

学 位 論 文 の 要 旨

専 攻 名	システム工学 専 攻	ふ り が な 氏 名	お の で ら あ ゆ み 小野寺 亜由美	㊞
学位論文題目 多分岐構造をもつ熱交換器における気液二相冷媒流の分配に関する研究 (英訳又は和訳 Gas-liquid distributions of refrigerant two-phase flow in heat exchangers with multi-pass structures)				
<p>地球温暖化抑制のための温室効果ガス排出量規制が年々強化され、空調機においても冷媒充填量の削減や省エネ性能の向上が強く求められている。これらを実現する手段の一つとして、微細径の冷媒流路を有するアルミ製扁平多穴管を伝熱管に用いたパラレルフロー型熱交換器を空調機に搭載する動きが広がっている。この熱交換器は2本のヘッダに多数の伝熱管が並列接続された多分岐構造をもち、冷媒はヘッダから各伝熱管に分配されて周囲の空気と熱交換する。アルミ製の伝熱管と空気側フィンはろう付けにより接合されるため、従来の拡管接合式の熱交換器に比べて接合部の接触面積が広く伝熱性能の向上が期待される。また、微細多穴管を伝熱管に用いることにより熱交換器の小型軽量化が可能であり、空調機の冷媒充填量を大幅に削減することができる。</p> <p>一方、この熱交換器を冷媒蒸発器として用いる場合、冷媒は気液二相の状態ヘッダへ流入する。そのため各伝熱管へ分配される気液の量に偏りが生じ易く、とくに液相分配が偏ると伝熱面温度が不均一化し伝熱性能は低下する。したがって、この熱交換器に本来の性能を発揮させるためには、熱交換器内部の冷媒流動特性を十分に把握した上で液相分配の均一化を図る必要があり、実用化のための大きな技術的課題となっている。</p> <p>住宅用や業務用の空調機では、垂直ヘッダと水平伝熱管で構成されるパラレルフロー型熱交換器の使用が検討されている。そこで本研究では、この熱交換器の構造を模擬した垂直ヘッダ／水平分岐管で構成される多分岐流路内の気液二相冷媒流において、詳細な気液分配特性を実験的に明らかにするとともに、その知見に基づき液相分配の均一化手法を開発することを目的とする。最初に、熱交換器実機の仕様にに基づき垂直ヘッダに8本の水平分岐管が並列接続された多分岐流路において、ヘッダから各分岐管への気液分配および流路圧力損失の基本特性を断熱条件下にて明らかにした。次に、これらの実験結果に基づき液相分配の均一性を向上させる手法を考案し、それらの有効性を検証するとともにパラメータの最適化について検討した。さらに、冷媒蒸発器を模擬するために分岐管を加熱した状態でも気液分配を測定し、管内における冷媒の蒸発が気液分配特性に及ぼす影響を明らかにした。また、空調機に搭載するパラレルフロー型熱交換器実機においても性能特性を測定し、多分岐流路で得られた気液分配特性との相関について検討するとともに、本研究で考案した液相分配の均一化手法の有効性を検証した。実験には実際の業務用空調機で使用する冷媒である R410A を主に用い、実際の運転状況に基づき冷媒質量流量 20～50kg/h、流路入口における冷媒クオリティ 0.2～0.6 の条件においてデータを取得した。</p> <p>本論文は全 8 章から構成される。以下に各章の概要を述べる。</p>				

ふ り が な
氏 名お の で ら あ ゆ み
小野寺 亜由美 印

第 1 章では、本研究の背景および目的を述べるとともに過去の研究例と現状について述べ、本研究の意義と位置づけを明確にした。

第 2 章では、垂直ヘッダに 8 本の水平分岐管が接続された標準的仕様の多分岐流路において、各分岐管への気液分配特性と流路の圧力損失特性を明らかにするとともに、熱交換器実機で重要となる分岐管先端のヘッダ内への突き出しがこれらの特性に及ぼす影響について検討した。

第 3 章では、冷媒の種類が多分岐流路の気液分配特性と圧力損失特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、R410A とより低圧で作動する R134a の 2 種類の冷媒で測定された気液分配と圧力損失を比較した。とくに冷媒の蒸気密度と液粘性がこれらに及ぼす影響について明らかにするとともに、実験データに基づき両冷媒に適用可能な液相分配の予測式を構築した。

第 2 章と第 3 章で示した実験結果から、本研究で用いた垂直ヘッダ型多分岐流路ではヘッダ上部に接続された分岐管において液相分配率が著しく低下する一方で、最下部の分岐管には液相が過剰に分配されることが明らかになった、そこで第 4 章では、液相分配の均一性を向上させる手法としてヘッダ底部に挿入したノズルにより冷媒を加速して供給し液冷媒を上部の分岐管へ到達させる方法を考案し、その有効性を評価した。ノズルの噴霧方向を変化させて各分岐管への気液分配と圧力損失を測定し、液相分配の均一化に適したノズルの仕様について検討した。

第 5 章では、液相分配のさらなる均一性向上を図る手法として、多数の細孔を設けた円管（多孔内管）をヘッダ内に挿入し細孔から各分岐管の入口に向かって冷媒を噴出させる手法を考案し、その有効性について検討した。多孔内管の内径と冷媒の噴出孔径を系統的に変化させて気液分配特性と圧力損失を測定し、液相分配の均一性を評価して最適な内径と噴出孔径の仕様を明らかにした。また、実験計画法を用いて液相分配と圧力損失に対する内径と噴出孔径の寄与度を定量化した。

以上の章で述べた実験は流路を断熱した状態で行われたが、実際の冷媒蒸発器では周囲空気との熱交換により分岐管内で液冷媒が蒸発する。その結果、分岐管における圧力損失が断熱系よりも増大し、流路内の圧力分布が変化することで気液分配も断熱系とは異なった特性を示す可能性がある。そこで第 6 章では分岐管を加熱し冷媒を管内で蒸発させた状態で気液分配を測定し、液冷媒の蒸発が気液分配特性に及ぼす影響を明らかにした。また、加熱条件下における液相分配特性を断熱系における液相分配から予測する手法を考案した。

第 7 章では、空調機に搭載するパレルフロー型熱交換器実機において伝熱面温度分布や熱交換性能を測定し、第 6 章までに述べた気液分配特性との相関について明らかにした。また、第 5 章で述べた多孔内管を熱交換器実機に組み込み、この冷媒供給手法の有効性について検証した。

第 8 章では、結論として第 2 章から第 7 章までを総括し、多分岐構造をもつ熱交換器における気液二相冷媒流の分配特性について明らかにするとともに、熱交換器の性能向上を図るための手法について記述した。