送が同時に行われ、2成分系では顕熱輸送のみが行われる。これら2つの系を比較することにより、潜熱輸送と顕熱輸送を分離して評価することを可能としている。

第3章「液柱振動による熱輸送の実験的研究」では、液柱の往復振動に伴う潜熱輸送と顕熱輸送を評価するとともに、液柱先端位置と相変化挙動の関係について議論している。はじめに、潜熱輸送と顕熱輸送に対する液柱振動振幅や振動周波数などの液柱振動条件の影響を明らかにしている。次に流路壁温度の測定結果に基づき作動流体の相変化挙動の時間変化および空間分布について検討し、液柱振動に伴って壁面上に形成される液膜において、加熱部での蒸発と冷却部での凝縮が同時に生じる潜熱輸送が行われていることを明らかにしている。また蒸気圧力の時間変化測定から蒸気質量の時間変化を推算し、液柱先端が加熱部近傍に存在するときに蒸気が液柱先端に直接接触凝縮することを明らかにしている。加えて作動流体の種類 (水、エタノール、FC72) が熱輸送特性に与える影響について検討し、顕熱輸送における作動流体の熱物性値依存性がドリムパイプのそれと同様であることを示している。さらに、潜熱輸送特性における作動流体の種類の影響は蒸発潜熱の違いにより説明できることを示している。この結果を踏まえて液膜蒸発に着目した熱輸送モデルを構築し、そのモデルにより潜熱輸送の実験値をよく説明できることを示し、液膜厚さの評価が潜熱輸送量の推算において重要な役割を果たすことを明らかにしている。

第4章「液柱振動による顕熱輸送の数値解析」では、2成分系の実験に対応する顕熱輸送の数値解析について述べている。はじめに数値解析の基礎方程式と計算手法について説明している。この数値解析から得られた流路壁温分布を実験結果と比較し、良好な一致が見られることを確認している。さらに、種々の液柱振動条件における顕熱輸送量について数値解析結果と実験結果を比較し、加熱部に浸入する液柱長さが増加するにつれ計算結果は実験結果とよく一致することを示し、液柱先端に存在する先行液膜および液柱振動に伴う液膜が顕熱輸送に与える影響を明らかにしている。

第5章「液柱の往復振動により生じる液膜厚さの測定と予測式の提案」では、液柱の往復振動に伴う液膜の厚さを実験的に評価し、その予測式を提案している。はじめに、往復振動する液柱先端変位から平均液膜厚さを算出し、この液膜厚さが液柱の平均速度を用いた平均キャピラリー数で整理できることを示している。また、従来の予測式との比較により、液膜が液柱の往復振動により形成される影響、および流路断面が正方形であることの影響について議論している。さらに、液膜厚さの測定結果に基づいて液膜形成の力学モデルを構築し、種々の無次元数を用いた液膜厚さの予測式を提案している。この予測式により、流路内を往復振動する液柱により形成される液膜の厚さを精度よく予測することを可能としている。

第6章「結論」では、本研究で得られた成果をまとめるとともに、今後の課題を述べている。

以上を要するに、本論文は液柱を種々の振幅・周波数で強制振動させるとともに気相を蒸気または空気とすることにより潜熱輸送と顕熱輸送を分離して評価し、液柱の往復振動に伴う熱輸送機構の詳細を明らかにしたものであり、工学ならびに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な価値があるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。