

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 儲 仁才

本論文は、「電場による凝縮熱伝達の促進に関する研究」と題し、凝縮液の表面張力が大きい場合やフィン間隔が狭い場合に、凝縮液がフィン間の溝に充満・滞留しやすく凝縮熱伝達の促進効果が現れ難い水平ローフィン付凝縮管を対象として、凝縮液の充満・滞留を軽減し、凝縮熱伝達の促進効果を向上させることを目的とした研究である。

本論文は、5章よりなる。第1章「序論」では、膜状凝縮熱伝達の促進に関する従来の研究をまとめるとともに、凝縮液の充満・滞留を軽減する方法として電場の印加を選定した理由を述べ、研究目的を設定している。

第2章は「裸線電極による水平管外凝縮熱伝達の促進に関する実験」と題し、実験方法を説明するとともに、水平平滑凝縮管および水平ローフィン付凝縮管（外径 16mm）の底部に裸線電極（直径 1mm）を配置した場合の凝縮熱伝達に関する実験結果をまとめている。実験流体は、大気圧の水蒸気である。実験方法は概ね従来の凝縮実験と同様であるが、充満角度（＝凝縮液の充満が開始される管円周方向の角度）の時間変動を計測するために、画像処理を援用した充満角度測定方法を考案している。主な実験パラメータは、熱流束（ $<0.45\text{MW/m}^2$ ）、印加電圧（ $<1100\text{V}$ ）、電極間距離（＝凝縮管底部と線電極との間の距離、1～3mm）である。水平ローフィン付凝縮管の熱伝達実験については、1)水蒸気の凝縮熱伝達促進率（＝ローフィン付凝縮管熱伝達率と電場を印可していない平滑凝縮管熱伝達率との比）は、概ね電極間距離の増大とともに低下するが、電場を印可することにより、従来の（電場を印加しない場合の）値（約 2.2）を大幅に上回る5程度にまで向上すること、2)この場合の消費電力は熱伝達促進分に比べて数%程度であること、3)熱流束を一定にした場合はある印加電圧で、印加電圧を一定にした場合はある熱流束で充満角度が急増し、それに伴い熱伝達促進率が急増すること、4)この充満角度および熱伝達促進率の急増は凝縮液が管底部から流下する様相が液膜状から液柱状へと遷移することに対応していること、5)流下液膜が液柱状に遷移すると液柱の（凝縮管軸方向への）移動が発生し、滞留角度が時間変動するようになることなどを見出している。

第3章は「部分絶縁被覆線電極による水平フィン付管外凝縮熱伝達の促進に関する実験」と題し、消耗電力を軽減するために裸線電極を部分絶縁被覆線電極に置き換えた場合の実験をまとめている。まず、非絶縁部分の線電極円周方向の位置を変化させ、凝縮熱伝達の促進に対しては水平部分に非絶縁部を残すことが有効であることを示している。次に水平ローフィン付凝縮管について、この部分絶縁被覆線電極を用いることにより、1)裸電極をさらに上回る7程度の熱伝達促進率が実現できること、2)流下液膜が印加電圧の増大とともに（裸線電極の場合と異なり）液膜状→薄液膜状→液柱状と変化し、このため充滿角度および熱伝達促進率も連続的に増大すること、3)消耗電力は裸線電極の場合に比べて半分程度となること、4)充滿角度の時間変動は小さくなることなどを示し、部分絶縁被覆電極の利用が極めて有効であることを見出している。

第4章は「電場下のフィン付管における充滿角度の定式化および凝縮熱伝達率の予測」と題し、第2、3章で得た実験結果を再現するモデルを提案している。まず、シリコンオイルを用いた模擬実験系により、ノズルより流下する液膜に電場を印加すると、ある電圧で流下液膜が液柱状に遷移することを示し、流下凝縮液について得た結果を確認している。モデルにおける電場の効果に関する基本的考え方は、凝縮管底部に置かれた線電極により流下液表面に生じる電気力による流下液内部圧力の低下であり、この圧力低下により充滿角度が増大し、その結果として凝縮熱伝達促進率が向上する。モデルでは、電気流体力学を用いて、流下液様相が液柱状に変化した状況（裸線電極の場合）と、薄液膜状に変化した状況（部分絶縁被覆線電極の場合）とについて具体的に論じており、充滿角度および凝縮熱伝達促進率ともに実験値との妥当な一致を得ている。

第5章は、以上の結果をまとめた結論である。

以上要するに、本論文は伝熱工学における古典的主要現象である凝縮熱伝達を対象として、水平ローフィン付管の凝縮液充滿・滞留現象を軽減する方法について、極めて有効な方法を提案・実証し、そのモデル解析を構築したものであり、機械工学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。