

氏名	原 口 忠 男
授与学位	博士（工学）
学位授与年月日	平成7年2月8日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第2項
最終学歴	昭和50年3月 岩手大学大学院工学研究科機械工学第二専攻修士課程修了
学位論文題目	滴状凝縮の発生機構および凝縮熱伝達促進に関する研究
論文審査委員	東北大学教授 太田 照和 東北大学教授 嵐 治夫 東北大学教授 三浦 隆利 東北大学助教授 熊谷 哲

論文内容要旨

本論文は全編8章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の必要性和研究の目的を述べた。また、滴状凝縮熱伝達に関する既往の研究について分類するとともにその概要を述べた。とくに本研究に関連する既往の研究については詳細な検討を行った。

本研究の目的

エネルギーの枯渇が叫ばれて以来、火力発電および原子力発電システムの構成機器としての凝縮器の性能向上が要求され、伝熱工学的システム全体としての資源の有効利用が考えられるようになってきた。

膜状凝縮器の数十倍の伝熱性能を有する滴状凝縮器が実現できれば、凝縮器全体の熱通過率は約2倍となり、滴状凝縮面の伝熱面積が前者の約半分となり小型・軽量化が期待される。その結果、凝縮器の格納建造物は約1/3の容積、土地利用も半分となり、ひいては省資源・省エネルギーが達成できることになる。

以上のような背景にたち、本論文は滴状凝縮器の実現をめざし、滴状凝縮の熱伝達機構を解明するために滴状凝縮の初生から氷状凝縮までの広範囲な過冷度について熱伝達を測定するとともに、詳細な滴状凝縮の発生機構を解明したものである。さらに、ポリ塩化ビニリデンを塗布した伝熱面を開発し、滴状凝縮面としての耐久試験を行うとともに最適伝熱面長さを解明しようとしたものである。

第2章においては、水蒸気が滴状に凝縮するポリ塩化ビニリデン薄膜面上の等厚干渉縞およびスペckルパターンで大気圧下の滴状凝縮の微視的構造を高倍率4500倍で調べた結果、滴近傍に乾いた裸面は存在せず、冷却面上には連続的に広がる薄液膜があり、液滴は直接この薄液膜上に半球形を保ちながら成長し、離脱径に達すると落下するものの、落下直後の面上には依然として薄液膜の存在を示唆する挙動が観察された。

第3章においては、薄液膜の存在を確認するため、ガラス面上に厚さ10 μ mのポリ塩化ビニリデン膜を張り、その上に電極を取付け、その間の滴状凝縮時における電気抵抗の変化および両電極間の電圧変動を測定し、滴状凝縮時の薄液膜の存在とその厚さを明らかにした。

第4章においては、滴状凝縮の液滴初生の顕微鏡観察を行った結果を述べている。まず、白色光による液滴の高速度顕微鏡観察を行い、大きな滴の落下直後、および真空容器中に蒸気を注入する二つの場合について、滴状凝縮面に発生する薄液膜中に滴の核となる液丘が生成され、成長する過程の撮影に成功した。また、液中に半分ほど埋没する垂直な滴状凝縮面と自由表面との境界を顕微鏡で観察し、滴の合い間を非常に薄い液膜がスムーズに上下することを確認した。さらに、第2章から本章における実験結果をもとに滴状凝縮における『膜成長説』を提唱した。

第5章においては、滴状凝縮フィンとして有効なフィン高さを決定するために、種々のフィン形状を取り上げ、特にフィン根元における滴状凝縮の挙動を観察した結果について述べている。すなわち、フィン谷間近傍における滴状凝縮の生成、合体、離脱が谷間に生じる液膜とその挙動によってどのように変化するかを最高4500倍の高速度顕微鏡撮影によって観察を行った。特に、フィン根元溝内に常に存在している凝縮液流のワイピングについて検討を加えるとともにフィン表面局所温度を測定した。

第6章においては、ポリ塩化ビニリデンの非常に薄い膜を塗布し、その塗膜厚さが0.05 μ mにまで薄くした場合には、銅面にオレイン酸を促進剤として用いた場合および金めっき面、金蒸着面と同程度の伝熱性能が得られた。さらに広範囲における過冷度の凝縮曲線を求めるとともに、各過冷度における凝縮の様相を詳細に観察した。また、滴状凝縮の持続性を調べるため21,568時間におよぶ耐久試験を行うことにより、ポリ塩化ビニリデンが滴状凝縮面として優れていることを見いだした。

第7章においては、滴状凝縮器の実用化をめざし、滴状凝縮面の液滴落下方向の有効長さを明らかにした結果について述べている。液滴の落下方向長さ100mmで幅40mmの0.05 μ mの非常に薄いポリ塩化ビニリデン膜を塗布した滴状凝縮面を用い、広範囲の過冷度における垂直伝熱面の凝縮液滴落下方向の温度分布を測定し、凝縮液滴の掃除作用により伝熱面の上部から40mm付近に伝熱促進効果が現れることが明らかにされた。

第8章は本論文の内容を総括している。

審 査 結 果 の 要 旨

エネルギーの殆どを国外に依存している我が国にとり、エネルギーの有効利用、省資源は国家的重要課題であり、発電所などに代表される伝熱システムの性能向上が強く要請されている。それらの重要構成要素である凝縮器にとって膜状凝縮器の数十倍の性能を有する滴状凝縮器の開発、実用化は必要不可欠な課題である。本論文は、滴状凝縮器の実現を目指し、滴状凝縮の発生機構を高倍率の顕微鏡観察により解明するとともに、ポリ塩化ビニリデンの薄膜を塗布した伝熱面を開発し、耐久試験を行うことにより、その設計指針を提示したもので、全編8章よりなる。

第1章は序論である。

第2章では、滴状凝縮の微視的構造を4500倍の等厚干渉縞およびスペckルパターンにより観察し、冷却面上には常に薄液膜が存在し、液滴はこの薄膜上に半球形を保ちながら成長、離脱することを見い出している。

第3章では、滴状凝縮時における電気抵抗変化および電圧変動を測定することにより、冷却面状には薄液膜が常に存在することを確認し、その厚さを明らかにしている。

第4章では、滴状凝縮液滴の初生および成長過程の詳細を高倍率高速度顕微鏡観察により明らかにし、滴状凝縮液滴は冷却面上に常に存在する薄液膜中より生成、成長するとする「膜生成説」を提唱している。これらは有用な成果である。

第5章では、滴状凝縮フィンとして有効なフィン高さおよび形状を求めるために、種々の形状のフィンについて、特にフィン根元における滴状凝縮の挙動を観察し、凝縮液流のワイピングとその伝熱性能への影響を明らかにしている。

第6章では、ポリ塩化ビニリデンの薄膜を塗布した冷却面の伝熱性能を種々の膜厚さについて測定することにより、金属薄膜と同程度の伝熱性能が得られること、長時間におよぶ耐久試験にも耐えることを見い出し、ポリ塩化ビニリデン薄膜が滴状凝縮面として優れていることを明らかにしている。これらは実用化の観点から重要な成果である。

第7章では、滴状凝縮面の液滴落下方向の有効長さを広範囲の過冷度にわたる実験により明らかにし、液滴の掃除作用により伝熱面上端から40mm付近に伝熱促進効果が現れることを見い出している。これらは滴状凝縮器の設計にとり有用である。

第8章は総括である。

以上要するに本論文は、滴状凝縮の発生機構の詳細を解明するとともに、滴状凝縮器実現に不可欠な凝縮面材料を見い出し、その最適寸法を提示したもので、伝熱工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。