

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏名 李 厚爽

本論文は、リサイクルされた炭素繊維（以下 CF）のマトリックス樹脂との接着性を回復させることで、性能の高い炭素繊維強化プラスチック（以下 CFRP）を製造することを目的として、リサイクル炭素繊維（以下 r-CF）の表面のプラズマ処理法について検討したものである。

第 1 章では、CF の製造過程における化学反応プロセスとその結果得られている力学特性を詳細に分析し、r-CF に必要とされる諸特性を整理して、研究の目的と問題解決に至るアプローチを導いている。

第 2 章では、CF の需要予測を行い、CFRP の製造工程で発生するインプラント CF ゴミと市場 CF ゴミの量を時系列で予測した後に、それらの再利用のために必要となる技術の現状をレビューして、本論文で着目したプラズマによる表面処理法の位置づけ・特徴・開発方向を明らかにしている。

第 3 章では、CF と樹脂の接着力に関する化学的メカニズムを考察し、本論文で達成すべき CF 表面の官能基種と濃度に関する方針を明らかにすると同時に、それが当初の目的である高性能複合材料として機能するための確認試験の方法を定めている。

第 4 章では、プラズマによる表面処理の化学的原理から、本論文の目的達成のために必要となるパラメータを考察し、検討すべきパラメータスタディを絞り込んでいる。

第 5 章では、CFRP 廃材から常圧溶解法によって回収された r-CF に対して N_2 、Ar、 CO_2 、ドライエアーによる低温プラズマを N_2 ガス流により吹き付ける時間を変化させ、詳細な XPS 分析と SEM 観察により r-CF 表面に生じた変化を調べている。結果として、ドライエアーによる低温プラズマが最も官能基（-OH、-CO、-COOH）の発生量が多く、0.3 秒程で O/C が飽和すること、また、1 秒以上の処理を行うと r-CF の表面が削られて O/C の低下が始まること、などの新しい知見を得ている。

第 6 章では、マレイン酸により変性されたポリプロピレン（以下 MA-PP）を用いたマイクロドロップレット試験をすべての処理条件の r-CF に対して行い、ドライエアーによるプラズマ処理の場合にのみ引き抜けた r-CF に樹脂が付着している、すなわち r-CF とマトリックス樹脂が十分に接着して複合材料として高い性能が期待されることを定量的に明らかにしている。また、フラグメンテーシ

オン試験により、ドライエアーによるプラズマ処理の場合の界面接着力が N_2 、 Ar 、 CO_2 によるプラズマ処理の場合の約 2 倍となることを明らかにしている。

第 7 章では、射出成形によりバージン CF、未処理 r-CF、ドライエアーによるプラズマ処理 r-CF と MA-PP の複合材料を作成して力学特性を比較し、ドライエアーによるプラズマ処理により射出成形材の力学特性がバージン CF 並に回復することを示している。また、ドライエアーによるプラズマ処理 r-CF における破断面の引き抜け繊維にはバージン CF と同様に樹脂が付着し、また引き抜け繊維長が未処理 r-CF のものの約 2 倍となっていることなど、第 6 章の結果との相関性が確認されている。

第 8 章では、以上の結果を総括し、産業化に向けて残された課題などが整理されている。

以上、本研究で見いだした作動ガスや最適なプラズマ照射条件によって、不連続であるため従来型の湿式表面処理が困難な r-CF であっても、大量すなわち低コストに高性能複合材料用の CF として再生処理が可能であることが示されており、工学的寄与の高い結果が得られていると言える。

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。