

氏名	しゃお でふあん ZHAO DEFANG
学位(専攻分野)	博士 (学術)
学位記番号	博甲第937号
学位授与の日付	令和元年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	Mechanical and interfacial property of carbon plain woven reinforced PA6 laminates (平織炭素繊維強化ポリアミド6積層板の界面および機械的特性に関する研究)
審査委員	(主査)准教授 山田和志 教授 鋤柄佐千子 教授 横山敦士

論文内容の要旨

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 複合材料は、その高い比強度および弾性率、軽量性などから、航空宇宙材料および自動車産業、スポーツ用品や土木工学など幅広い産業用資材として活用されている。また CFRP 中における強化繊維とマトリックス樹脂との界面接着性は複合材料の機械的性質や長期耐久性能、信頼性に大きな影響を与える。近年、熱可塑性樹脂を用いた繊維強化複合材料も多く開発されているが、ホットプレス成形法により作成された変性ポリアミド6 (PA6) と炭素繊維 (CF) 織物を用いた研究例は少なく、詳細な研究が必要とされる。本研究では CF/PA6 プリプレグシートを用いて積層板を作製し、積層数の影響や表面処理剤が与える諸物性への影響について検討している。

本論文は5つの章で構成されており、第1章では、緒論として炭素繊維や繊維複合材料の性質や研究動向、本論文の目的および構成について述べている。

第2章では、炭素繊維織物強化プラスチックである CF/PA6 積層板の力学特性について評価する目的で、積層数の異なるサンプルに対して曲げ試験および繰返荷重曲げ試験等により検討している。各応力負荷時点における断面観察を行うことにより CF と PA6 との界面剥離および亀裂進展プロセスを詳細に観察することに成功し、力学強度変化と破壊進展メカニズムとの関係を明らかにしている。

第3章では、CF と PA6 との界面接着性向上を目的として、ポリウレタン分散溶液 (PUD) を炭素繊維の表面処理剤として用い、力学特性に及ぼす影響について検討し、PUD 処理したサンプルは未処理サンプルと比較して、曲げ特性ならびに熱特性が向上することを見出している。

第4章では、第3章と同じ材料を用いて温水劣化促進試験を行い、CF/PA6 積層板の長期耐久性に与える影響について検討し、PUD 処理が温水劣化を抑制するのに有効であることを見出している。

第5章では各章で得られた知見をまとめ、結論として本研究の成果と今後の展望とを総括している。

論文審査の結果の要旨

本研究は炭素繊維織物プリプレグシートを使った炭素繊維/ポリアミド6 (CF/PA6) 複合材料の力学特性および耐久性における表面処理の有用性について詳細に検討している。自動車、航空・宇宙材料として炭素繊維複合材料は注目されており、多くの研究が行われているが、プリプレグシートならびにポリウレタン分散溶液 (PUD) を使った複合材料成形品に関する研究例は少なく、力学特性や熱特性、長期耐久性評価を詳細に検討することは今後の産業資材への応用のためにも重要である。

本研究においては、CF シートの積層数の異なる複合材料に対して曲げ試験を行い、各負荷応力時における詳細な断面観察を行うことにより、炭素繊維と樹脂界面の剥離および破壊進展メカニズムについて新たな知見を見出している。また、CF/PA6 複合材料の界面特性を向上させる目的で PUD による表面処理を行い、力学試験ならびに熱特性、加速劣化試験に対してその表面処理効果の有用性を見出している。特に、PDF 処理した複合材料の温水劣化促進試験は他に例を見ることがなく新規性が見られる。本論文の成果を実際の工業製品設計に適用すれば、繊維複合材料の力学特性ならびに長期耐久性を予測することが期待できる。さらにそれら繊維複合材料製品の品質向上にも大きく寄与することが期待できることから学術的のみならず工業的にも価値がある。

本論文の内容は、申請者を筆頭著者としてレフェリー制度の確立した雑誌に掲載された学術論文 2 報と、申請者を筆頭著者として投稿中の参考論文 1 報を基礎としている。また、いずれの論文においても、二重投稿等の研究者倫理に反することがないことを確認した。

(学術論文)

1. Defang Zhao, Yan Ma, Yuqiu Yang

“Flexural damage behavior of CF/PA6 plain woven laminates with different layers”

Composites Part B: Engineering, Volume 162, pp. 631-642, 2019

2. Defang Zhao, Hiroyuki Hamada, Yuqiu Yang.

“Influence of polyurethane dispersion as surface treatment on mechanical, thermal and dynamic mechanical properties of laminated woven carbon-fiber-reinforced polyamide 6 composites”

Composites Part B: Engineering, Volume 160, pp. 535-545, 2019

(参考論文)

1. Defang Zhao, Hiroyuki Hamada, Yuqiu Yang

“Effect of fiber surface treatment on moisture absorption and hydrothermal aging behaviors of high-performance carbon-fiber-reinforced polyamide 6 laminates”

Composites Science and Technology (Under review)

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに学術的な意義があり、博士論文としての水準を満たしていると審査員全員が認めた。