

## 審査の結果の要旨

氏名 龍野道宏

代表的なプラスチックの成形加工法である射出成形では、単軸スクリュ可塑化機構が用いられている。この可塑化過程においてスクリュ溝内では熔融樹脂のメルトプールと未熔融樹脂の集合体であるソリッドベッド(以下 SB と略す)とが混在し、可塑化進行と共に SB が徐々に縮小消失する。この過程で時に SB が分裂するブレイクアップ(以下 BUP と略す)現象の生成機構解明が課題となっていた。また、射出成形の可塑化過程(以下計量可塑化過程と称す)は断続的でスクリュの前後進を伴う非定常現象であり、従来の実験手法では現象解析が困難であった。そこで本論文では、加熱シリンダ内可塑化過程の動的可視化定量解析手法の確立、及び SB の BUP 現象と計量可塑化過程での各種現象の生成機構解明を目的としている。以下にその概要を説明する。

第 I 部では、SB の BUP 現象の生成機構解明について述べている。ガラス内挿方式可視化加熱シリンダによる動的可視化手法、及び冷却管路付き加熱シリンダ・スクリュによる静的可視化手法を併用し、3 種類の樹脂の連続可塑化過程における BUP 生成過程について解析した結果を述べている。これにより、従来提示されていた 2 つの BUP 生成モデルを検証し、一部を修正したモデルを提示している。

また、BUP 現象に対するスクリュ形状の影響を解析し、急圧縮スクリュによる連続可塑化過程において長い供給部で BUP 現象が生成することを明らかにして、新たな生成モデルの提示を行っている。以上の結果より、BUP 現象は、一連のスクリュ溝内での可塑化モデルの変遷過程における SB とスクリュ・シリンダ壁面との干渉状況に対応した 3 つの生成モデルに集約されるとしている。すなわち、[ I ]Dekker-Lindt 型可塑化モデルの SB が熔融樹脂流動により引伸ばされ破断する、[ II ]Maddock-Tadmor 型または Shapiro 型の SB がスクリュ圧縮部でシリンダ・スクリュ壁面と干渉し、浅底化に沿うスクリュ表面速度上昇及び SB と壁面間のせん断速度増加に起因して分離する、[ III ]侵入型の SB がスクリュ側熔融層に押し上げられ、シリンダ壁面間のせん断力増加により破断する、という総合的な BUP 生成モデルを提示している。

第 II 部では、射出成形における計量可塑化過程の解明を課題としている。ここでは、ガラス内挿方式可視化加熱シリンダとスクリュ追従撮影装置による可視化定量解析手法の開発を行っている。これにより、計量可塑化過程を擬似展開画像で具体的に表示すると共に、SB 幅とスクリュ溝幅の比である SB 比を算出している。この結果、圧縮部溝

内において、計量開始から徐々に SB が増加した後、後半で SB の細かな BUP を伴う部分的な熔融進行領域が生成し、その後熔融の遅れた SB が出現して計量完了に至る過程を具体的に明らかにしている。また、各種成形条件を変更した場合の SB 比変化を定量的に示している。

次に、供給部溝深さ及び長さを変更した 4 種類のスクリュによる計量可塑化過程の可視化解析を実施し、各スクリュの可塑化現象を具体的に明らかにしている。これにより、供給部溝深さが深いほど SB が強く凝集され BUP が生成しにくいこと、供給部が長いと計量初期の SB 量が増加することを示し、各スクリュにおいて計量後半に部分的熔融進行現象が共通して観察されることを明らかにしている。

さらに、代表的な 4 種類の樹脂の計量可塑化過程を解析し、樹脂ごとのスクリュ溝内熔融現象を具体的に明らかにし、各樹脂において計量初期にスクリュ溝内に空隙が生成し、やがて消失する現象が共通して生成することを明らかにしている。この空隙は、待機時間中の伝熱により生成した SB とシリンダ壁面間の熔融層の潤滑作用により SB 移動が滞るため生成したものと考察している。

最後に、計量可塑化過程でのスクリュの断続回転と軸方向移動という 2 つの因子を分離して解析するため、スクリュの軸方向位置固定のまま断続的に回転し、ノズルから樹脂を押出す間欠可塑化過程の可視化解析を試みている。両可塑化過程の比較により 2 つの因子の効果を明らかにすると共に、マーカー追跡法により樹脂移動と可塑化形態変化の対応を検討している。その結果、断続回転の因子により、可塑化過程初期に供給部にて熔融相を多く内包する SB が形成され、その SB が高効率に熔融して、後期に圧縮部で細かく分裂し部分的熔融進行領域となるものと考察している。また、軸方向移動の因子により、計量後半に圧縮部 SB 量が増加することを明らかにしている。そして、以上の結果を総合し、計量可塑化過程の一般化モデルの提示を行っている。

以上のように、本論文では、プラスチックのスクリュ可塑化過程において、これまでほとんど解明が進められていないブレイクアップ現象と計量可塑化過程に焦点を当て、可視化及び画像処理技術を総合した新規可視化解析手法により、系統的な実験解析を初めて実施し、これら成形現象の一般化モデルを提示したものである。これらの解析データは、学術的に極めて貴重なものであると同時に、シミュレーションのためのモデル化に基礎を与えるもので、確立された可視化実験解析技術とともに、工学的意義は極めて高いものと考えられる。

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。