

ふりがな てずら しゅういち
氏名 手面 修一
学位 博士 (工学)
学位記番号 新大院博 (工) 第276号
学位授与の日付 平成 20年 3月 24日
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名 往復動翼による固液攪拌に関する研究

論文審査委員
主査 教授 大川 輝
副査 教授 田口洋治
副査 教授 山際和明
副査 教授 伊東 章
副査 教授 今泉 洋

博士論文の要旨

本論文は「往復動翼による固液攪拌に関する研究」と題し、多くの素材、材料の生産プロセスに組み込まれている、種々の設計、操作上の問題を有する一方向回転翼型邪魔板付き固液攪拌槽に代わる、回転方向を周期的に変える攪拌翼、すなわち往復動翼を採り入れた新形式の邪魔板無し固液攪拌槽の性能特性評価および操作設計法を論じている。まず、翼がつくる有効な流れの視点から邪魔板無し槽に用いる正逆回転翼、すなわち往復動翼の形式を決定するとともに、その翼による攪拌システムの槽への配置すなわち装置の幾何学的条件を明らかにしている。次に、固液分散装置としての本形式攪拌槽における固体粒子の浮遊化および固液間物質移動を、それぞれ槽内の流れ特性、翼の消費動力との関連において解明している。さらに、固体粒子の浮遊化限界条件下における翼回転速度および消費動力の相関に基づいて、本形式槽の設計、操作すなわちスケールアップ手法の提示を行っている。論文は全6章から構成されており、その要旨は以下のようである。

第1章は緒言であり、本研究の背景を記述するとともに、関連する既往の研究を概観し、本研究の目的を記述している。

第2章では、往復動攪拌様式に適した翼形式の選定を行うとともに、その翼の邪魔板無し槽への配置すなわち装置幾何学的条件について流体力学的検討を行っている。まず、羽根の断面形の対称性、往復動による流れの弱め合いの有無の観点から、代表的な形式の一方向回転翼である6枚平羽根ディスクタービン(6FDT)翼を邪魔板無し槽における往復動翼として合理的に選定している。次に、本往復動翼を用いた場合の流動特性および動力特性を、邪魔板付き槽において一方向回転方式で用いた同一形式の翼による特性との比較において評価している。いずれの操作様式においても、翼取り付け高さを変えると翼による吐出流の方向の変化に伴う槽内液のフローパターンの遷移が認められるが、往復動翼の吐出領域は一方向回転翼の領域に比べて広いことを明らかにしている。また、往復動翼の動力数すなわちエネルギーの伝達能力は一方向回転翼でのそれに比べて全体的に大きく、翼取り付け高さに依存しないことを見出している。これらの結果から、往復動6FDT翼邪魔板無し槽では、攪拌作用を大きく変えることなく、翼取り付け高さによらない高いエネルギー伝

達能力の下、装置の幾何学的条件の設定が可能であることを明らかにしている。

第3章では、邪魔板無し槽における往復動 6FDT 翼による固体粒子の浮遊化特性ならびにその流体力学的・動力学的特徴について検討を行っている。まず、本形式槽における浮遊化限界条件を、固液条件および装置幾何学的条件を変えて実験的に決定している。次に、浮遊化限界条件を規定する翼の回転速度の諸条件への依存性を往復動および一方向回転といった攪拌様式について比較を行っている。浮遊化限界翼回転速度の固体粒子の濃度および直径、固液の密度および液の粘度といった固液条件への依存性は攪拌様式についてほぼ共通であるが、装置幾何学的条件への依存性は攪拌様式間で異なり、往復動様式では翼取り付け高さへの依存性はその範囲により異なることを見出している。また、往復動翼は槽底翼直下に、局所的な回転流領域がない液流れをつくり、一方向回転翼に比べて小さい消費動力で固体粒子の浮遊化を達成する効果的な攪拌作用を与えることを明らかにしている。

第4章では、邪魔板無し槽における往復動 6FDT 翼による固液間物質移動の促進について輸送現象論的見地から検討、考察を加えている。まず、種々の幾何学的条件をもつ本形式槽における物質移動速度を、操作条件としての翼回転速度を変えて実験的に測定、評価している。次に、浮遊化限界翼回転速度以上の速度範囲すなわち完全浮遊状態において固液間物質移動係数を決定、その、翼の消費動力からみた相違を往復動および一方向回転といった攪拌様式について比較を行い、物質移動係数と消費動力の関係に攪拌様式による相違はないことを指摘している。また、往復動翼は、表面通気に関する問題への懸念を軽減する結果として広い操作範囲にわたって良好な固液接触を与え、本形式槽では高い物質移動係数が得られることを明らかにしている。

第5章では、往復動 6FDT 翼邪魔板無し固液攪拌槽の設計、操作を化学工学的観点から検討を行っている。まず、浮遊化限界条件の依存性を4種類のサイズの槽について測定、評価している。浮遊化限界条件下での翼の回転速度および消費動力の実験データに基づき、浮遊化限界翼回転速度については固液条件および装置幾何学的条件の関数として予測する無次元式を、消費動力については液密度、翼回転数および直径の関数として予測する実験式を提示し、これらの式が本形式槽のスケールアップに役立つことを明示している。次に、槽底に形成する固体粒子の堆積塊およびその周りの液の流れを調べ、フルード数が一定であるといった力学的相似則が本形式槽のスケールアップの変化に対して成立することを明らかにしている。

第6章は総括であり、本研究で得られた知見をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

審査結果の要旨

本論文では、従来の一方向回転翼を用いる邪魔板付き固液攪拌システムに代わる、新規な回転方式の往復動6枚平羽根ディスクタービン(6FDT)翼による攪拌システムを採り入れた邪魔板無し固液分散槽すなわち攪拌槽の諸特性を流体力学的、輸送現象論的に解明するとともに、既往の固液攪拌槽に比べて高い、その諸特性の優位性および操作の融通性などを明示している。また、本往復動翼固液攪拌槽の操作特性に及ぼす操作条件、幾何学的条件および固液条件といった操作因子の影響を系統的に評価し、本形式槽の実用化のための基礎となる化学工学的設計、操作法すなわちスケールアップ指針の確立を図っている。

以上のように、新しい固液攪拌システムとして開発された往復動 6FDT 翼邪魔板無し攪拌槽について、その性能特性、操作設計特性およびスケールアップ法を明らかにした本論文は、固液間物質移動および固液系反応等を利用する素材、材料の生産性の向上および高品質化・高機能化に寄与する高性能攪拌型固液分散装置の実用化、展開、進展に多大な貢献をなすものであり、工学および工業上高く評価される。

よって、本論文は博士(工学)の博士論文として十分であると認定した。