

Development and characterization of carbon-based nano-fillers/polyaniline hybrids reinforced polymer composites

その他のタイトル	炭素系ナノフィラーとポリアニリン複合体を用いた樹脂系複合材料の開発と評価
学位授与年月日	2017-09-15
URL	http://doi.org/10.15083/00077588

審査の結果の要旨

氏名 成 秀 燕

修士（工学） 成秀燕 提出の論文は「Development and characterization of carbon-based nano-fillers/polyaniline hybrids reinforced polymer composites（炭素系ナノフィラーとポリアニリン複合体を用いた樹脂系複合材料の開発と評価）」と題し、6章からなっている。

航空宇宙分野における構造の軽量化要求に応えるため、炭素繊維複合材料（CFRP）をはじめとする複合材構造の適用が拡がりつつあるが、従来の CFRP は、エポキシなどの絶縁性の樹脂と炭素繊維から成り、導電性、熱特性などの機能性に関し、従来の金属構造に比べて劣ってしまうことから、複合材構造の機能性を向上させる必要がある。そのため、樹脂とカーボンナノチューブなどのカーボンナノ素材を複合化することで導電性や力学的特性を向上させるための複合材料用の樹脂材料開発が盛んである。一方、成形性を有する導電性高分子を CFRP のマトリックスに適用することで、CFRP の電氣的な均質化や等方性化を目指し、機能性を付与する研究も行われてきているが、力学的特性に劣る等の課題も多い。カーボンナノ素材や導電性高分子は多くの種類が存在し、個々の特性や成形性、性能も異なるため、航空宇宙分野等で求められる特性に応じた材料設計指針の明確化や、複合材料化のための機能性樹脂開発が求められている。

そこで本研究は、複合材料用のマトリックスの機能性向上のため、カーボンナノ材料と導電性高分子を複合化した樹脂を適用し、機能性発現に関する実験的評価を行うことで航空宇宙部材への適用性について検討を行っている。酸化グラフェン、カーボンナノチューブ、フラーレンの3種のカーボンナノ材料について、それぞれの特徴や期待される特性を活かし、導電性高分子との複合化樹脂を製作し、それを用いた CFRP を成形し、導電性や力学的特性などのマクロ特性評価の実施と、詳細な微視的分析・観察を併用することで、導電性高分子やカーボンナノ材料単体では得ることができない特性の実現性について考察を行っている。

第1章では、航空機などの CFRP 構造部材に導電性を含めた高機能化が求められている現状を述べ、樹脂材料の機能化に関する研究をまとめている。また、本研究で着目したカーボンナノ材料と導電性高分子について個々の特性をまとめると共に、その複合材料化に関する過去の研究をまとめ、本研究において、カーボンナノ素材と導電性高分子ポリアニ

リン (PANI) を複合化することの意義、メリットを述べると共に、必要な特性を得るための手法・アプローチについて明示している。

第2章では、酸化グラフェンと PANI の複合化樹脂についての成形検討、最適化検討を実施し、力学的特性、導電性、熱特性等の評価を通じて、酸化グラフェン単体、あるいは PANI 単体では得ることができない特性を実現可能なシナジー効果が発現することを示している。種々の分析結果から、酸化グラフェンにより PANI の微視構造変化を引き起こし、導電性や熱特性の向上につながることを解明している。また、得られた複合化樹脂を CFRP の樹脂として適用し、CFRP の成形性確認を行い、特性評価試験を通じて、CFRP としても高い導電性、機能性を発現することを示している。

第3章では、多層カーボンナノチューブと PANI の複合化樹脂についての検討を行っている。この組み合わせでは、特に高い導電性が得られることを示し、CFRP に適用した場合に、板厚方向の高導電性が得られることを明らかにしている。複合化樹脂と炭素繊維界面との導電経路の効率的な形成が重要であること、また、導電経路の効率的なネットワーク形成にとって、最適な配合割合があることを実験的に明らかにし、複合化樹脂中の分散・凝集状態が特性に影響を及ぼしていることを明らかにしている。

第4章では、フラーレンと PANI の複合化樹脂についての検討を行っている。この複合化樹脂は、フラーレンと PANI の結合による高導電化と、フラーレンの効率的なネットワーク形成によるフォノン散乱効果に起因する熱伝導率低下、という特徴的な特性が得られることを示している。この複合化樹脂は、熱電素材や耐雷素材へ適用が有望であることを述べている。

第5章では、3種の複合化樹脂についての特性比較をまとめ、複合効果に関するマイクロメカニクスを用いた理論的な解析手法による特性予測結果との比較により、シナジー効果が得られていることを確認している。特に酸化グラフェンと PANI、フラーレンと PANI の複合化樹脂はシナジー効果が顕著に発現しており、機能性樹脂として有望であることを述べると共に、機能性樹脂の設計指針をまとめている。

第6章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題、展望、構造材料への適用性について述べている。

以上要するに、本論文は、CFRP の樹脂材料の高機能化手法として、カーボンナノ材料と導電性高分子の複合化樹脂に着目し、各種複合化樹脂の成形プロセス開発と特性評価を行うことで、新たな高機能樹脂の開発と CFRP への適用評価・実証を行っており、航空宇宙工学上、及び複合材料工学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。