

氏 名	柳 井 誠 やな い まこと
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 261 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 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	管路流沸騰熱伝達に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 佐 藤 俊 教 授 大 東 俊 一 教 授 森 美 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は管路流沸騰熱伝達について、蒸気体積率の小さい表面沸騰域からドライアウトするに至るまでの管路流沸騰のほぼ全域にわたって、沸騰熱伝達の現象を加熱気液二相流の複雑な流動様式との関連を重視しつつ、系統的に明らかにせんとして行なった研究の結果を纏めたもので、9章からなっている。

第1章は緒論で、従来の多くの研究が断片的であり、現象の複雑な様相を十分に把握することなく、単に実験式的に、あるいは複雑な機構の一面のみをとり上げているに過ぎないことを指摘し、本研究を行なった意義と研究の概要を述べている。

第2章においては、管路流における核沸騰熱伝達の機構を明らかにするための基礎として、表面沸騰域において伝熱面に発生する気ほうの挙動を光学的に観測し、管路での核沸騰熱伝達を規定する気ほう力学的諸因子について考察を行ない、またそれらに対する各種実験条件の影響を検討し、沸騰の激しさを総合的にあらわすパラメータとして気ほうの表面包覆率に注目すべきことを述べ、これを用いて熱伝達を考察し、表面沸騰域における実験結果とよく一致する熱伝達率計算式を導びいている。

更に第3章では加熱二相流の流動様式を詳細に調べている。加熱のある場合の二相流は熱負荷、加熱長さなどの因子が加わるだけでなく、流動方向に流動様式が変化する非定常二相流であって、非加熱の場合の結果をそのまま適用することが問題であるので、主として加熱二相流に特有の因子について考察を行っている。また広い領域にわたっての流動様式の詳細な観察から、流動様式を分類し、加熱二相流における流動様式状態図を作成している。

第4章は核沸騰が存在している範囲の飽和沸騰域熱伝達の結果を纏めたもので、熱伝達におよぼす諸因子の影響を検討すると共に、第3章の流動様式の観察結果と対応させて考察することにより、この領域の熱伝達機構を定性的に明らかにしている。すなわち、この領域では熱伝達は核沸騰によるものと対流によるものとが共存しているが、それぞれの寄与する割合が流動様式の変化と共に異なって来るため、巨視的条件のみでは熱伝達を規定しえないことを具体例により示し、流動様式のせん移に関する考察と関連させ

て、この領域の熱伝達結果のばらつきの必然性を説明し、従来の各研究者による実験結果の相互の不一致の原因を明らかにしている。また流れが時間的に不均一なスラッグ流におけるバーンアウトに関し流動現象と関連させて考察し、バーンアウト熱負荷のばらつきの大きさの原因をも明らかにしている。

第5章では、流れが時間的、空間的に比較的均質で扱いやすい気ほう流に限定して、更に詳細な実験を行なって、第4章における考え方の妥当性を確かめ、核沸騰と強制対流が共存する場合のそれぞれの熱負荷の評価方法ならびにそれら両者の相互干渉結果のとり入れ方を検討して、実験結果とよく一致する全熱負荷の計算方法を確立し、さらにこの考え方を核沸騰の存在している環状流領域にまで拡張して適用することを検討し、環状流領域の実験結果ともよく一致することを見出している。

第6章においては、主として環状噴霧流領域の流れの構造を実験的に調べている。この領域では核沸騰は生じないで、熱伝達は液膜内部の強制対流により行なわれるので、液膜厚さ、液膜流量などの液膜構造、コア部の液滴流量や気液界面の波の様相などの流れの構造に関する諸量の詳細を加熱流路において測定し、実験条件の影響について検討し、それらの諸量を規定する因子を明らかにして、この領域の流動機構を定性的に説明している。続いて第7章では第6章の実験結果をもとに環状噴霧流の流動機構の解析を試みていて、流れを規定する諸因子を定量的に導びき、液膜流量、液滴流量、液膜厚さなどを定める計算式をえているが、これらは実験結果ともよく一致し、有用な解析方法であることが確かめられている。さらにこの解析結果のバーンアウトへの応用についても述べ、バーンアウト熱負荷の予知方法を示している。

第8章は第7章の解析結果の熱伝達への応用であって、環状噴霧流領域の熱伝達率を解析的に求める計算式を導びいている。また、この領域の熱伝達の実験結果を流動状態の実験結果と関連させて考察し、従来の整理方法の相互不一致の原因を明らかにしている。

第9章は以上の結果を要約して結論としたものである。

論文審査の結果の要旨

管路流における沸騰熱伝達は単相流の伝熱に比し、かなり良好な熱伝達率をもつ故に、広く利用されているが、プール沸騰熱伝達に比べて、現象が複雑であるため未だ不明確な点が多く、また従来の実験結果にも相互に不一致な点が少なくない。

本論文は、従来の研究結果の相互不一致や、不明確な点の原因が主として、流動状態の検討の不充分さにあるとして、流動様式を詳細に、且つ系統的に調査し、それと密接に関連せしめて考察することにより、熱伝達の機構を明らかにせんとした研究を纏めたものであって、管路流沸騰のほぼ全域にわたって、加熱気液二相流の流動様式と対比しつつ検討を加えている。すなわち、広い領域についての流動様式の詳細な観察から、管路流沸騰を表面沸騰域、飽和核沸騰域および強制対流沸騰域の3領域に分けて考察することが適当であることを見出し、それぞれの領域について流動機構の本質を明確にし、これと対応させて熱伝達の特徴を明らかにしている。表面沸騰域に対しては、伝熱面での気ほうの挙動が熱伝達と密接な関連をもつとして、管路流における気ほう力学的諸因子についての詳細な考察を行ない、これら諸因子が組合わされた結果として、沸騰の激しさの表現が気ほうの表面包囲率に集約しうることを見出し、これを用いてこの領域の熱伝達結果を整理する一般的関係式をえている。

次に飽和核沸騰域に対しては、その熱伝達が気液二相流の流動様式に大きく左右されることを指摘し、この領域の流動様式を気ほう流、スラグ流、スラグアニュラー流、環状流、バブリーアニュラー流の5つの範ちゅうに分類し、これら流動様式ならびにそのせん移のあり方と熱伝達との関連を論じ、従来の実験結果や整理式の相互不一致の原因を明らかにすると共に、熱伝達率の一般的計算式を確立している。

第3の領域は液膜内部の強制対流伝熱が支配的な環状噴霧流域であるが、この領域の流動機構を規定する液膜流量、液膜厚さなどの諸因子を実験的に検討し、これらを定量的に決定する解析方法を求め、その結果を用いて熱伝達率の計算式を導びいていて、この領域においても、従来の整理方法の相互不一致の原因を明確にしているなど、多くの顕著な成果をえている。

以上要するに、本研究は、管路流沸騰のほぼ全域について、従来不充分であった流動状態との関連を明確にして、その熱伝達の機構を明らかにすると共に、熱伝達率算定の普遍性のある関係式をえており、気液二相流の研究分野に多くの有用な知見を加えたもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。