

論文内容要旨（和文）

平成30年度入学 大学院博士後期課程

有機材料システム専攻

氏 名 内尾 知生



論 文 題 目 マイクロカプセル発泡技術の一般化に関する研究

本論文では、自動車の車体部品に多く使われるポリプロピレン (PP) の成型品の軽量化を目指し、熱膨張性マイクロカプセル (MC) を用いた発泡成形の研究を展開した。PPの発泡成形は、自動車の燃費規制強化を背景とした車体の軽量化ニーズに対応することができる。本研究で用いるMCは、熱可塑性樹脂のシェル内に揮発性の炭化水素成分を封入したものである。加熱によるシェルの軟化と炭化水素成分の気化により、MCは数十～数百倍に体積が膨張する性質をもつ。MC発泡とは、この性質を樹脂の発泡に積極的に利用したものである。従来の樹脂発泡技術は、樹脂そのものを気泡の構造体として利用する。そのため、樹脂には、気泡拡大を安定化するために伸張流動に伴うひずみ硬化性が要求される。しかし、一般的なPPはひずみ硬化性をもたず従来の発泡成形に向かない。

今回注目したMC発泡は、樹脂中でMCを膨張させることによりMCのシェル材樹脂が気泡壁を形成する。そのため、シェル材さえ十分な張力を有していれば、母材となる樹脂にはひずみ硬化性が要求されない。これはPPを発泡によって軽量化させる上で大きな利点となり得る。ところで、MCを樹脂発泡に用いるこれまでの研究においては、MCそのものの開発を目的とし、MC自体の組成を最適化することに主眼が置かれてきた。本研究では、実際の成形工程にMC発泡を適用し、成形工程におけるMCの発泡挙動に注目した。

本論文は4章から構成される。以下にその内容を記す。

第1章では、本論文を読むにあたっての背景と本論文の目的を述べた。自動車部品の軽量化のニーズについて説明した後、PPの使用用途や種類について説明した。発泡成形の説明をし、発泡剤として用いるMCについて記述した。PPのレオロジー特性は従来の発泡成形に向かないことを説明し、本研究の目的を述べた。本研究では、MCを用いてPPを発泡成形する際の成形条件や樹脂選定の指針を示すことを目的とする。

第2章では、MCを用いたPPの押出发泡成形について述べた。MCを用いたPPの押出发泡成形では、流動性の異なる複数のPPと、PPの成形温度域に適した市販のMCを準備し、シート押出成形機を用いて発泡成形を行った。得られた各PPのシート成形品の断面形態観察から、平均MC径を算出した。その結果、PPの押出成形時の代表的なせん断速度域におけるせん断粘度と、膨張後のMC径に関連性があることが分かった。成形加工時の代表的なせん断速度におけるせん断粘度を評価指標として用いることで、MCの発泡性がよくまとめられることが明らかとなった。成形温度を十分に高くし、PPのせん断粘度を下げることで、MC押出发泡における高倍率化を達成できることが示唆された。

第3章では、MCを用いたPPの射出发泡成形について述べた。射出发泡成形法として、代表的なコアバック法とショートショット法へMCを適用した場合を比較した。コアバック法とは、射出成形の金型充填過程にて金型内

容積を拡大させ、拡大した分の容積を樹脂の発泡により補うものである。一方のショートショット法は、金型内容積は変化させずに、容積よりも少ない体積の樹脂を充填し、不足した分の容積を樹脂の発泡によって補うものである。得られた成型品の断面形態観察の結果、射出発泡成形においても、押出发泡成形の場合と同様にせん断粘度が有効な指標となることが判明した。せん断粘度の低減によって、発泡倍率が増加することが示唆された。コアバック成形とショートショット成形の比較においては、断面の厚み方向でのセル径の分布に違いが現れた。ショートショット成形においては、せん断粘度の増加によるセル径の拡大傾向があり、厚み方向でのMC径の分布は変化が少なく均一化される傾向があった。一方のコアバック成形においては、表面付近のMCは、PPのせん断粘度の低減によって拡大する傾向があり、中心付近においては粘度によるMC径への影響はほとんどなかった。

第4章では本論文を総括した。各章の成果をまとめ、射出、押出成形下で共通したMC特有の膨張挙動について言及し、理想的な発泡形態を得ようとした際の樹脂選定や成形条件における指針を示し、総括とした。MC発泡を一般化するために、成形方法や樹脂に対して共通のパラメーターで整理することを試みた。今回のMCを用いた射出、押出发泡成形の検討を通じて、せん断粘度が重要なパラメーターの一つであると結論づけた。本論文の研究では、MCとひずみ硬化性をもたない一般的なPPを用いて押出および射出発泡成形を試みたところ、破泡のない発泡成形品を得ることができた。この成果は、MC発泡を適用することでPPの発泡成形が各種の成形法に適用できることを示すものである。PPに対する軽量化の手法として、MC発泡は有効な手段と考えられる。最後に、今後の更なる研究の発展性について述べた。MC発泡をPPの工業分野へ展開してゆくために、PP単体ではなくタルク、ガラス繊維などの強化材を添加した複合材の発泡成形に発展できることを述べた。

論文内容要旨 (英文)

平成30年度入学 大学院博士後期課程

有機材料システム専攻

氏 名 内尾 知生



論 文 題 目 Research on generalization of microcapsule foaming technology

In this paper, we focused on thermal expandable microcapsule (MC) foaming as a method to reduce weight of polypropylene (PP) products used in automobiles. PP is a resin widely used for automobile parts. Reducing weight of PP parts meets the needs for fuel efficiency regulations for automobiles. If we consider conventional forming process of PP to reduce effective weight, low melt tension of PP is not suitable to contain bubbles in it. For the MC forming, stability of bubbles is guaranteed by existence of MC shells. This feature is effective for foam molding of PP.

This paper consists of 4 chapters. The outline is described below.

In chapter 1, needs for reducing weight of automobile parts was mentioned. After explanations about foam molding, foaming agent, target resin PP, and so on, purpose of this paper is described. The purpose of this paper is to elucidate factors that influence expanded morphology of MC by performing extrusion and injection foam molding.

In chapter 2, extrusion foam molding of PP by using MC was examined. Various types of PP were tried for extrusion molding with MC. Observing cross section images of molded products, we studied expanded diameter of MC after extrusion process. Results indicated that viscosity at typical strain rate in the extrusion process is strongly related to the diameter of expanded MC. It is suggested that selecting PP of low viscosity

is effective to obtain highly foamed and reduced weight products.

In chapter 3, injection foam molding of PP by using MC was examined. Core-back technique and short shot technique for injection foam molding were studied. Results indicated that also for the case of injection MC foam molding, viscosity of PP at a typical strain rate is a proper quantity to consider foam moldability.

Chapter 4 was devoted to summarizing the present study and envisaging future studies. Toward the generalization of MC foaming, the parameters common to various molding methods and resins were arranged. Results of this paper will be adapted to practical products of PP composites with talc, glass fiber, and so on, in the near future.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

令和3年2月9日

有機材料システム研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 西岡 昭博

副査 川口 正剛

副査 香田 智則

副査 宮田 剣



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	有機材料システム専攻 氏名 内尾 知生		
論文題目	マイクロカプセル発泡技術の一般化に関する研究		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	令和3年1月27日～ 令和3年2月8日
論文公聴会	令和3年2月8日	場 所	工学部 4号館 中示範B教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	令和3年2月8日

学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)

本論文は自動車部品の多くに用いられるプラスチック材料に着目し、軽量化に有効な手段となる発泡成形に着目している。特に本論文の特徴はプラスチック発泡成形の発泡剤としてマイクロカプセル(MC)を用いる「MC発泡成形法」に着目した点にある。本研究は自動車部品の軽量化を可能とし、燃費の向上に貢献するものである。従って、SDGsの中では「目標13:気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる」というグローバル目標にも繋がるものと言える。本論文は、全4章で構成されている。以下に概要を述べる。

第1章では、自動車部品の軽量化へ向けた研究動向や母材となるポリプロピレン(PP)について述べ、一般に発泡成形性に劣ると言われるPPへのMC発泡の有用性についても触れたあと、研究目的を明確に述べている。

第2章では、押出成形法にMC発泡を適応することを検討している。押出成形により製造した成型品内のMCの様子を走査型電子顕微鏡による断面観察によって評価している。粘度の異なるPPを準備し比較実験を行った結果、母材となるPPの粘度が発泡成型品の品質に大きく影響することを明らかにした。

第3章では、さらに射出成形法にMC発泡を適応することを検討し、(1)射出成形の場合にも母材となるPPの粘度によりMCの発泡が影響を受けること、(2)成形時に受ける樹脂の流動の影響により成型品内部では場所により発泡後のMCの直径が異なることを明らかにした。

第4章では、総括として本研究全体をまとめている。MC発泡による成形を押出成形と射出成形という異なる成形法に適用し、得られた結論からMCを用いた発泡成形における一般的に考慮すべき因子をまとめた。

本学位論文の成果については、申請者を筆頭著者とした学術論文2報がすでに掲載済みである。研究テーマには新規性と独自性が認められ、自ら研究を計画・遂行するための専門知識を基に、研究背景・目的が正しく述べられていた。学位論文の構成は適切で体裁が整っており、設定した「一般化」という研究テーマに沿って、PPの粘度に注目し論理的かつ明確な結論が述べられている。以上、当該専攻の審査基準から総合的に判断した結果、学位論文として十分に認められるものであり、審査員一同は合格と判断した。なお、本論文は研究倫理または利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。

最終試験の結果の要旨

最終試験は公聴会終了後に主査及び副査3名により実施した。学位論文の内容を中心とし、関連のある科目について口頭試問を行った。その結果、学位論文の内容についての確かつ論理的な回答を得ることができ、また関連する高分子物性学、プラスチック成形加工学に関する十分な専門的知見を確認するに至った。最終試験の結果、内尾氏は博士の学位を授与するのに十分な知識と能力を有していると判断できたことから、審査員一同は合格と判定した。