

氏 名	やけ もと かず とし 焼 本 数 利
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 50 号
学位授与の日付	平成 6 年 3 月 25 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	工芸科学研究科機能科学専攻
学 位 論 文 題 目	熱可塑性樹脂の射出成形における適応制御に関する研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 前川善一郎 教 授 小 西 孝 教 授 秋 山 隆 一 教 授 松 尾 達 樹

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は熱可塑性樹脂の射出成形品の品質安定性を向上させるために、射出成形の保圧制御方式の改善を目指して行われたものである。本論文では最初に、金型内の樹脂温度、樹脂圧力および成形品重量変化の理論的な予測手法を構築し、つぎに本保圧制御方式に基づいた制御装置を作製し、その有用性を明確にしたものである。本論文は 7 章および緒論と結論から構成されるものであり以下に各章の概要を示す。

第 1 章では、射出成形法およびプロセス制御技術に関する従来の研究を概観し、従来の研究の問題点を明確にしている。

第 2 章では、従来の代表的な制御方法である型内圧力制御の適用限界を解析している。この制御方法が成形品重量の安定性向上に対して有用となる条件は、型内の樹脂圧力変化に起因する成形品重量の変化が、型内の樹脂温度変化に起因するものに比べて相対的に大きい場合であることを理論的に明らかにしている。また、この条件が成立つのは、金型温度が安定した成形条件の下で、射出される樹脂温度の変化や機械の射出動作の不安定性に起因して型内圧力が変動する場合であることを実験により確認している。ここに示した適用限界は、型内圧力変動の原因を未知のままで制御することによるものであり、この限界を解消するためには、成形環境における温度変化を考慮する必要性のあることを示している。

第 3 章では、成形環境における温度変化を金型および射出される樹脂の温度変化として捉え、これらの温度変化が型内の樹脂温度変化に及ぼす影響を予測する手法を提案している。充填過程における樹脂の熱移動現象を、伝導伝熱、粘性発熱および対流を考慮した円管内樹脂の定常熱伝導として解析している。また、保圧冷却過程における型内の樹脂を無限平板とみなし、非定常熱伝導として解析している。実験の結果、実際の成形時に発生する型内の樹脂温度変化を精度良く推定できることを検証している。

第 4 章では、金型および射出される樹脂の温度変化が、保圧冷却過程における型内の樹脂圧力変化に及ぼす影響を予測する手法を提案している。樹脂はアレニウス型の温度依存則に従うべき乗流体と仮定し、連続の式、状態方程式および型内の樹脂温度変化の予測式を用いて解析している。この結果、型内の樹脂圧力は、加熱シリンダからキャビティに至る圧力勾配で決定される樹脂の流れと、冷却に起因する樹脂の体積収縮と、体積収縮を補う樹脂の流れにより決定されることを明らかにしている。そして、型内の樹脂圧力変化を精度良く推定できることを実験により検証している。

第 5 章では、型内圧力の変動を引き起こす主原因である樹脂流動性の変化を成形中における充填時間の変化として間接的に検出し、型内圧力の安定性を維持する保圧制御方法を提案している。型内の樹脂圧力変化の予測式を用いて、金型に樹脂を充填するのに要する時間と型内の樹脂圧力との関連性を解析し、充填時間の計測値に基づいて保圧を修正する制御方法を提案している。実験の結果、本制御方法は粘度の温

度依存性が大きい一般用ポリスチレンおよびメタクリル樹脂に適用でき、これらの樹脂に対して型内圧力フィードバック制御と同程度の制御が可能となることを検証している。

第6章では、保圧冷却過程における成形品重量変動の発現機構を解析している。成形品重量は、保圧開始時のキャビティ内の樹脂密度と、加熱シリンダからキャビティに至る圧力勾配と樹脂流動性により決定される樹脂の流れと、冷却に起因する樹脂の体積収縮により付加的に生じる圧力勾配で決定される樹脂の流れの3つの作用によって形成され、成形品重量の変動は、これら3つの作用がアンバランスに変化することにより発生することを理論的に明らかにしている。また、キャビティに供給される樹脂の流動性が消失して成形品重量が確定するあたりの固定された時刻の型内の樹脂圧力と樹脂温度を評価すれば、成形品重量変動を高精度で推定できることを示し、その推定精度を実験により検証している。

第7章では、前章までの予測手法を応用し、型内の樹脂の状態変化をあらかじめ金型に樹脂を充填する前に理論的かつ迅速に予測して制御量を決定し、保圧を制御する方法を提案している。実験の結果、本制御方法は温度変化に起因する成形品重量変動を解消するのに有効であり、従来の制御方法に比べて成形品重量の安定性を飛躍的に向上できることを確認している。さらに、成形立ち上がりや朝夕の気温変化を含む12時間の成形を行い、実際の生産の状況下で成形品重量の安定性向上に有効となることを検証している。

最後に、第8章の結論において、これまで論じてきた研究の成果の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

熱可塑性樹脂の射出成形法は、プラスチック製品の最も代表的な成形加工方法の一つである。近年、射出成形品の高品質化と生産性向上に対する要求はますます厳しくなっている。実際の生産段階においては、成形環境、材料、金型および機械それぞれに、品質の変動を引き起こす変動要因（外乱）が存在する。このため、最終的に高い寸法精度の成形品を生産するためには、変動要因の存在を考慮に入れて、品質とその再現性を維持する技術を確立することが重要な課題となる。従来、この課題に対してはプロセス制御技術が主な役割を果たしてきた。しかし、型内の樹脂の状態変化および品質の予測が不十分であったため、品質の再現性を維持できる普遍性のある制御手法は確立されていなかった。

本論文では、従来の問題点を解決し、品質の安定性を向上させると共に、幅広い材料と成形品に適用できる汎用性と、型内の樹脂圧力センサーやフィードバック制御を必要としない簡素性および経済性と、多様な品質特性への拡張性とを兼ね備えた制御方法を構築することを目的としている。このために、熱可塑性樹脂の射出成形に適した制御方式を検討し、温度や圧力を始めとする型内の樹脂の状態変化を金型に樹脂を充填する前に迅速かつ理論的に予測し、所定の品質を達するように保圧を制御する方法を確立したものである。また本制御の基礎として、型内の樹脂温度、樹脂圧力および成形品重量変化の予測手法を構築し、本研究の制御方法を従来の制御方法と比較し、成形品重量の安定性を大幅に向上できることを確認している。

以上述べたごとく、本研究の保圧制御方法は、成形品品質とその再現性を飛躍的に向上させることのできる簡素で汎用的かつ実用的な制御システムであり、独創性があることを全審査委員が認めた。

本論文の内容は国内学術雑誌に3編と国際会議 proceedings に1編の学術論文として報告されており、熱可塑性樹脂の射出成形品の高品質化をめざした本研究は、工学的価値を有している。このように本研究はおもに工学の観点から問題の追及と解決をはかったものであるので専攻分野として工学と付記することが適切である。