

氏 名	はま 濱 村 隆 史
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2077 号
学位授与の日付	平 成 13 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 化 学 工 学 専 攻
学位論文題目	連続晶析プロセスの最適操作に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 橋 本 伊 織	教 授 谷 垣 昌 敬	教 授 田 門 肇
--------	----------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、実際に工業界で用いられている DTB 型連続晶析器を具体的な対象として、連続晶析プロセスの最適操作を支援するためのシステムの開発を目指して検討した結果をまとめたものであり、8 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、過去の研究についてまとめ、晶析プロセスの最適化について解決しなければならない課題を示している。特に、連続晶析プロセスでの振動状態も考慮した最適操作法の導出の重要性を指摘している。また、工業規模の晶析プロセスでは制御が困難となる運転条件が存在する場合があるため、このようなプロセスでの最適な運転条件を実現するためには、制御性についても検討する必要があることを指摘している。

第 2 章では、過去に提案された連続晶析プロセスのモデルを拡張し、実際に企業で用いられている連続晶析プロセスの挙動を表現するモデルを構築している。さらに、晶析缶内の不完全な混合状態を表現するために、晶析缶内を複数のコンパートメントの組み合わせであると仮定したモデル化、すなわちコンパートメントモデルの構築を行った。コンパートメント間の結晶の分級を表現する分級効率関数を、流動シミュレーションを用いて導出する新たな手法を提案している。

第 3 章では、連続晶析プロセスの最適な運転方法について検討するため、以下の 3 つの操作方法についてそれぞれ最適な運転条件を求め、比較検討を行った。

- ・一定操作：周期振動状態において操作量を一定に保つ操作方法。
- ・周期操作：周期振動状態において操作量を周期的に変化させる操作方法。
- ・静的定常操作：安定化制御により周期振動を抑え、粒径分布を経時変化させない操作方法。

評価関数としては、粒径の大きい結晶の生産速度が用いられている。

周期操作における最適運転条件を従来の最適化法で導出するには非常に長い計算時間を要する。この問題に対し本研究では、操作量を時間の関数ではなく、振動する状態変数の関数と考えて最適化を行う手法を提案し、最適化計算を現実的な時間内で行うことを可能とした。

これらの操作方法での最適運転条件を比較し、一定操作や周期操作よりも、振動状態を抑えた静的定常操作の場合の方が大結晶の生産速度が大きいことを明らかにした。

第 4 章では、連続晶析プロセスの制御のしやすさを評価するための指標を提案している。この指標の有効性について検証し、前章で対象としたプロセスにおいては、最適な運転条件で安定化制御が困難であることを示した。

第 5 章では、外部加熱器体積や環状沈降部断面積といった、制御系の性能に強い影響を与える設計変数が、晶析プロセスの制御しやすさ、大結晶の生産速度、制約条件の 3 つに与える影響について検討している。その結果、外部加熱器体積と環状沈降部断面積を適切に調整することで、大結晶の生産速度が大きく、制約条件を満たす運転条件で安定化制御が容易に行えることを示している。

第 6 章では、コンパートメントモデルを用いて、晶析缶内の過飽和度や結晶粒径分布といった状態変数の空間的分布が、

最適な運転条件について与える影響について検討している。そして、晶析缶内の状態変数の空間的分布は、大結晶の生産量にはほとんど影響を与えないが、缶内に過飽和度の高い部分が生じるため、運転可能な操作条件の領域が大きく変化することを示した。

第7章では、コンパートメントモデルを用いて、晶析缶内の状態変数の空間的分布がプロセスの制御しやすさに与える影響について検討している。不完全な混合状態にある晶析器の制御性が評価できるよう、4章で導いた制御しやすさの指標を拡張している。そして、晶析缶内の混合状態は安定化制御が容易に行える運転条件に強い影響を与えることを明らかにした。

第8章は総論であり、本研究の成果をまとめ、今後の検討課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、連続晶析プロセスの最適な運転方法の導出とその実現について検討を行ったものであり、得られた成果の主なものは以下の通りである。

(1)結晶粒径分布が周期振動する状態における最適運転条件を従来の最適化法で導出するには非常に長い計算時間を要する。この問題に対し本研究では、操作量を時間の関数ではなく、振動する状態変数の関数と考えて最適化を行う手法を提案し、最適化計算を現実的な時間内で行うことを可能とした。

(2)工業規模の連続晶析プロセスにおいては、所望の運転条件で結晶粒径分布の安定化制御が困難である場合がある。プラントの制御性を評価する手法はいくつか提案されているが、本研究で対象とする晶析プロセスのモデルは複雑であるため、これらの手法を適用するのは困難である。そこで、連続晶析プロセスの制御しやすさを示す指標を新たに提案することで、工業規模の連続晶析プロセスの制御性の評価を可能とした。さらに、設計変数が晶析プロセスの制御しやすさに与える影響について検討し、最適な運転条件で制御しやすい晶析プロセスの設計条件を示している。

(3)晶析缶内の不完全な混合状態を表現するために、晶析缶内を複数のコンパートメントの組み合わせであると仮定するコンパートメントモデルを構築した。コンパートメント間の結晶の分級を表現する分級効率関数を、流動シミュレーションを用いて導出する新たな手法を提案している。そして、コンパートメントモデルを用い、晶析缶内の混合状態が最適運転条件や制御性に与える影響を明らかにしている。

以上、本論文は、単に晶析プロセスの最適化だけでなく、最適運転条件と制御や設計問題、非理想的混合状態との関係について検討したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成13年3月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。