

論文内容の要旨

※ 論文内容の要旨を以下確認する.

論文審査委員会

主査 井上 孝司

専攻長

(博士後期課程) 水澤 富作

委員 堀 美知郎

徳納 一成

小林 正典

江龍 修

申請者	萩野 将広
専攻	材料・環境工学
指導教授	井上 孝司

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

要旨

近年，炭素繊維強化型プラスチック材料（CFRP：Carbon Fiber Reinforce Plastic）は比強度特性の優位性を生かし航空・宇宙産業，自動車産業それに民生用品の素形材料として利用が拡大している．中でも航空宇宙産業ではこれまで以上に高い形状精度が求められている．また民生用品では機械加工の低コスト化が必要不可欠な状況となっている．しかしこの材料を安全に低コストで機械加工するには多くの解決すべき技術的問題が山積である．中でもエンドミル工具を用いたトリミング加工で

申請者〔 萩野 将広 〕

は、高い形状精度と長い工具寿命を得るための新技術が必要となっている。中でもドリル工具による穿孔加工では高精度かつ作業環境を保全しつつ高い切りくず処理機能を持つ穿孔加工技術などが求められている。そこでCFRP材を構成する炭素繊維の配向と積層数を主要因に設定し、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、切り込み量、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、CFRP材の被削性を解明した。穿孔加工では、不定形歯車の組み合わせ機構を使い、ドリル工具を1回転させる中で周速度を周期的に変化させる不等速回転主軸装置を開発し、これまでに無い新技術としてその実用性を検証した。また、穿孔加工で生じる粉塵型切りくずの処理に対応する新技術として切りくずを切れ刃近傍に有る工具内部貫通穴を介して外部集塵機へ切りくずを回収するドリル工具と集塵装置を開発しその有効性を明らかにした。これらの研究の一連の成果について各章毎に報告する。

第1章では、CFRP材の開発に関する時系列的経緯と機械的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述べている。

第2章では、炭素繊維の配列方向が異なるCFRP材に対してねじれ角の異なる超硬ストレート型エンドミル工具を使い、被削特性に対する詳細な実験を行い

申請者〔 萩野 将広 〕

その成果を報告している。炭素繊維の配列方向は仕上げ面性状を大きく左右する因子で切削方式により差が現れダウンカット法に比べアップカット法の方が仕上げ面性状が安定し、工具の切れ刃はねじれ角30度の時、顕著な働きを示す事を見出した。またダウンカット法では、切れ刃のねじれ角が0度の場合に良好な仕上げ面性状となる事を明らかにした。

第3章では、第2章の結果を踏まえ、0度、±45度、90度に配向した擬似等方型CFRP材と平織プリプレグを0度、45度に積層したCFRP材の2種類に対して工具材種の異なるエンドミル工具で切削加工を行い工具材種がおよぼす影響を明らかにする為に、工具寿命時間と摩耗形態との関係を解析する為の実験を行った結果、PCD工具では工具寿命時間は著しく長く特にねじれ角0度の場合に置いて30m以上の切削が可能となる事を明らかにした。また工具の母基材の硬度が高い場合は工具の寿命時間が長くなる事を見出した。特に、HSS工具に窒化被膜処理を行う事で切削抵抗と切削加工温度が下げられる事を明らかにした。また加工後の被削材の機械的強度への影響について、破壊靱性値を調べる方法で検証した。その結果、加工後のCFRP材では、繊維の配向に関係なく靱性値が低下する事とその要因として切りくず生成時に起きる加切削現象が作用する事を明らかにした。特にPCD工具の加工では靱性値の低下が極めて小さくなる。主

申請者〔 萩野 将広 〕

な理由として切れ刃の鋭利さが長く維持できる為、仕上げ面に起きる加切削現象が抑制される事に起因する

4章では、第1章で述べた穿孔加工における問題を解決する為、新技術として、楕円形状歯車の運動特性を利用して機械的にドリル工具1回転中に切れ刃の周速度に周期的変化運動を発生させ、切削速度の変化で切りくずせん断角を変える事が可能な装置（不等速回転主軸装置：特許）を開発した。本装置の動作原理が不定形歯車設計理論と一致するか本装置における切削加工特性を評価した。その結果、開発した主軸装置は理論的周期運動と近似する特性を示しせん断角が変化する事を確認した。この結果を基にドリル工具1回転中に角速度が、60度毎に高速領域と低速領域を繰り返す3葉形歯車の組合せ機構を使い、生成された切りくずの厚さ状態を調べ、せん断角の変化と対応している事、変化が切りくずの分断効果に寄与し、装置の開発目的を満たし実用的装置である事を明らかにした。

第5章では、穿孔時に生じる微細粉塵型切りくずの集塵問題について、生成された切りくずをドリル内部を通過する方式で回収する中空型ドリルと集塵装置（内部吸引型集塵装置：特許）を開発し、本装置の性能および作業環境におよぼす影響について検討を行い併せて、加工穴形状におよぼす影響を調べた。その結果理論的除去体積との比率換算で発生する切りくずの99.5%が集塵できる事を確認しCFRP材の加工におけ

申請者〔 萩野 将広 〕

る作業環境の改善に役立つ技術である事を確認した。
また先端角付の中空型ドリルは汎用形ツイストドリル
と同等の穴形状精度を確保できる事を明らかにした。
第6章は本論文の結論を述べ総括している。