

論文審査の結果の要旨

| 報告番号 | 博(生)甲第59号 | 氏名 | ジャンバル オダゲレル |
|--|-----------|-------|-------------|
| 学位審査委員 | 主査 | 茂地 徹 | |
| | 副査 | 児玉 好雄 | |
| | 副査 | 石田 正弘 | |
| | 副査 | 桃木 悟 | |
| <p>・論文審査の要旨</p> <p>ジャンバル オダゲレル氏は、モンゴルからの留学生として2000年4月に長崎大学大学院生産科学研究科博士前期課程(機械システム工学専攻)に入学した。2002年3月に同大学院博士前期課程を修了し、直ちに長崎大学大学院生産科学研究科博士後期課程に進学し、現在に至っている。</p> <p>同氏は、生産科学研究科に入学以降、物質科学を専攻して所定の単位を修得するとともに、環状流路内の層流熱伝達の研究に従事し、その成果を平成16年12月に主論文「Laminar Heat Transfer with Viscous Dissipation and Fluid Axial Heat Conduction in Annular Ducts」として完成させ、参考論文5編(うち審査付国際学術雑誌論文2編(印刷中))と1編の審査付き国際学術雑誌論文(投稿準備中)を付して、長崎大学大学院生産科学研究科教授会に博士(工学)の学位の申請をした。</p> <p>長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、平成16年12月16日の定例教授会において論文内容の要旨を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を平成17年2月17日の生産科学研究科教授会に報告した。</p> <p>二重管型熱交換器や高温ガス炉等に利用される内管と外管がともに静止している環状流路内の強制対流熱伝達に関するこれまでの研究においては、流体の粘性逸散や軸方向熱伝導が流体の温度場と熱伝達係数(ヌセルト数)に及ぼす影響は完全に明らかにされていない。特に、粘性の高い非ニュートン流体を使用する場合や最近応用が広がっているマイクロチャンネル内の熱流動等においては伝熱に関する知見が不足している。また、押し出し・引き抜き・圧延などの金属やプラスチック材料の製造過程および長いトンネル内を高速で走行する列車や地下鉄の熱環境等に関連する伝熱装置あるいは機器の設計においては、内管が軸方向に運動する環状流路内の流動と伝熱に関する知見が不可欠であるが、十分ではない。</p> <p>本論文は、内管が静止あるいは軸方向に一定速度で運動する場合の環状流路内をニュートン流体および非ニュートン流体(指数則あるいは修正指数則モデルで近似)が十分に発達した層流で流れる条件に対して、従来の解析ではエネルギー式において省略あるいは無視されてきた、流動する流体の速度勾配に起因する粘性逸散による内部発熱項と流体の軸方向の温度差により生じる熱伝導項を考慮して、非加熱の上流領域から加熱開始点および温度助走区間を経て熱的に十分</p> | | | |

発達する下流領域までを数値解析の対象とし、流体の温度場と壁面での対流伝熱特性を3種類の熱的境界条件に対して定量的に明らかにしたものである。なお、流体の温度場を決定するためには、流体の粘性逸散項と軸方向熱伝導項の両者を含むエネルギー式を数値的に解く必要があるが、このような場合にはエネルギー式が楕円型の偏微分方程式となるために、上流無限大から下流無限大までを解析の対象とする境界値問題を解く必要がある。本論文では、軸方向座標に逆正接変換を用いて無限領域を有限領域に変換し、熱的境界条件として上流無限大で入口温度一定、下流無限大で十分発達した温度分布、壁面上では温度一定あるいは熱流束一定の条件を課し、原点(加熱開始点)近傍で格子を密に配置する有限差分法を開発することにより、温度場の十分正確な数値解を得ている。本論文の伝熱解析から、次のような新しい知見が得られている。

- () 内管と外管がともに静止している環状流路の場合：(1)上流の非加熱領域でも、粘性逸散と軸方向熱伝導により、有意の温度上昇がみられる。(2)内管表面と外管表面の温度が一定で等しい熱的境界条件の場合、温度助走区間においてプリンクマン数(粘性逸散の効果を示す無次元数)およびペクレ数(流体の軸方向熱伝導の効果を示す無次元数)の大きさに関わらず、ヌセルト数(壁面での対流熱伝達の効果を示す無次元数)の値が変化しない不動点が存在する。(3)内管表面と外管表面の温度が一定で異なる熱的境界条件の場合、温度助走区間において、ヌセルト数はペクレ数が小さい程、小さくなる(ヌセルト数の軸方向の変化が平坦化される)。(4)内管表面の熱流束が一定で外管が断熱されている熱的境界条件の場合、温度助走区間において、ヌセルト数はペクレ数が小さい程、大きくなる。(5)非ニュートン流体の場合、指数法則近似の特性指数が大きい程、粘性逸散の影響は強くなる。(6)内管と外管の半径比が小さい場合には内管表面のヌセルト数が外管表面のヌセルト数より大きい。
- () 内管のみが軸方向に一定速度で運動する環状流路の場合：(1)内管の運動方向が流体の流動方向に一致している場合、上流の非加熱領域で、粘性逸散と軸方向熱伝導による温度上昇は小さくなり、粘性逸散の影響は小さい。(2)内管表面と外管表面の温度が一定で異なる熱的境界条件の場合、内管表面のヌセルト数は、内管と外管の半径比が小さい程、大きくなる。(3)内管表面の熱流束が一定で外管が断熱されている熱的境界条件の場合、ヌセルト数は、内管と外管の半径比が大きくなれば、ペクレ数やプリンクマン数の大きさに依存して、大きくなる場合があるが、その挙動は複雑である。(4)プリンクマン数とペクレ数が固定され、内管の運動方向が流体の流動方向に一致している場合には、内管表面のヌセルト数は内管が静止している場合と比べて常に大きくなる。

以上のように本論文は、内管が静止あるいは軸方向に運動している場合の環状流路内のニュートンおよび非ニュートン流体の層流熱伝達に関する新しい知見を提供するとともに、材料の製造過程等の伝熱設計に有用な基礎資料を提供し、伝熱工学に多大の寄与をするものと評価できる。生産科学研究科教授会は、審査委員会の報告に基づき審議した結果、本論文は伝熱工学の分野において極めて有益な成果を得るとともに、工学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士(工学)の学位に値するものとして、合格と判定した。