

# 審査結果の要旨

## 審査委員会

審査員主査 博士後期課程 専攻長	井上 孝司	印
審査員	水澤 富作	印
審査員	堀 美知郎	印
審査員	小林 正典	印
審査員	徳納 一成	印
審査員	江龍 修	印

論文題目： 炭素繊維強化型複合材料（CFRP）の機械加工特性解析と環境対応型加工技術の開発研究

申請者： 萩野 将広 (課程博士)

## 審査要旨

炭素繊維強化型複合材料（CFRP）は比強度特性の優位性を生かし航空・宇宙産業や自動車産業を始め、民生品の素形材料として利用が拡大する中、最先端技術の集積と言われる航空・宇宙産業では、これまで以上に高い形状精度と機械加工コストの軽減化を背景に、エンドミル工具でのトリミング加工やドリル工具による穿孔加工で、工具の長寿命化と切りくず処理技術を含む作業環境保全対策が最重要課題で有る事を提示している。供試材としてCFRP材を構成する炭素繊維の配列・配向と積層数を主因子に設定し、エンドミル工具によるトリミング加工では、切削速度、送り速度、切込み量、ダウンカットとアップカットの切削方式、工具材種、工具刃形状を切削条件に置き、その被削性を解明している。穿孔加工では、不定形状歯車の組み合あわせ機構を使い、ドリル工具を1回転させる中で切れ刃の周速度を周期的に変化させる構造を持つ不等速回転主軸装置を開発し新しい穿孔技術としての実用性について、機能評価と最適加工条件を提示している。さらに、穿孔加工で発生する切りくずの処理対策への新技術として、加工中の粉塵型切りくずを切れ刃近傍より設けた、工具内部貫通穴を介して外部集塵へ回収するための新型工具の開発と微細形状切りくずを集塵処理する穿孔システム装置開発し、微細形状粉塵に対する高い回収能力と加工形状精度を保証できる最適化条件を提示し、開発装置の実用性を検証している。これらの研究に関わる一連の成果について、各章ごとに詳細に報告し、加工上の技術的問題とこれに対応する新技術の両面から非常に有用となるデータとなっている。

本論文は全六章で構成されている。

第一章では、CFRP 材の開発背景を時系列的経緯で解析し材料の機械的強度特性について、まとめ CFRP 材の機械加工における国内外での諸問題を把握する事で研究の意義を明らかにし、併せて、本研究の目的を示している。

第二章では、炭素繊維を一方向に配向した材料を使い、工具の送り方向に対して平行な状態と直角方向に対峙した状態の2方向について、ねじれ角が異なる超硬ストレート型エンドミル工具を使い、アップカット法とダウンカット法を使い、炭素繊維の配向と工具ねじれ角との関係について詳細な実験を行い、ねじれ角0度が良好な仕上げ面を創生することを明らかにし、工具を開発設計する上で必要となる有益な加工データを示している。

第三章では、第二章で得られた知見を基に、炭素繊維の配向と工具材種の間を明らかにすることを目的に詳細な実験を行っている。供試材は、炭素繊維の配向を0度、±45度、90度に配置した疑似等方組織型と平織ブリッグ炭素繊維を0度、90度方向に交差させこれを重ねる積層組織型の2種類に対して、高速度工具鋼、窒化処理高速度工具鋼、超硬工具（P種）、超硬母基材+TiAlN被覆工具、多結晶ダイヤモンド工具（PCD）の5種類による寿命評価試験を行い、工具材料の硬度および工具表面硬さが工具寿命を決め、PCD工具が長寿命工具で良好な仕上げ面性状となることを示し、あわせて加工後の被削材料は切りくず生成時に起きるマイクロクラック現象と繊維壁面に沿った過切削現象などが起因して機械的強度特性が炭素繊維の配向に関係なく低下することを明らかにし工具材種選定に必要な基礎的データを示している。

第四章では、穿孔加工用の新技術として切りくずせん断角を制御することで、分断形切りくずを生成する主軸装置を開発した。この基本原理は、非定形状歯車の組み合わせによる運動機構で、ドリル工具1回転中に高速領域と低速領域を交互に繰り返す周期的な速度変化を起こす。機能評価用試験装置では、非定形状の3葉形歯車を組み込み、角速度60度ごとに高速領域と低速領域を交互に3度繰り返す、1回転中の切削速度を制御する方法で、CFRP材とTi合金の異種重積材を同一穿孔加工し、切りくずの排出形状と形状精度の両面から解析を行い、実用的装置であることを最適加工条件と共に提示している。

第五章では、環境対応型穿孔加工技術として、内部吸塵形中空ドリル工具と中空形主軸装置、この装置を介して切りくずを集塵するサイクロン型装置からなる穿孔加工装置システムを開発した。この装置システムの機能について、ドリル加工時のCFRP材の微細粉塵形切りくずの処理機能を理論的除去体積との比率換算する方法で発生する切りくずが99.5%集塵できることを示し、開発装置システムが実用的技術であることを示している。

第六章は結言であり、本研究の成果を記している。

以上のように、本論文はCFRP材に対する機械加工特性を実用的視点から実験解析することで、即応性の高い基礎データを構築し、同時に環境保全対応型の新技術を開発し、これらが実用的技術であることを提示している。第二章、第三章、第四章、第五章は一流誌である Journal of the Key Engineering Materials, Journal of Advanced Materials Research, International Journal of Automation Technology に掲載されておりこれらの研究成果に対して、国内外の研究者より高い評価を受けており、学術的に極めて高いレベルである。加えて近年、国内外で高い需要度となっているCFRP材に対する加工データの提示と新加工法の開発は工業的側面と学術的側面から意義のあるものと言える。したがって、申請者 萩野 将広は博士（工学）の学位を受けるのに十分な資格を有すると判断する。