

論文内容要約

平成30年度入学 博士後期課程

有機材料システム専攻

氏 名 Wattanachai Prasong

論文題目 Study on 3D Printability and Engineering Properties of Biodegradable Polymer Blends and Composites

(生分解性ポリマーブレンドおよび複合材料の3Dプリント性および工学的特性に関する研究)

FDM (Fused Deposition Modeling) 法は、FDM-3Dプリントと呼ばれる三次元製品を製造する積層造形法の一つである。FDM方式の3Dプリントでは、熔融した熱可塑性フィラメントを押し出し、造形テーブルに積層していく。しかし、積層されたフィラメントの配向性や急速な固化により、異方性や層間接着性が低下するという課題がある。近年、環境意識の高まりから、生分解性樹脂を3Dプリントへ適用することが求められている。しかし、生分解性樹脂であるポリ乳酸 (PLA) は強度は高いが、破断伸度が低く、耐熱性も低いいため、用途が限られていた。一方、ポリ (ブチレンアジペート-コテレフタレート) (PBAT)、ポリ (ブチレンサクシネート) (PBS) は柔軟性があり、PLAとブレンドすることで延性と靱性を向上させることが可能である。本研究では、生分解性樹脂であるPLAをベースとして、PBAT、PBS、ナノタルクを複合化し、3Dプリント性を向上させた。さらに、PLAブレンドおよび複合材のFDM-3Dプリントにおいて、優れた機械的性能とプリント性を実現するために、材料の含有量と加工条件を最適化した。また、ポリマーブレンドおよび複合材の3Dプリントにおける異方性や層間接着性について、第一章から第五章で論文を構成した。

第一章では、3Dプリントプロセスの課題や熱可塑性材料と生分解性材料、目的、理論について説明し、本研究を実施する上での背景とした。

第二章では、PLA/PBAT/ナノタルクブレンドおよび複合材を用いた3Dプリントの特性およびプリント性に与えるPBATおよびナノタルクの影響について評価した。ナノタルクを配合することで、PLA/PBATブレンドのモルフォロジーが改善され、結晶化温度、粘度が向上し、複合材の体積膨張係数が減少した。PLA/PBATブレンドおよび複合材は、PBAT含有量が10~30 wt%、ナノタルクが10 wt%までは、柔軟性と印刷性の両方に優れていることが分かった。

第三章では、PLA/PBAT/PBS/ナノタルクを用いた生分解性樹脂三元ブレンド複合材料からなる3Dプリント用フィラメントを、PLA 70 wt%、PBATおよびPBS 30 wt%、ナノタルク 10 wt%の比率で作製し、異方性特性、層間接着性、寸法精度に及ぼす影響を調査した。その結果、PBSが三元ブレンド複合材を用いた3Dプリント製品の結晶化度を高め、機械的特性、耐熱性、異方性を向上させることが示唆された。PBATの存在により、三元ブレンド複合材の柔軟性が得られた。さらに、PLA/PBAT/PBS/ナノタルクの三元ブレンドのコアシェル構造が体積収縮率の低減に影響を与え、生分解性三元ブレンド複合材料の3Dプリントにおいて良好な表面粗さと寸法精度が得られることを明らかにした。

第四章では、3DプリントにおけるPLAと複合材の層間接着性に及ぼす周囲温度と印刷条件の影響について検討した。3Dプリント製品の最適な層間接着性を、熱特性や破壊靱性から明らかにした。プリント中における試料の前積層の表面温度は周囲温度と共に上昇した。前積層の表面温度が上昇すると、積層した層間において分子鎖の絡み合いが促進されることで層間接着性が改善され、破壊靱性が向上することが分かった。つまり、熱可塑性樹脂の層間接着性と寸法安定性の最適化は、プリント時の周囲温度制御によって改善されることを示唆した。

第五章は、本論文の成果についてまとめた。これまでの研究成果から三元ブレンドPLA/PBAT/PBS/ナノタルク複合材料は、FDM-3Dプリント材料として最適であると結論付けた。