

論文内容の要旨

博士論文題目 バッチ生産システムのインテリジェント化に関する研究

氏名 丹羽 忠夫

化学製品の製造においては柔軟で効率的な多品種少量生産の達成が重要な課題になってきている。一つの解決法として化学物質の入った容器（槽）を各操作タスクを実行するステーションへ順次移動させることによって、製品製造のバッチサイクルを実行する生産方式が新しい生産方式として期待されているが、このパイプレスバッチプロセスと呼ばれる移動槽式バッチプロセスは著者達によって世界で始めて開発され工業化された。

本論文では、まずこの方式の基本概念について考察し、装置設計中心の単位操作の考え方を見直し運転操作の立場から要素機能を再構成したものとしての解釈を与えている。つづいて各設備の台数、ステーションのレイアウト、移動槽の移動ルール、ジョブのスケジューリングなど多くの設計要素を含むパイプレスバッチプラントの性能を評価するための解析手法およびモデリング手法について検討し、具体的に設計案が与えられた場合のシミュレーションの方法を提案している。

パイプレスバッチプラントは特にその運用方法によって生産性が大きく影響を受けるため、プラント設計では各設備のハードウェアとともに運用方法などのソフトウェアも検討対象となり、プラントの規模が大きくなると経験のみによる設計は難しくなる。論文の後半では、このような設計要因が複雑に絡んだパイプレスバッチプラントの設計問題の特徴について考察している。つづいて設計案の提案とシミュレーションを使った設計評価をくりかえす実用的なプラント設計手法を提案し、具体的にモデリング部、シミュレーション部、評価部から構成された設計支援システムを開発している。この設計支援システムではいろいろな代替案が簡単に入力でき、シミュレーションによってパフォーマンスを定量的に評価することができる。最後にこの設計支援システムの有用性および実用性を工業規模のプラントの設計例をつかって示している。この結果、経験と蓄積されたノウハウに頼っていたプラント設計をより合理的に行うための工学的基礎を確立した。

論文は次の8章から構成されている。まず第1章では、研究の背景と目的について述べている。第2章では、バッチ生産システムの現状と課題についてまとめ、パイプレスバッチプロセスの開発と工業化について述べている。第3章では、パイプレスバッチプロセスの基本概念について示し、従来型のバッチプロセスとの違いを明確に示している。第4章では、パイプレスバッチプロセスを構成する要素技術について述べている。第5章では、パイプレスバッチプロセスの経済的な評価について考察している。第6章では、システム解析の基礎となるパイプレスバッチプラントのモデリングとシミュレーションの手法について提案している。第7章では、設計要因が複雑に絡んだパイプレスバッチプラントの設計問題について考察し、具体的に設計を支援するシステムを開発している。第8章では、本論文の結論を述べ、将来の課題について示している。

論文審査結果の要旨

本論文は、パイプレスバッチプラントの開発および工業化を行ってきた経験をもとに関連技術の体系化を行い、より合理的でインテリジェントなバッチプロセスを開発するための工学的基礎として、モデルリング、シミュレーション、設計評価の具体的な方法を示したものである。本論文の主な成果は次のように要約される。

1. 技術が先行し各種要素技術が融合して開発されたパイプレスバッチプロセスの製造技術について工学的に考察しその基本概念を明らかにした。すなわちいったん基本的な機能要素に分解したあと再構成することによって、新しい生産方式であるパイプレスバッチプラントを構成する基本要素を明確に定義した。

2. バッチサイクルを表現するのに離散事象モデルを使い、移動槽などの共通設備の運用方法はルールとして記述してシミュレーションを行う方法を確認した。これによって複雑な運用ルールが使われる実プラントの挙動の解析や設計要因が複雑に絡む新規プラントの設計に使える柔軟性をもったシミュレーションモデルを構築することができた。

3. 各設備の台数、ステーションのレイアウト、移動槽の移動ルール、ジョブのスケジューリングなど多くの設計要素を含むパイプレスバッチプラントの設計問題の特徴を明らかにした。また設計を評価するための具体的な評価指標を示し、シミュレーション結果をもとに設計変更を行う際の具体的な指針を与えた。

4. 1～3で述べた成果をもとに開発した設計支援システムを工業規模のパイプレスバッチプラントに応用してその有効性および実用性を実証した。

以上のように本論文では、経験やノウハウにたよっていたパイプレスバッチプラントの設計をより合理的に行うための具体的なシステム手法を確認し、また実用に耐えるパイプレスバッチプラントの設計支援システムを開発している。これらの成果は今後バッチプラントのインテリジェント化をさらに進める際の工学的な基礎を与えるもので、プロセスシステム工学の分野において、学術上、実用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あるものと認める。