

氏名	稲 森 康 次 郎
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1850 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 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 学 研 究 科 化 学 工 学 専 攻
学位論文題目	ポリオレフィン樹脂の発泡成形に関する研究

(主査)

論文調査委員 教授 谷垣昌敬 教授 升田利史郎 教授 橋本伊織

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ポリオレフィンの発泡成形に関して、探作変数、樹脂物性と発泡状態との因果関係を実験ならびにシミュレーションにより考察するとともに、その成果を工業現場における実プロセスに応用しようとしたもので、2編、7章よりなっている。

第1編は、発泡状態に対する操作変数、樹脂物性の影響についてまとめたものである。

第1章は序論であり、本研究の背景と契機として、発泡成形に関する技術的検討項目と問題点を示している。

第2章では、主たる操作変数が平均気泡径、気泡数密度に及ぼす影響について検討するため、ポリエチレン/窒素系のバッチ式物理発泡実験を行った結果、樹脂中の溶解ガス濃度が高いほど、温度が低いほど、減圧速度が大きいほど樹脂中に微細な気泡が高い数密度で生成することを示している。

第3章では、均質核生成モデルおよび積分法を用いた気泡成長モデルから、核生成、気泡成長計算を同時に計算でき、かつ減圧速度の影響も考慮できるモデルを提案している。つぎに、シミュレーションにより、溶解ガス濃度が増加した際には核生成速度の増加から気泡数密度を増加させようとする効果と気泡成長速度の増加から気泡数密度を低下させようとする効果が競合関係にあること、温度変化を考慮したシミュレーションでは粘度の温度依存性を考慮することが重要であること、減圧速度が大きいほど気泡間のガスの奪い合いが少なくなり気泡数密度が大きくなること、表面張力の溶解ガス濃度依存性を考慮した場合は溶解ガス濃度に対する気泡数密度の変化の割合が大きくなること、などの結果を得ている。

第4章では、均質核生成、不均質核生成、気泡成長によるガスの奪い合いを考慮した均質・不均質混合核生成モデルを用い、核剤を含んだ樹脂の発泡を扱っている。まず、早期に不均質核生成によって生成した気泡が均質核生成のためのガスを消費するために、核剤量を増やすにつれて気泡数は減少し、その後再び増加するというColtonらの実験結果と同様な傾向を示している。さらに、核剤性能を良好にすることと核剤量を増加させることは同様な効果があること、核剤が少ないと気泡径分布がバイモーダルになること、などの結果を得ている。

第2編は、第1編の基礎実験およびシミュレーションに対して応用編と位置づけ、押出機を用いた実プロセスにおける操作変数と発泡状態との関係に関する研究である。

第5章では、化学発泡によるポリエチレン/ADCA系の発泡樹脂被覆電線製造プロセスを扱っている。まず、第1編の結果から発泡率、気泡径に影響する主要な因子はそれぞれ生成ガス量、未反応発泡剤量であると仮定し、良好な発泡状態が得られるときのそれらの閾値を設定している。つぎに、押出機をPFRと見なした1次反応式モデルを介して、先に決定した閾値を満たすようなバレル温度範囲の導出手法を提案している。さらに、さまざまな条件において予測したバレル温度範囲の検証を行い、本章のモデルが有効であることを確かめている。

第6章では、物理発泡法によるポリプロピレン/CO₂系の発泡シート製造プロセスを扱い、物理発泡において重要となる樹脂中の溶解ガス濃度の影響について検討している。その中で、溶解ガス濃度を増加させるほど気泡径は小さくなり、発泡

率は増加するなど、押出發泡においても他の章で見られたものと同様な効果が見られることを示している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ポリオレフィン樹脂の発泡成形を対象とし、基礎実験およびシミュレーションにより樹脂物性・操作変数と発泡状態との因果関係を明らかにし、その知見をもとに実際の押出發泡成形プロセスにおいて良好な発泡状態が得られる操作条件を導いたもので、得られた主な成果は以下のとおりである。

- 1) バッチ式の発泡成形実験を通して、樹脂中に溶解したガスの濃度が高いほど、温度が低いほど、また、減圧速度が大きいほど微細な気泡が多数生成することを明らかにした。
- 2) 気泡の均質核生成と成長モデルを組み込んだ均質系発泡シミュレータを構築し、溶解ガス濃度、温度、減圧速度が発泡状態に及ぼす影響について実験結果と比較検討した。その結果、開発したシミュレータが実験結果を定性的によく説明できることを明らかとした。
- 3) 上述の樹脂発泡モデルを発展させ、樹脂中に核剤が含まれる均質・不均質混合核生成系も適用可能とした。それにより、均質核生成と不均質核生成の競合現象を計算機上で再現できるようになった。また核剤性能が低いと気泡径の分布がバイモーダルになる可能性があることを示した。
- 4) 基礎実験およびシミュレーションで得られた知見を実プロセスである発泡樹脂被覆電線製造プロセス、発泡シート製造プロセスに適用し、良好な発泡体得られる操作変数の範囲の導出法を提案した。導出した操作範囲の有用性を実験により確認した。

以上要するに本論文は、発泡成形における操作変数、樹脂物性と発泡状態との関係について実験およびシミュレーションにより明らかにし、さらにその結果を実プロセスに応用したものであり、学術上、実際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。また、平成11年2月19日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。