

審査の結果の要旨

氏名 李 霽陽

最近では冷凍空調機器用冷媒として、ハイドロフルオロカーボン(HFC)冷媒が使われている。しかし、地球温暖化係数(GWP)値の高いHFC機が普及するにつれ、使用時の冷媒漏洩や廃棄機器から回収されない冷媒の大気漏洩が多いことが問題になり、その抜本的な解決のためには、GWP値の低い冷媒への転換が急務であることが認識されてきた。住宅用エアコン用の低GWP冷媒として様々な物質が提案されているが、究極の低GWP冷媒としてプロパンが検討されているが、強い燃焼性を有するため、安全確保のためには冷媒充填量の大幅な削減が必要である。エアコンにおける冷媒充填量を低減するためには、従来のチューブフィン熱交換器に代わってアルミニウム製扁平多孔管を用いた並行流熱交換器を採用することが検討されている。この論文では、高性能で冷媒充填量を大幅に削減した扁平多孔管熱交換器の開発を目標として、3つの側面に焦点を当てて研究を行っている。第1の部分は、様々な断面を有するアルミニウム製扁平多孔管内の熱伝達係数および圧力降下を含む沸騰伝熱性能の検討である。第2の部分は、乾燥、凝縮、凍結/解凍の条件下での並行流熱交換器の空気側熱伝達係数および圧力降下の検討である。渦発生器により熱伝達性能を向上させたフィンレス熱交換器を提案している。第3の部分は並行流熱交換器のためのヘッダーの新しい設計であり、扁平多孔管群への気液二相流の均一分配をするための機構が提案されている。

本論文は6章より構成されており、第1章では研究背景として、次世代冷媒の選択と、熱交換器の管内側伝熱性能の研究と管外の空気側伝熱性能の研究について述べられている。第2章では、様々な断面形状の扁平多孔管内の伝熱と圧力損失の研究結果が述べられている。第3章では、従来のフィンを持つコンパクト熱交換器の空気側の伝熱性能と圧力損失の実験結果が述べられている。第4章では、凝縮水の排水性能を高めるためにフィンを取り除いたフィンレス熱交換器を想定し、空気側伝熱性能を高めるための渦発生装置が提案され、伝熱性能が計測されている。第5章では扁平多孔管を用いたフィンレス熱交換器の性能を高めるために、気液分離器を内蔵したヘッダーが提案され、その性能が記載されている。第6章は、結論で本研究を総括している。

管断面が異なる3種類の扁平多孔管の管内沸騰熱伝達の測定を行っている。一般的に、長方形断面よりも正方形断面の流路の方が伝熱特性が良いことが分かった。細管においては表面張力により液は管隅部に集中する傾向があり、辺部の液膜が薄くなるとドライパッチが発生して伝熱性能が低下する原因となる。長方形断面流路では辺部が長くなり、ドライパッチが起りやすい傾向がある。本研究では厚さ0.6mmの超薄型扁平多孔管を製作し、その性能を明らかにしている。

ルームエアコン用熱交換器では、蒸発器として使われるときには、空気側伝熱面表面

は乾いているとき、空気中の水分が凝縮して濡れているとき、そして空気中の水分が霜のように付着するときがある。伝熱管にフィンがついた通常のコンパクト熱交換器では凝縮水がフィン間に保持され、伝熱低下や圧力損失の増大を招く。本研究では凝縮水の排水性を改善するためにフィンレス熱交換器の開発を目指した。フィンをつけないことにより伝熱性能の低下は避けられないので、空気側伝熱性能を改善するために立渦発生装置を考案した。数値流体力学シミュレーション結果に基づいて、最適な立渦発生装置を製作して実験で効果の検証を行ったところ、伝熱性能がフィン付き熱交換器と同等の性能を有することが明らかになった。立渦発生装置を使ってフィンレス熱交換器を設計することは独創的な研究である。

フィンレス熱交換器は多数の扁平多孔管がヘッダーという分配器に接続されている。気液二相冷媒はヘッダーに入って、それから各扁平多孔管に分流されて行く。そのときに冷媒の分配が悪いと、著しい性能低下が発生する。冷媒の均等分配を実現するために、ヘッダー内部で気体と液体を分離し、液体のみを扁平多孔管に流し、気体は気相管を通してバイパスするという新しいヘッダー構造が提案されている。ヘッダー内部に気液分離部を設けるのは全く新しい発想で独創的な研究である。気体と液体を適正に分離する方法を可視化技術を用いて検討しており、有用な情報を得ている。

本研究では、フィンレス熱交換器を開発することを目的として、多方面から研究を行い、独創的な提案を各種行っており、可燃性冷媒の実用化へ向けて、工学的、工業的貢献は顕著である。

本研究の全般にわたって論文提出者が主体となって実験及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると判定する。

以上 1956 字