審 査 結 果 の 要 旨

論文題目「高機能プラスチックフィルムの巻取装置の開発に関する研究」

学位申請者　森川　亮

我が国の産業力強化のためには長い年月を有する基礎研究の他に、企業の製造現場などで行われている実用化研究も重要であるが、基礎研究は大学や国の研究機関などを中心に、また、実用化研究は民間企業を中心に行われており、その連携は必ずしも十分とは言えない。そこで近年、基礎研究と実用化研究の橋渡しを行う研究「トランスレーショナルリサーチ」の重要性が注目されてきている。　本学位論文は、「トランスレーショナルリサーチ」の成功例として注目されるべきものである。

我が国のプラスチックフィルム産業は、その製造から加工技術まで様々な企業が高い技術を有しており、世界的にみてもその技術レベルは非常に高い。柔軟なプラスチックフィルムに、ウェットコーティングや蒸着などの表面処理を施すことによって光学的・電気的特性などの様々な付加価値を付与することでフィルムの機能性を向上させることが可能であり、様々な製品が販売され、また新たな特性や機能を付与するための基礎研究も盛んにおこなわれている。しかし、プラスチックフィルムの製造技術においては未だ検討の余地があり、いかにして製造時の不良の発生を抑えるか、またその歩留まりを向上させるかが重要な課題である。プラスチックフィルムは一般に、付加価値を高める加工が施された後、巻取装置によりロール状に巻き取られて次工程に入るまで保管・輸送されている。巻取工程において、プラスチックフィルムの巻取時における品質を極限まで高める改善がなされてきてはいるが、保管や輸送環境における熱的環境に起因する巻取ロールのしわやスリップなどの発生が依然として大きな課題として残っている。これら欠陥は、巻取ロールの内部応力に起因し、この内部応力は巻取り時の巻取張力と巻き込み空気量、あるいは巻取り後の環境温度の変化に密接に関連していることが既に報告されている。

研究の目的：

欠陥の発生を防止する巻取条件、あるいは実際の製造プロセスにおける加熱や冷却などの環境因子の変化がもたらす内部応力の影響を考慮した最適な巻取条件を適用した製造技術は今までに報告されていない。そこで本研究では、従来の理論モデルを基に、関連するパラメータを考慮した最適な巻取条件を検討し、実際の巻取装置に組み込んだ上で欠陥の発生防止を試みることを目的とし、実証研究を行なった。

本論文の構成と審査結果：

第１章は序論であり、巻取装置における特許上の歴史的背景がまとめられており、巻取装置において最適な巻取条件を簡単に設定できる機能の追加の必要性、および本研究の目的について述べている。申請者は本研究、およびその関連技術を熟知していると判断される。

第２章は、巻取条件を最適化する上で必要な理論モデルを構築した。内部応力の理論予測モデルを過去の文献等を参照しながら構築し、巻取り直後におけるしわとスリップの欠陥を防止するための巻取条件の最適化に成功している。また、２軸ターレット方式における巻取方法の特徴を

送の安定性を高めるための巻取張力について検討し、最適化モデルの定式化に成功している。さらに、環境温度が経時的な変化した場合の内部応力の理論予測モデルを構築し、巻取り直後における最適化モデルの有用性を確認した。実際の製造プロセスにおける環境温度の変化を調査し、実用的な解釈を加えた上で最適な巻取条件を決定する最適化機能を付与することに成功している。本研究により、構築した機能により保管や輸送環境により環境温度が加熱・冷却された双方の場合において巻取欠陥の発生を抑制できる巻取条件を決定することが可能となった。

第３章では、第２章で導いた理論モデルを実験的に検証している。具体的には、フィルムのヤング率の温度依存性を調べ、ヤング率の温度依存性が内部応力に及ぼす影響を明らかにし、内部応力の理論モデルの妥当性が確認された。さらに，巻取理論を用いて最適化した解析値と実測値の比較を行い、内部応力に対する最適巻取条件の効果と妥当性を示すことができ、環境温度の変化に対してもあらかじめ内部応力を予測することが可能な、欠陥を防止する最適な巻取条件を理論的に決定する技術の開発に成功している。

第４章では、第３章で示した理論モデルを巻取装置に適用する上での問題点と、その対策について検討を加えている。巻取装置は境界条件に外乱を与える要因が多いため、理論モデルとの適合性を図るためには最内層の境界条件に相当するフィルムの巻き芯への巻き始めと、最外層の境界条件に相当する巻取ロールにおける最外層へのフィルムの巻き付けを安定化する必要がある。具体的な外乱の防止方法を考案し、理論予測モデルとの適合性を図ることに成功している。

第５章では、第４章で導いた境界条件の外乱を防止する手法を実機規模の巻取装置に適用することを試み、巻取時の欠陥防止に対する最適化モデルの効果を検証している。第２章で示した最適化モデルを最適巻取制御ソフトとして巻取装置に組み入れ、さらにユーザインターフェースを導入することで操作者が簡単に操作可能なシステムとして構築することに成功している。さらに、実機規模での巻取試験を実施し、巻取り直後のみならず輸送・保管を含めた環境温度の変化に対しても効果的にしわとスリップの欠陥を予測し、防止する技術の開発に成功している。その結果、たとえば、作業者の経験的な知識に基づく巻取条件では巻取全量に対して約3%の欠陥が発生するが、本最適巻取条件を採用することにより欠陥は発生しない（0%）ことを明らかにしている。

第６章は本研究を総括し、本論文の結論が適切にまとめられている。

以上、従来、欠陥の理論的な防止策は学術的なバックグラウンドの乏しさから経験則にゆだねられている部分が多く、安定した巻取品質を得ることは困難であったが、本研究の成果をもとに開発された巻取装置では、操作者に特別な経験が無くても最適な巻取条件を設定でき、欠陥を防止することが可能となっている。したがって、本学位論文の成果は大きな学術的価値と産業への応用が十分に期待されるものである。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。したがって、申請者　森川 亮　は東海大学博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	博士（工学）	岩森　暁	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	工学博士	橋本　巨	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	Ph.D.	槌谷　和義	工学部准教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	Ph.D.	山本　佳男	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	神崎　昌郎	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）