

氏名	ゆ いん 俞 穎
学位(専攻分野)	博士(学術)
学位記番号	博甲第683号
学位授与の日付	平成25年9月25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	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学位論文題目	Processing and Mechanical Characterization of Cellulose Based Composites (セルロース基複合材料の材料加工と機械的性質評価)
審査委員	(主査)教授 濱田泰以 教授 西村寛之 准教授 横山敦士 株式会社グリーンプレジール代表取締役社長 野村 学 東華大学紡績学院準教授 陽 玉球

論文内容の要旨

天然繊維の低密度、低コスト、あるいは環境に優しいといった特性は、高分子複合材料に使用されている合成繊維の代替として、非常に魅力的であり、多くの工業生産分野、特に自動車産業分野において、非常に有望な材料となっている。しかしながら、天然繊維特有の親水性と高い吸湿性、低い機械的特性は、複合材料の性能に悪影響を及ぼすことが知られており、またこの特性により、製造工程が異なると、それに応じた問題も生じている。天然繊維複合材料の機械的特性を改善するため、また異なる成形工程のための最適な成形条件を決定するため、本論文では天然繊維複合材料の成形工程と機械的特性という2点に注目している。第一に、ハンドレイアップ成形によるリサイクルジュート強化不飽和ポリエステル複合材料に注目し、第二に、射出成形による木粉強化ポリプロピレン複合材料に注目した。以下に各章の目的と結果を記す。

第2章では、複合材料の機械的特性に及ぼすリサイクルジュート織物の含水率の影響について検討した。十分に乾燥させたジュート織物による複合材料は、良好な界面特性を得ることができるが、ジュート繊維の引張強度の低下に伴い、複合材料の機械的特性は低下することが明らかとなった。

第3章では、リサイクルジュート強化複合材料の温水劣化について評価し、ガラス繊維強化複合材料と天然繊維強化複合材料の重量変化メカニズムの違いについて検討した。比較的長い浸漬時間で、含水率の異なる2つの複合材料における、吸水率、重量減少、曲げ特性に明らかな違いは認められなかった。ガラス繊維と比較して、ジュート繊維は容易に水分を吸収するため、繊維の組成成分が水に溶け出すので、高い吸水及び重量減を示すとともに機械的特性のさらなる低下を引き起こした。ジュート強化複合材料の吸水メカニズムを明らかにしたことにより、重量減の詳細な組成成分の計算ができた。同様の計算モデルは、他の天然繊維強化複合材料にも利用できると考えられる。

第4章では、ジュート複合材料の用途を広げるために、リサイクルジュート織物とガラス織物とのハイブリッド積層構造の効果を検討した。ガラス繊維層とのハイブリッド構造は、複合材料の耐衝撃性を向上させることができるが、一方でガラス繊維層は衝撃時の複合材料の損傷部分を増加させてしまう。またガラス繊維層の位置は、複合材料の衝撃特性に大きく影響を及ぼした。すなわち、ガラス繊維層が落錐衝撃試験面の上部や中間にある時よりも、底部にある時に最も高い衝撃エネルギーを示した。

第5章では、木材/PP複合材料の物理的特性及び機械的特性におけるフィラー含有量の影響の検討と、タルク/PP複合材料と木材/PP複合材料との比較を行った。自動車業界ではタルク/PP複合材料に代わり木材/PP複合材料の使用が安価であるとされ、またこの複合材料の低熱伝導率と低重量により高燃費へとつながっている。しかしながら木材/PP複合材料は、木粉フィラーが凝集し含有量が高くなると、機械的特性の低下を招いてしまった。

第6章では、木粉フィラーの凝集を解決するために、適切な成形条件と添加剤について提案を行った。はじめに、木材/PP複合材料の機械的特性における、予備成形(ドライ・ブレンディング及びコンパウンディング)と添加剤(マレイン酸変性ポリプロピレン[MAPP]と結晶性ポリアルファオレフィン[CPAO])の影響について検討した。ポリプロピレン母材中の少ない空隙率や木粉の分散が改善され

るため、コンパウンディングを経て成形された木材/PP 複合材料は、ドライ・ブレンディングを経て成形された場合よりも、優れた機械的特性を示した。本研究において、複合材料の界面接着性を向上できる最適な MAPP 含有量は、2wt%であると明らかとなった。CPAO を混ぜることで、木粉の分散状態が改善され、複合材料の特性を向上することができた。さらに、コンパウンディング・スクリーンの形状の影響や、木粉含有率が高い際の射出成形前の 2 段混練について検討した。2 段混練を行うことによって、比較的高い機械的特性を維持することができた。

第 7 章では、木粉とガラス短繊維の混合効果についての検討と、ハイブリッド複合材料の弾性率をハイブリッド混成式 (RoHM) と古典的積層理論 (CLT) から予測し、そしてこの 2 つの式に基づく予測モデルの精度についても検討を行った。適切な材料設計を行うことで、比較的高い機械的特性と環境貢献度を有するハイブリッド材料を得ることができると明らかとなった。

論文審査の結果の要旨

天然繊維強化複合材は、多くの工業生産分野、特に自動車産業分野において非常に有望な材料であると考えられている。この材料に対して従来から指摘されている低い力学的特性を向上させ、かつ新たな機能を付与することを本論文の目的をしている。CM の特性のみならず、前処理や成形との関連で研究を進めており、その幅の広さは大いに評価できる。

本論文では、織物の事前乾燥のないハンドレイアップ成形によるリサイクルジュート強化不飽和ポリエステル複合材料の成形の可能性を示し、天然繊維強化複合材料の温水劣化試験後の MI の詳細な組成分析のための最適な計算モデルを開発した。さらに木粉含有率の高い強化ポリプロピレン複合材料の射出成形のための最適な成形条件と添加剤含有量を提示した。ガラス短繊維/木粉/PP 複合材料の弾性率については、RoHM 予測モデルの修正により予測することが可能となった。これらの結果は工業的に意義が深い。特に、木材/PP 複合材料の成形条件と機械的特性に及ぼす添加剤、ハイブリッド構造の影響の検討結果は、自動車材料として使用する場合、低燃費を見込めることから、重要な知見であると考えられる。

本論文の内容は次の 8 報に報告されている。

- 1. Effect of Moisture Content on the Mechanical Property of Natural Fiber Reinforced Composite from Recycled Jute Cloth**
Ying Yu, Yuqiu Yang, Kazuo Tanabe, Mitsuo Mastuda, and Hiroyuki Hamada
Journal of Biobased Materials and Bioenergy, Vol.5, pp.117-123 (2011)
- 2. Physical-mechanical and Morphological Properties of Cellulose Reinforced Composites From Recycled Jute Woven Cloth**
Yuqiu Yang, Ying Yu, Tomoko Ota, Yutaka Tanaka, Ryuiti Nishida, Shinichiro Kawabata and Hiroyuki Hamada
Polymers & Polymer Composites, Vol.19, Nos. 2 & 3, pp.197-202 (2011)
- 3. Effect of Hot Water Immersion on the Mechanical Properties of Jute and Jute Hybrid Reinforced Composites**
Ying YU, Shinichiro KAWABATA, Yuqiu YANG, Hiroyuki HAMADA
Proceedings of the ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress & Exposition (2011)
- 4. Effect of moisture content of jute fabric and hybridization structure on the impact properties of jute and jute/glass hybrid composites**
Ying YU, Yuqiu YANG, Kazuo TANABE, Mitsuo MASTUDA, Hiroyuki HAMADA
Science and Engineering of Composite Materials (Submitted)
- 5. Physical and mechanical properties of injection molded wood powder thermoplastic composites**
Ying YU, Yuqiu YANG, Masuo MURAKAMI, Manabu NOMURA and Hiroyuki HAMADA
Advanced Composite Materials (Accepted)
- 6. Effect of pre-molding process and additive of injection molded wood/PP composites**
Ying YU, Yuqiu YANG, Manabu NOMURA, and Hiroyuki HAMADA
International Polymer Processing (Submitted)
- 7. CHARACTERISTIC OF HIGH PERFORMANCE BIOMASS PLASTIC (EFFECT OF COMPOUNDING SCREW GEOMETRY AND WOOD PARTICAL SIZE)**
Ying YU, Yuqiu YANG, Manabu NOMURA, Tomoko OTA, Toshikazu UMEMURA, and Hiroyuki HAMADA
ANTEC 2013, pp.2005-2009 (2013)
- 8. PREDICTION OF ELASTIC MODULUS OF GLASS SHORT FIBER/WOOD**

POWDER/POLYPROPYLENE HYBRID COMPOSITES

Ying YU, Manabu NOMURA, Hiroyuki HAMADA

Proceedings of the ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress & Exposition (Accepted)

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。