

氏 名	村 上 泰 弘 むら かみ やす ひろ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 110 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 9 月 27 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	円筒型攪拌槽伝熱の実験的研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 水 科 篤 郎 教 授 永 田 進 治 教 授 吉 田 文 武

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は化学反応槽として重要である円筒型攪拌槽の壁面および冷却蛇管面における伝熱の実験的研究をニュートン流体および非ニュートン流体について行い、その熱伝達係数の相関式を導いた結果について記述したものであり、12章からなっている。

第1章は緒論であり、従来の研究について概説し、それらの欠点を指摘し、本研究の方針について述べている。

第2章では槽壁表面温度分布と槽内の流体の温度分布の複雑な挙動を解明してその結果を用いて確立した信頼できる伝熱係数算出法につき述べている。また攪拌槽伝熱における遷移域の問題を槽内温度分布の実測結果から明らかにしている。

第3章ではニュートン流体として、水、グリセリン水溶液、ヒマシ油等を用いて、槽壁側伝熱係数を代表的な数種の攪拌翼すなわち、鋸形、櫓形およびタービン形等について実験し、従来まったく検討されなかった羽根枚数と翼巾の効果を詳細に調べ、各攪拌翼特性を一元的に統一して、上述の結果を一つの相関式で表わしている。

第4章ではニュートン流体の冷却蛇管側熱伝達係数をまとめ、各種攪拌翼による結果を統一相関式で表わし、またこれを他の研究者の結果と比較し、実用的に問題のない結果を与えることを確かめている。

第5章では第3章の実験的知見と槽内の流れの様子に関する諸家の知見を総合して、槽壁側熱伝達係数に関する3つの模型すなわち層流に対する境界層模型、乱流に関する複合渦模型および乱流拡散模型を提案している。これによって広い実験範囲の実測結果が説明できるという。

第6章では上述のニュートン流体の結果を非ニュートン流体にまで拡張する準備として、指数法則モデル流体について考察し、乱流域の解析には壁面の速度勾配に対応する見掛けの粘度を用いたレイノルズ数およびプラントル数が重要な因子であることを指摘し、円管内および平板上の流れについて、その妥当性を確認している。

第7章では非ニュートン流体に関する実験結果につき記述している。擬塑性流体としては、C.M.C. 水溶液を、塑性流体としてはセメント原料スラリを用い、槽壁側熱伝達係数を測定して、第6章で述べた壁面における速度勾配に対応する見掛けのレイノルズ数およびプラントル数で実験結果を整理し、相関式を導いている。

第8章では非ニュートン流体に関する、冷却管側熱伝達係数を実測し、相関した結果につき記述している。

第9章では攪拌槽における伝熱機構の解明の一段階として、槽壁上の流体摩擦係数と熱伝達係数の関係に相似論的手法がどの程度まで適用できるかを調べた結果を記している。まず槽壁における流体摩擦係数を統一的にまとめる相関式を導き、第3章で得られた熱伝達係数に関する統一相関式との相似関係を考察している。ついで擬塑性流体について摩擦係数の実測値を求め、第6章で述べた概念を用いてこれをまとめ、第7章で得た伝熱係数との関係を検討し良好な相似関係を得ている。

第10章では攪拌槽伝熱の応用上重要である伝熱係数と攪拌所要動力の関係について論じ、新しい無次元数、すなわち動力レイノルズ数を導入して、新しい相関法を示している。

第11章では攪拌槽の邪魔板の熱伝達係数におよぼす影響を実験的に調べた結果について述べている。すなわち邪魔板を槽壁に対称に配置した場合、槽壁側および冷却管側熱伝達係数におよぼす効果を邪魔板なしの第3章、第4章および第10章の結果と比較して、これらの各章の結果を邪魔板を有する場合に拡張している。

第12章は結論である。

論文審査の結果の要旨

この論文は化学反応槽として重要である円筒型攪拌槽の壁面および冷却蛇管面における伝熱の実験的研究を広い実験条件で行い、その伝熱係数を相関する実験式を導き、さらに伝熱機構について考察を加えた結果について記述したものである。

著者も指摘しているように、既往の研究は多数あるにもかかわらず、せまい実験範囲の研究が多く、一般性に乏しいためあらゆる場合に適用する訳にはゆかない。また実用的には非ニュートン流体を扱う場合が多いにもかかわらず、これに関する研究は発表されていないようである。以上のような現状を考慮して著者はつぎのような研究方針を定めた。

(1) ニュートン流体について発表されている諸研究結果を統一し、各攪拌翼間の関係を明らかにし、広い条件に適合する相関式を導く。

(2) 非ニュートン流体に関する実測値の集積と実用的相関式の提出。

(3) 伝熱機構を解明し、実用的な諸関係を導く。

したがって以下の各章は大別すると上述の3つの基本線に沿っている。すなわちつぎのごとくなる。

(1) 第3, 4章

(2) 第6, 7, 8章

(3) 第2, 5, 9, 10, 11章

第3, 4章においてはニュートン流体の槽壁側および冷却管側伝熱係数を実測して, この結果と従来まったく検討外におかれていた羽根枚数と翼巾の効果を考慮して錨形, 撹形, タービン形等の撹拌翼の種類にかかわらず, 一つの相関式で表わすことに成功している。このことは実用的見地から特に重要な意味をもつものである。

第6章においては指数法則モデル流体について考察し, 乱流域の解析には壁面の速度勾配に対応する見掛けの粘度を用いたレイノルズ数およびプラントル数が重要な因子であることを指摘し, 円管内および平板上の流れについて, その妥当性を確認しているが, このことはひとり撹拌槽におけるのみならず, 広く非ニュートン流体の伝熱に関して重要な知見といえよう。第7, 8章においては上述の知見を応用して, 非ニュートン流体の槽壁側および冷却管側熱伝達係数の実測値を相関する式を導いている。撹拌槽伝熱において非ニュートン流体に関する式は初めてといてよく, 実用上極めて大きな意味を有する。

第2章では槽壁表面および槽内の流体にはかなり著しい温度分布が存在することを指摘し, これに対する, 撹拌翼形および回転数などの影響を実測している。なおこの結果を用いて信頼すべき平均温度差を求める方法を導き, それによって熱伝達係数を算出すべきことを述べている。また槽内温度分布の実測結果から撹拌槽伝熱における遷移域の問題も明らかにしている。これらの結果は撹拌槽の伝熱機構を論ずるのに重要な事項である。

第5章では槽壁側熱伝達係数に関する3つの理論的模型, すなわち層流に対する境界層模型, 乱流に関する複合渦模型および乱流拡散模型を提案し, これによって実測結果の説明をしようと試みている。これは撹拌槽内の流動様式と伝熱係数を結びつけようとする最初の試みといてよく, ある程度の成功とあいまって価値ある研究といえることができる。

第9章では槽壁面における流体摩擦係数と熱伝達係数の関係に相似論的手法がどの程度まで適用できるかについて論じている。その結果ニュートン流体, 擬塑性流体についてある程度の成功を収めている。この相似論は伝熱の他の分野では半理論的手法として広く用いられているものであるが, 撹拌槽の伝熱においては本論文が初めてとり上げたものであり, 極めて興味のある研究である。

第10章では伝熱係数と撹拌所要動力の関係について論じ, 動力レイノルズ数なる新しい無次元数を導入して相関している。結果はかなり複雑であるが, 実用上ある程度役立つであろう。

第11章では撹拌槽の邪魔板の伝熱係数におよぼす影響を実験的に調べた結果について述べ, 邪魔板効果を考慮して, 第3, 4および10章の結果を拡張して, 実用上有益な結果をえている。

これを要するに, この論文は撹拌槽伝熱に関し, はじめて体系化を試み, その伝熱機構を明らかにし, 設計に役立つ伝熱係数に関する実験式を提出したもので, 学術上ならびに工業上貢献するところが少なくない。よってこの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。