

軽量部材加工技術に関する研究（第2報）

小川大介*、加賀忠士**

Study on lightweight material machining technology (II)

OGAWA Daisuke* and KAGA Tadashi**

軽量部材として注目されている炭素繊維強化プラスチック（以下、CFRP）の切削加工では、加工条件だけでなく、工具の形状や材種、被削材の繊維配向が、工具摩耗や加工品質に影響することが知られている。一般的に、CFRPの加工にはダイヤモンドコーティング工具が用いられているが、工具摩耗・加工面品質・トータルコストのバランスを考慮した加工法が求められている。そこで、超硬およびダイヤモンドコーティング工具によるCFRP切削加工実験を行い、ダイヤモンドコーティング工具の加工特性を把握し、優位性を確認できた。

1. はじめに

近年、環境や省エネルギー問題の観点から、航空機や自動車部品等に、軽量かつ機械的強度の高いCFRPの適用が増えている¹⁾。このCFRPを部品として使用するためには、成形加工した後、切削や穴あけなどの二次加工が必要となることから、高品位で高効率な切削加工に関する研究が盛んに行われている²⁻⁵⁾。このCFRPは、金属材料などの等方材と異なり、繊維配向によって切削特性に異方性が生じることから、ケバやデラミネーション（層間剥離）が発生して仕上げ面性状の品質が低下するため、難削材といわれている。また、摩耗により工具寿命が短く、製造コストが高くなる課題がある。そこで、加工条件だけでなく、工具形状やコーティング種類、CFRPの繊維配向などによって加工品質や工具摩耗などの加工特性に係るデータを収集・整理することが望まれている。

昨年度は、超硬エンドミル工具を用いて、CFRPの切削加工について検討を行い、送りおよび主軸回転数が加工面品質に与える影響について示した⁶⁾。今年度は、超硬エンドミル工具とダイヤモンドコーティングを施したエンドミル工具の2種類について、切削加工条件と加工面品質の関係を比較調査した。

2. 実験

2.1 実験装置および被削材料

実験には、5軸NC加工機（ヤマザキマザック（株）、VARIAXIS630-5X）を用いた。被削材に熱硬化性CFRPを用いた。この材料は、一方向材を配向積層[90/0/±45]_sとして疑似等方板としたもので、板厚は8mmである。この材料を板幅110mm（表面90°方向）に切断した。

2.2 実験方法

NC加工機のテーブル上に切削動力計（日本キスラー

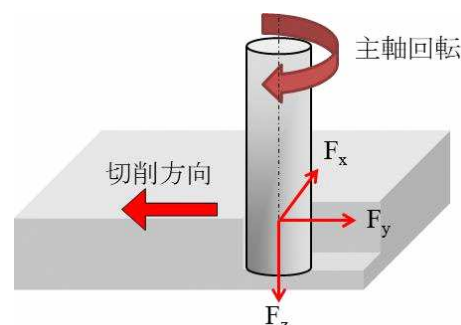


図1 切削加工モデル

表1 実験装置・材料

加工機	5軸マシニングセンター VARIAXIS630-5X
被削材	熱硬化性CFRP
工具	超硬工具 ダイヤモンドコーティング工具
加工雰囲気	乾式

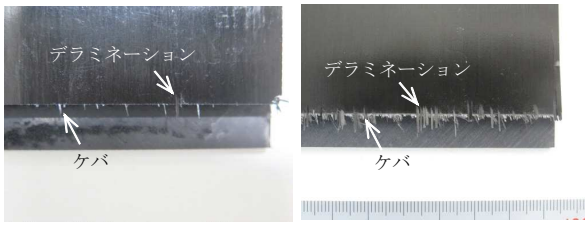
表2 加工条件

	条件A	条件B	条件C
主軸回転数 min^{-1}	7000	5000	9000
1刃送り mm/tooth	0.2	0.1	0.1

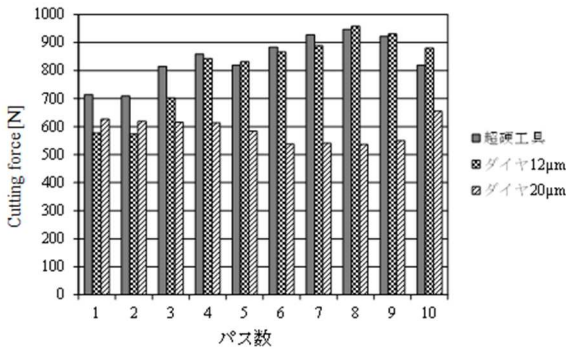
（株）、JZ90012A）を配置し、その上に治具を介して被削材を固定して切削実験を行った。切削抵抗の計測方向は図1に示すとおり、 F_x 、 F_y 、 F_z の3分力を計測し、それらの合力を求めて解析した。実験装置および材料を表1に示す。切削工具は、直径20mmのノンコート超硬工具および厚さ $12\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ のダイヤモンドコーティング工具を用い、段付加工を行った。加工条件は、昨年度の実験結果から3条件を抽出したものを表2に示す。また、工具の耐摩耗性を検討するため、板幅110mmに切断したCFRPを1回切削加工したときを1パスとして、10パスまで加工実験を行った。

* 金属部

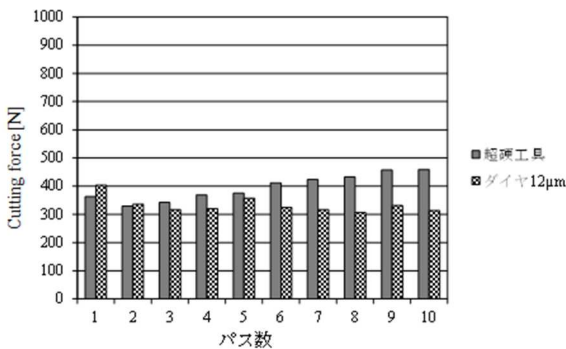
** 機械部



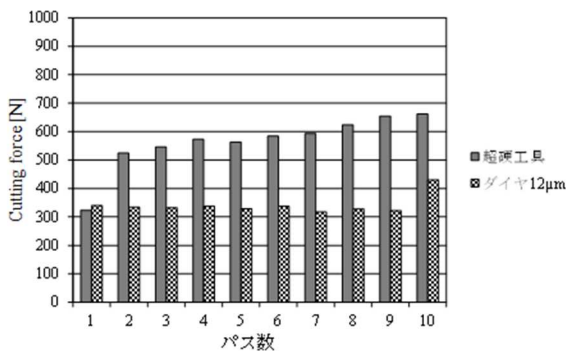
(a) 超硬工具 (b) ダイヤ 20 μ m
図2 加工面の状態



(a) 条件 A (7000min⁻¹, 0.2mm/tooth)



(b) 条件 B (5000min⁻¹, 0.1mm/tooth)



(c) 条件 C (9000min⁻¹, 0.1mm/tooth)

図3 切削抵抗

3. 結果及び考察

図2に、超硬工具とダイヤモンドコーティング工具による加工面の状態を示す。ダイヤモンドコーティング工具の方が、ケバやデラミネーションが多く発生していることが確認でき、コーティングが厚いほど多くなる傾向であった。原因として、工具刃先エッジ部分がコーティングを施すことによって10~20 μ m程度の丸みを生じ、

刃先の切れ味に影響したと考えられる。一方、超硬工具は、加工パス数が増加するに従い、加工面品質が悪化した。工具を観察したところ、刃先エッジ部分にアブレシブ摩耗が生じていた。図3に切削抵抗のパス数毎の変化を示す。超硬工具の場合、いずれの加工条件においても、切削抵抗が徐々に大きくなることが確認できた。厚さ12 μ mのダイヤモンドコーティング工具は、条件Aの5パス目以降および条件Cの10パス目の切削抵抗が大きくなっている。これは、工具にチッピングが発生していたことが原因である。一方、条件Aの厚さ20 μ mおよび条件Bの厚さ12 μ mのダイヤモンドコーティング工具は、切削抵抗が一定の値で推移した。このことと、ダイヤモンドコーティング工具にチッピングや摩耗が観察されなかったことから、刃先の耐摩耗性が高いことを確認できた。

4. まとめ

超硬およびダイヤモンドコーティング工具によるCFRPの切削加工実験を行い、次の結果を得た。

- 1) エッジの丸みが、デラミネーションなどの加工面品質に影響するため、工具刃先にはシャープエッジが必要である。
- 2) 切削加工条件によって切削抵抗の増加を抑制し、工具の耐摩耗性を向上させることが可能となる。
- 3) ダイヤモンドコーティングの耐摩耗性が高いことを確認できた。

【謝 辞】

本研究にあたり、ご協力いただきましたミズノテクニクス株式会社様、株式会社エムテック様に深く感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) J.Takahashi., Development in Composites Technology for Reduction of Environmental Load, Journal of the Society of Materials Science, Japan, Vol.57, No.8, pp. 852-855, Aug.2008
- 2) 酒井ら, 炭素繊維強化熱可塑性樹脂のトリミング加工に関する研究, 日本機械学会第9回生産加工・国策機械部門講演会論文集, pp.85-86,2012
- 3) 坂本ら, CFRP板のエンドミル加工に関する研究, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp.311-312, 2013
- 4) 加賀, 岐阜県工業技術研究所研究報告 No.2, pp.47-49,2014
- 5) 加藤, 鳥取県産業技術センター研究報告 No.19, pp.39-43,2016
- 6) 小川ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 No.7, pp.51-54,2019