

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388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 先端ファイブロ科学専攻
学位論文題目	長纖維化および界面相概念によるガラス纖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

ガラス纖維強化ポリプロピレン(Glass Fiber reinforced Poly Propylene: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、ガラス纖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纖維長の影響について検討を行なった。さらに、ガラス纖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、ガラス纖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、無極性でガラス纖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、引張試験前後の纖維長分布から破断した纖維の纖維長分布を求め、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、ガラス纖維表面に厚み約 $0.1\mu\text{m}$ 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纖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、界面強度と纖維長の影響について検討を行ない、纖維長が増加すると、短纖維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、纖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、成形品中で纖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、纖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、ガラス長纖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、ガラス纖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、長い纖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、従来のガラス纖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纖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、成形品中でガラス纖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°C 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纖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、例えば炭素纖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纖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とした。また GFPP の界面状態の解析を行ない、ガラス纖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、纖維長が増加すると、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、長纖維化の有効性を明らかとした。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纖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、長い纖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、またガラス纖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、成形品中でガラス纖維が連結した構造が形成されることを明らかとした。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, Vo1.16, 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纖維長および界面強度の影響」、成形加工, Vo1.15, No12, 830-836(2003)
3. 野村学、和田薰、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, No1, 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 Structure 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。