

氏名	おおにしはじめ 大西元
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第1936号
学位授与の日付	平成12年3月23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	工学研究科機械工学専攻
学位論文題目	フィン付き管型熱交換器の熱流動総合特性に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 鈴木健二郎 教授 牧野俊郎 教授 吉田英生

論文内容の要旨

気液間の熱交換に広く用いられるフィン付き管型熱交換器については、高効率化に加えて省資源、省スペース、低騒音化をも含む総合的高性能化の研究が必要である。本論文は、この形式の熱交換器に関して、独自に開発した3次元非定常数値解析法を用いて、熱交換器固体部内の熱伝導と空気側熱流動場の双方を同時解析し、その検討結果を取纏めたものであって、7章からなっている。

まず第1章では、本研究の課題に関連する技術的要請とこれまで行われた関連研究を概括し、本研究の目標と意義を纏めている。

第2章では、本研究で使用するために独自に開発した数値解析法について、その概要を述べている。具体的には、使用した基礎方程式、採用した差分化の基本方針について述べたうえで、フィン間熱流動場全域を蔽う直角座標主格子系、伝熱管近傍の円筒座標第1副格子系、ならびにフェンス近傍の直角座標第2副格子系を併用する手法について説明し、使用した境界条件と全体のアルゴリズムの説明を行っている。

第3章では、まずプレートフィン付き単列管ユニットを取扱っている。この章の解析では、伝熱管内面の熱伝達率に実験式から得られる値をあて、固体内部の熱伝導解析とともにフィン間空気流の熱流動解析を行っている。計算は、フィン流れ方向幅、管段ピッチ、フィンピッチ、フィン厚さを変更した5種類のユニットに対して、流れが定常に留まる範囲で管径基準レイノルズ数を4種類に変更して行っている。その結果、まずフィンピッチの増大によって、伝熱量とフィン効率の増大や圧力損失の低減が図れること、いっぽう平均ヌセルト数は低下する傾向があることを示し、ついでフィン後半部からの伝熱量は全伝熱量の25%にしかならず、その有効度が低いこと、それゆえ熱交換器単位重量あたりの伝熱量を増大させるには、フィン後半部の切除や、フィン流れ方向幅の縮小が有効であることなどを明らかにしている。

第4章では、実際応用例が多い、同じフィン形式の2列管の場合に対して解析を行っている。前章と同様にフィン流れ方向幅あるいは管列ピッチ、管段ピッチ、フィンピッチ、フィン厚さを変更した5種類のユニットに対して、流れが定常に留まる範囲で管径基準レイノルズ数を4種類に変更して解析を行い、その熱流動特性の検討を行うとともに、前章で取扱った単列管の場合との比較を行っている。2列管の場合には、圧力損失特性について見ると単列管の場合との定性的な類似性が認められるものの、フィン内部の流れ方向熱伝導が顕著であるため、その伝熱特性を単列管の結果の重ねあわせとして取扱うことは妥当でないこと、したがって、その解析には固体部内熱伝導を考慮する本数値解析手法が必要であること、を明らかにしている。

第5章では、さらに、フィンの一部を切り起こしてフェンスとした異形フィンを付設したフィン付き管ユニットに対して解析を行っている。切り起こしたフェンス自体の熱伝達を増進するフィン効果によって伝熱特性が直接的に改善されるほかに、フェンスの向きを変更して流れの方向を制御し、最適化することによって伝熱不良域の面積が縮小されること、フェンス側方開口部を通過する噴流状流れが隣接フィンに衝突して熱伝達率を高めること、フェンス上部を通過する流れが増速されて熱伝達率を押し上げること、さらにフィンの総合伝熱性能は、それらの複数の効果が重畳した結果として向上すること

を明らかにしている。

最後に第6章では、第3章で取扱ったプレートフィン付き単列管ユニットを再び取り上げ、プレートフィン下流部の流れが非定常化する場合について解析を施している。この流れの非定常化は、平均ヌセルト数には大きな変化をもたらさないが、フィン下流部における渦生成に影響し、圧力回復の過程ならびにその程度に変化をもたらすことを明らかにしている。

第7章は結論であって、本研究の成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

気液間の熱交換に広く用いられるフィン付き管型熱交換器については、高効率化に加えて省資源、省スペース、低騒音化をも含む総合的高性能化の研究が必要である。本論文は、この形式の熱交換器に関して、独自に開発した3次元非定常数値解析法を用いて、熱交換器固体部内の熱伝導と空気側熱流動場の双方を同時解析し、その検討結果を取纏めたものであって、得られた主な研究成果は次のようである。

1. プレートフィン付き単列管ユニットに対しては、フィンピッチの増大によって、伝熱量とフィン効率の増大や圧力損失の低減が図れるが、いっぽう平均ヌセルト数は低下する傾向があること、またフィンの後半部は前半部と比較すると有効度が顕著に低く、熱交換器単位重量あたりの伝熱量を増大させるには、フィン後半部の切除や、フィン流れ方向幅の縮小が有効であることを明らかにした。

2. 同じフィン形式の2列管の場合に対しては、圧力損失特性については単列管の場合との定性的な類似性が認められるものの、フィン内部の流れ方向熱伝導が顕著であるため、その伝熱特性を単列管の結果の重ねあわせとしては取扱えないこと、したがってその解析には固体部内熱伝導を考慮する本数値解析手法が有効であることを見出した。

3. フィンの一部を切り起こしてフェンスとした異形フィン付き管ユニットに対しては、フェンス自体のフィン効果による伝熱増進、フェンス設置に基づく流れの方向制御による伝熱不良域の縮小、フェンス側方開口部を通過する噴流状流れの隣接フィンへの衝突、さらにはフェンス上部を通過する流れの増速などの詳細を明らかにし、その複合効果によってフィンの伝熱性能の向上がもたらされることを示した。

4. プレートフィン下流部で流れが非定常化する場合には、平均ヌセルト数には大きな変化は生じないが、フィン下流部での圧力回復過程に影響が生じることを明らかにした。

以上、本論文は独自に開発した数値解析手法を応用して、フィン付き管型熱交換器の熱流動特性を検討し、熱交換技術の新展開につながる新しい知見を提出しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年2月18日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。