

氏 名	のむら まなぶ 野 村 学
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 3 8 8 号
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規程第 3 条第 3 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	長繊維化および界面相概念によるガラス繊維強化ポリプロピレン樹脂成形品の高性能化 (主査)
審 査 委 員	教授 濱田泰以 教授 岩本正治 教授 荒木栄敏 助教授 横山敦士

論文内容の要旨

ガラス繊維強化ポリプロピレン(**G**lass **F**iber reinforced **P**oly **P**ropylene;GFPP)は、成形性、耐薬品性、力学特性などに優れ、有用な工業材料として幅広く用いられている。しかし、ガラス繊維強化の他のエンジニアリング樹脂と比較すると、強度が劣っている。さらに、新しい市場を開拓するための新しい成形技術による新規な製品も必要になりつつある。そこで、本論文は、GFPP の高強度化を目的に、GFPP の界面状態の解析、力学特性に及ぼす界面強度と繊維長の影響について検討を行なった。さらに、ガラス繊維を強化材としてだけでなく、複合材料の構造形成材として活用することを考え、ガラス繊維を用いた新しい複合材料成形技術の検討を行なった。

GFPP は、無極性でガラス繊維との接着性に乏しく、そのため酸変性 PP を少量添加することが一般的に行なわれており、多成分より構成される。そこで混練、射出成形を経た状態での界面せん断強度を確認する必要があると考え、第 2 章において、射出成形で得られた引張試験片を用い、引張試験前後の繊維長分布から破断した繊維の繊維長分布を求め、界面せん断強度を求める方法を提案した。さらに本方法により、GFPP の界面せん断強度の温度依存性を明らかとした。

第 3 章において、ソックスレー抽出を行なうことにより、GFPP の界面状態の解析を実施し、ガラス繊維表面に厚み約 $0.1\mu\text{m}$ の酸変性 PP が固着していることを確認した。すなわち GFPP の界面は、ある体積を持った界面相(Interphase)として取り扱うことが必要であることを示した。また、最も弱い界面は、界面相(酸変性 PP)とマトリックス樹脂である PP の界面であることを明らかとし、酸変性 PP の分子量を上げ、PP との分子の絡み合いを増すことにより、GFPP の引張強度が向上することを示した。さらに、GFPP において、従来ほとんど考慮されなかったガラス繊維の収束剤であるウレタンが、界面相形成に重要な役割を果たしていることも明らかとした。

第 4 章では、GFPP の課題の 1 つである衝撃強度に関して、界面強度と繊維長の影響について検討を行ない、繊維長が増加すると、短繊維 GFPP では発生しない最大荷重点以降に延性的な大きなエネルギー吸収が発生することを明らかとした。この降伏点以降のエネルギー吸収は、界面強度の弱いものほど、繊維の長いものほど発生し易いことを確認した。

これらの基礎検討の結果より、GFPP の高強度化には、成形品中で繊維を長く保つことが重要であることがわかり、そのため第 5 章において、繊維破断を極力防止するための成形プロセスの

検討を行なった。その結果、ガラス長繊維マットに樹脂を含浸させたスタンパブルシートに匹敵する耐衝撃特性を有する GFPP 射出成形品を得ることができ、自動車部品に適用されたことを示した。

次に、ガラス繊維の新たな活用方法として、成形品の構造形成材として活用することを検討した。第 6 章においては、長い繊維の持つ自己回復力を活用し、射出成形の金型コアバック技術と組み合わせることにより、発泡剤なしに軽量成形品が得られることを示した。この射出膨張成形品は優れた力学特性だけでなく、従来のガラス繊維強化樹脂にはない優れた吸音特性を有しており、構造形成材としての活用が機能性材料になりうることを示した。

さらに、第 7 章では、ナイロン樹脂がガラス繊維表面に選択的に移行し、界面相を形成する特性を活用し、成形品中でガラス繊維が連結した梁構造が形成されることを示した。この梁構造体を有する成形品の熱変形温度は、230～250℃と PP の融点を大幅に超えた値を示し、連結相を形成する少量の樹脂の耐熱性により、複合材料全体の熱変形温度が決定されていることがわかった。また、少量の樹脂がガラス繊維を介して連続相を形成している特長を利用し、この連結相の中に機能材、例えば炭素繊維を固定することにより、優れた機能性材料になりうることも示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、GFPP の高強度化およびガラス繊維を複合材料の構造形成材として活用する新技術の開発を目的としたものである。基礎検討において、射出成形により得た試験片を用い、界面せん断強度を求める独自の方法を見出し、さらに GFPP の界面強度の温度依存性を初めて明らかにした。また GFPP の界面状態の解析を行ない、ガラス繊維表面に体積を持った界面相(Interphase)が存在することを定量的に示した。それに基づき、最も弱い界面が界面相とマトリックス PP の界面であることを突きとめ、高強度化を図るための方法を示している。また衝撃特性に関し、繊維長が増加すると、マトリックスの塑性変形に基づく大きなエネルギー吸収が発生することを明らかにし、長繊維化の有効性を明らかにした。また、この結果を活かすために成形プロセスの検討を行ない、射出成形品においても連続繊維強化複合材料に匹敵する特性が得られることを示した。この成果は、すでに自動車の部品などに適用されている。

一方、長い繊維のもつ自己回復力を利用すれば、発泡剤なしに軽量高剛性の成形品が得られることを、またガラス繊維表面に反応性樹脂が選択的に移行する現象を活用すれば、成形品中でガラス繊維が連結した構造が形成されることを明らかにした。得られた成形品は、従来の GFPP では得られない特性を有していることを示した。

本論文の内容は次の 6 報に報告されており、すべて申請者を筆頭著者とするものである。

1. 野村学、大西陸夫、藤村剛経、濱田泰以、「GF 強化 PP の強度に及ぼす界面特性の影響(1)」、成形加工,Vol.16,No.1,13-20(2004)
2. 野村学、山崎康宣、濱田泰以、「GF 強化 PP の衝撃強度に及ぼす繊維長および界面強度の影響」、成形加工,Vol.15,No.12,830-836(2003)
3. 野村学、和田薫、濱田泰以、「GF 強化 PP の射出膨張成形体の構造と機械的特性」日本複合材料学会誌 Vol.31,No.1,13-20(2005)
4. M.Nomura,J.Makita,H.Hamada,「The Properties of GF-Reinforced Thermoplastics in Beam Structure」,Polymer & Polymer Composites,Vol.11,No.7,581-590(2003)

5. 野村学、濱田泰以、「GF 連結構造を有する複合材料の特性」、成形加工,(投稿中)

6. M.Nomura,H.Hamada,「Mechanical Properties and Sructure of Injection Expanded Molding of GF Reinforced PP」,Advanced Composite Materials,(投稿中)

以上の結果より、本論文の内容は、十分な新規性と独創性を有しているとともに、工業的に非常に意義があり、博士論文に値するものと審査員全員が認めた。