

氏 名	張 維 忠
学位(専攻分野)	博 士 (エネルギー科学)
学 位 記 番 号	エ ネ 博 第 126 号
学位授与の日付	平 成 17 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	エ ネ ル ギ ー 科 学 研 究 科 エ ネ ル ギ ー 基 礎 科 学 専 攻
学位論文題目	Study on Constitutive Equations for Flow Boiling in Mini-channels (ミニチャンネル内強制流動沸騰の構成式に関する研究)

(主 査)
論文調査委員 教 授 三 島 嘉 一 郎 教 授 代 谷 誠 治 教 授 芹 澤 昭 示

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高密度のエネルギーを発生するマイクロマシンの除熱などに関連して、ミニチャンネルにおける沸騰二相流現象における沸騰熱伝達率、限界熱流束、摩擦圧力損失、ボイド率等の構成式について論じた結果をまとめたもので、6章からなっている。

第1章は序論であり、ミニチャンネルの定義、研究の現状、本論文の目的及びその意義などを述べている。

第2章は、ミニチャンネル内の強制流動沸騰における沸騰熱伝達率について論じたもので、これまでに設計計算などで頻繁に用いられてきた既存の熱伝達率相関式の問題点を摘出するとともに、それぞれの相関式の予測精度を比較・検討したうえで、そのなかで最も予測精度の高いChenの式を物理現象に即して分析することによって支配的な影響因子を抽出し、運動量輸送と熱輸送とのアナロジーに基づいてこれを一般化することにより、ミニチャンネル内の流れにおいて多く見られる低レイノルズ数条件においても高い予測精度が得られる新しい熱伝達率相関式を提案した。また、この新たに提案した相関式との対比により、既存の相関式の解釈について論じている。

第3章は、ミニチャンネル内の強制流動沸騰における限界熱流束について論じたもので、文献調査によって膨大な実験データを収集し、これらに対してニューラルネットワークの手法を用いた感度解析法を新たに考案して限界熱流束に対する支配的な影響因子を客観的に抽出し、この支配的な影響因子を用いて整理した実験データを分析することにより、正コオリティ領域の限界熱流束の機構が流動条件により液膜蒸発支配と液滴同伴支配に分類できることを明らかにするとともに、単一の式で表現でき、しかも広範囲の流動条件において高い予測精度が得られる限界熱流束相関式を提案している。

第4章は、ミニチャンネル内気液二相流の摩擦圧力損失相関式について論じたもので、収集した数多くの既存の実験データに対してニューラルネットワークの手法を用いて支配的な影響因子を見出し、その結果を用いて分離流モデルに基づく既存の相関式を一般化することにより、広範囲の実験データとよく一致する新しい相関式を提案している。

第5章は、ミニチャンネル内気液二相流のボイド率相関式について論じたもので、多くの既存の実験データを収集してニューラルネットワークの手法を適用することにより影響因子を分析し、その結果を用いて、ドリフトフラックスモデルに基づく既存の相関式に、物理現象に即した補正を加えて一般化し、広範囲の実験データを精度よく再現できる新しい相関式を提案している。

第6章は結論であり、本論文の成果をまとめるとともに、ミニチャンネル内の沸騰二相流からさらに微細なマイクロチャンネル内沸騰二相流へと進む今後の研究課題について整理し、研究の方向性を指し示している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、近年の最先端マイクロマシン技術の進歩に伴って重要性が増している高密度のエネルギーを発生するマイクロマシンの除熱などに関連して、ミニチャンネルにおける沸騰二相流現象について、その特性の把握及び構成式の開発を目的

に研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

- (1)沸騰二相流現象には数多くの影響因子が関与することから、構成式の開発に際し、当該現象に対する個々の影響因子が及ぼす影響の度合いを効率的に評価して、支配的な影響因子を客観的に見出すために、ニューラルネットワークを応用した新しい感度解析手法を提案し、これを応用した。
- (2)沸騰熱伝達率に関しては、既存の熱伝達率相関式の予測精度を比較・検討し、その中で最も予測精度の高い Chen の式を物理現象に即して分析し、運動量輸送と熱輸送とのアナロジーに基づいてこれを一般化することにより、ミニチャンネル内の流れにおいて重要な低レイノルズ数条件においても高い予測精度が得られる新しい熱伝達率相関式を提案した。
- (3)限界熱流束に関しては、文献調査によって膨大な実験データを集め、これらに対してニューラルネットワークの手法を用いることによって、限界熱流束に対する支配的な影響因子を見出し、各流動条件における限界熱流束の機構を明らかにするとともに、その結果を用いて、単一の式で表現でき、しかも広範囲の流動条件において高い予測精度が得られる新しい限界熱流束相関式を提案した。
- (4)摩擦圧力損失に関しては、収集した多くの実験データに対してニューラルネットワークの手法を用いて支配的な影響因子を見出し、これを用いて既存の相関式を一般化することにより、広範囲の実験データとよく一致する新しい相関式を提案した。
- (5)ボイド率に関しては、多くの既存の実験データに対してニューラルネットワークの手法を用いて支配的な影響因子を抽出し、その結果を用いて、ドリフトフラックスモデルに基づく既存の相関式に、物理現象に即した補正を加えて一般化し、広範囲の実験データを精度よく再現できる新しい相関式を提案した。

以上、要するに、本論文はミニチャンネル内沸騰二相流に関して、沸騰熱伝達、限界熱流束、摩擦圧力損失、ボイド率について既存のデータを収集し、ニューラルネットワークを応用した新しい感度解析手法を提案して適用するなどにより、それぞれの現象に対して支配的な影響因子を客観的に抽出することによって幾つかの新しい知見を得るとともに、それらに対する新しい構成式の提案を行って精度の向上を確認したものであり、学術上、實際上寄与することが少なくない。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年10月25日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。