

審査の結果の要旨

氏名 高次 聡

射出成形は、樹脂材料を可塑化し、金型の中へ射出、冷却・固化することで形状を付加する代表的な樹脂加工法である。精密射出成形においては、「高い形状精度を有する均質な成形品を繰り返し安定生産する」ことが求められ、そのためには、①可塑化する樹脂を均温化すること、②金型に射出する樹脂の体積を一定に管理することが重要となる。

本論文では、射出成形機の可塑化・計量工程における計量不安定因子、すなわち、成形品重量のばらつきをもたらす因子を究明し、その対策指針を得ること、および射出工程における逆流防止リングの閉鎖挙動検出機能と射出量安定化技術を開発することを研究目的としている。

第 I 部では、可塑化工程における計量不安定現象の原因を解明している。ホッパー下部からシリンダ内までを連続的に動的可視化し、併せてシリンダ内壁面温度分布計測も可能とするガラス内挿方式の可視化加熱シリンダを開発し、PP (ポリプロピレン) の連続可塑化実験を通して、その有効性を明らかにした。

同可視化装置を用いて、PBT (ポリブチレンテレフタレート) を含む、各樹脂についてホッパー下部における挙動を定量的に解析し、噛込み不良現象が、ペレットとスクリュ・シリンダ間の摩擦力バランスに起因することを究明している。新規に開発した樹脂ペレット摩擦試験機により各樹脂ペレットの表面摩擦係数と温度との相関を詳細に調査し、スクリュ・シリンダの表面温度分布計測結果とを総合して、PBT における噛込み不良の発生機構解明に成功している。

また、ホッパー口形状が固体ペレット輸送状況に与える影響の評価を目的として、3 種類のホッパー口形状が各種ペレットの挙動に与える影響を可視化解析した。その結果、PP およびその粉碎材混入材、GPPS (汎用ポリスチレン) のいずれにおいても、ホッパー口の形状差がホッパー下部でのペレット供給速度に有意差を生じさせること、計量時間とそのばらつきを与えることを明らかにしている。

第 II 部では、計量工程における計量不安定現象の原因を解明している。第 I 部の噛込み不良対策として、可塑化能力を下回るように樹脂ペレット量を制限して成形機に供給する飢餓供給を取り上げ、ホッパー下部およびシリンダ内可視化解析を実施した。固体輸送領域での空隙形成により、摩擦力バランスの課題から解放され、噛込み不良発生が抑制されることを明らかにし、また輻射伝熱主体のエネルギー供給形態によって、スクリュ低回転速度時には効率良い可

塑化形態を呈することを確認している。

さらに、主たるスクリュ形状のうち、これまで研究報告がないフライトピッチの影響について調査を実施している。異なる3種類のフライトピッチPについて、可塑化状況を可視化解析し、さらにノズル内射出樹脂の温度分布計測によって可塑化樹脂の品質との相関を調査している。連続可塑化実験ではスクリュ外径Dとの比 $P/D = 1.0$ のスクリュで最も性能バランスがよいこと、計量可塑化実験では、 $P/D = 0.7$ スクリュの可塑化樹脂の温度低下が少なく標準偏差が小さいことを確認し、フライトピッチ狭小化による可塑化品質向上の可能性を明らかにしている。

第III部では、射出工程における安定化技術の開発を行った。射出工程における不安定因子であった逆流防止リング閉鎖動作の検出方法を確立することを目的とし、電動射出成形機に搭載されたスクリュ回転用サーボモータの負荷により逆流防止リング動作を検出する新たな機能を開発し紹介している。本機能の有効性を検証するとともに、射出工程中に発生する逆流量を推定することで、成形品重量の安定性予測に関する調査を実施している。

さらに、射出量安定化技術の開発を目的として、計量工程後に速やかにスクリュの逆回転と前進動作とを行いリング閉鎖を促進する新たなスクリュ制御方法を提案し、上記の逆流防止リング動作検出機能により、最適制御パラメータ値の自動設定も試みた。この安定化技術の有効性を検証するため、各種制御パラメータが成形品重量に及ぼす影響を調査している。

総括では、本論文で得られた結論を纏め、学術的な成果を示すとともに工業的な成果として射出成形機への適用例について示している。最後に、射出成形を取り巻く課題と今後の展望について述べ、本論文を締めくくっている。

このように本論文は、射出成形機の射出樹脂重量のバラつき（計量不安定現象）をもたらす2つの因子、①熔融樹脂温度の不均一をもたらす可塑化過程、②スクリュ射出動作にともなう逆流防止リング閉鎖挙動を取り上げ、可塑化過程の不安定化をもたらす影響因子（噛み込み不良、ホッパー口形状、スクリュフライトピッチ等）の解明ならびに抑制策を検討し、加えて逆流量のインプロセス計測・制御法を開発して、精密計量を実現するための具体的な指針を明らかにしたもので、工学的にも工業的にも独創的かつ重要な研究成果と評価される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。