

CFRTP の機械加工に関する研究（第 2 報）

— 熱可塑性樹脂 —

藤本俊二 中村 仁

Studies on the Machining Technology for CFRTP (Part2)
-Thermoplastic resin-

FUJIMOTO Syunji and NAKAMURA Hitoshi

マシニングセンタ及び湿式切断機を用いた炭素繊維強化熱可塑性プラスチック（以下 CFRTP と記す。）の機械加工について、切削速度や送り速度等の加工パラメータを変化させ、加工断面の観察を行い、最適な加工条件を検討するとともに、切削工具の摩耗状況を確認した。その結果、湿式切断機でダイヤモンド砥石を用いることにより、良好な加工結果が得られることが分かった。

キーワード：炭素繊維、熱可塑性樹脂、マシニングセンタ、湿式切断機、ダイヤモンド砥石

はじめに

前報¹⁾では、ゴルフクラブ、釣竿、テニスラケットなどのスポーツ用途の他、航空機や自動車に使用されている、母材に熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維強化プラスチック（以下 CFRP と記す。）の機械加工について報告した。本報では、今後、自動車用途等への利用の拡大が期待される、母材に熱可塑性樹脂を用いた CFRTP の機械加工について検討を行った。CFRTP は、一般的に、スタンパブルシートと呼ばれる CF の織物と熱可塑性樹脂からなる数 mm 厚のシートを用いて、金型による熱成形後に、ウォータージェット加工や切削加工によるトリミングなどの 2 次加工が施されている。

そこで、本研究では、県内企業で導入実績の多いマシニングセンタ及び湿式切断機を用いた、CFRTP の加工技術について研究を行ったので、報告する。

実験方法

1. 試験装置等

(1)マシニングセンタ

本研究では、ヤマザキマザックのマシニングセンタ(VERTICAL CENTER SMART 430ALH)を使用した。主轴のサイズは BT40 で、最高回転数は 12,000rpm である。装置の外観を写真 1 に示す。



写真 1 マシニングセンタ外観

この研究は、平成 28 年度「炭素繊維複合材料の機械加工に関する研究」の予算で実施した。

(2) 切削工具

マシニングセンタ用の切削工具は、CFRP の加工に実績のある、(株)ムラキ製エンドミル MRA 超硬バー型番 CB2C100 ($\phi 3.2 \times 13$) (以下、超硬合金製工具と記す。)を使用した。また比較のため、OSG(株)製高速度鋼のボールエンドミル V-XPM-EBD (R1.6) (以下、ハイス製工具と記す。)も使用した。

(3) 被加工材

加工実験用 CFRTP は、一村産業(株)製 PA6-3KP15 で、3K 平織、樹脂 PA6, 15 層、厚み 3 mm、VF : 50~55% の積層板を用いた。

(4) 加工条件

加工は湿式で行い、切削速度は 80、90、100m/min で、送り速度は 0.01、0.02、0.03mm/rev.で行った。加工形状は 40.0×50.0mm の長方形及び直径 40.0mm の円形の穴加工を行った。また、超硬合金製工具による加工では、0.5mm 厚のアルミ製の裏当て板を使用した場合の加工実験も行った。

(5) 湿式切断機

湿式切断機は、日プラ商事(株)製 Pcut 型(以下、Pcut と記す。)及び(株)マルトー製エクセロン MC-733 (以下、エクセロンと記す。)を用い、直径 250mm のダイヤモンド砥石を使用した。加工条件は、回転数 2,800rpm、送り速度は中程度である。写真 2、3 にそれぞれの外観を示す。

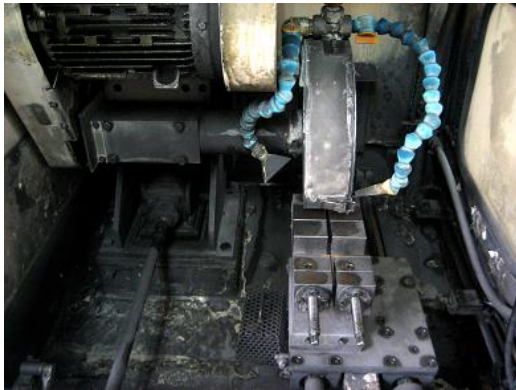


写真 2 Pcut 型切断機



写真 3 エクセロン MC-733

2. 評価方法

- (1)加工部の外観をマクロ撮影して、欠けや剥離の状態を観察・評価した。
- (2)加工部を顕微鏡で 20 倍に拡大して、欠けや剥離の状態を観察・評価した。
- (3)加工部断面の表面粗さを測定して、加工条件と粗さの関係を評価した。
- (4)加工前と 15 個の加工後の工具の表面性状の変化を顕微鏡で観察して、比較・評価した。

結果と考察

1. マシニングセンタによる加工試験片のマクロ観察

マシニングセンタによる、超硬合金製工具を使用した CFRTP の加工状況について、マクロ観察の結果を写真 4~7 に示す。加工条件は、切削速度 100m/min、送り速度 0.02mm/rev.である。

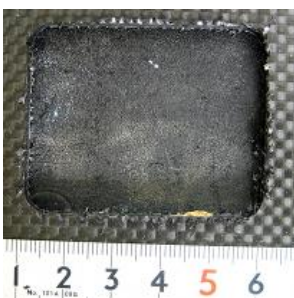


写真 4 角穴表面

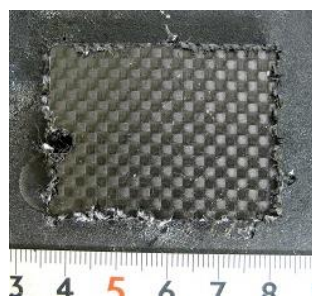


写真 5 角穴裏面

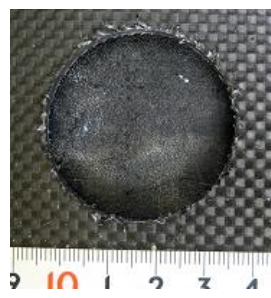


写真 6 丸穴表面



写真 7 丸穴裏面

上記の写真から、いずれの場合も、表面より裏面の性状が荒れており、正常な加工が行われていなかった。また表面の性状も、昨年実施した熱硬化性樹脂からなる CFRP に比べるとバリの発生が多いことが分かった。この断面の状況は、切削速度や送り速度を変化させても、あまり改善されなかった。

2. 加工試験片の拡大観察

マシニングセンタで加工した CFRTP を 20 倍で拡大観察した結果を、写真 8、9 に示す（スケールの 1 目盛は 0.5mm）。

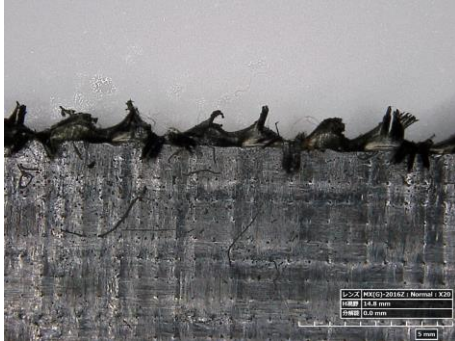


写真 8 角穴 直線部 (20 倍)

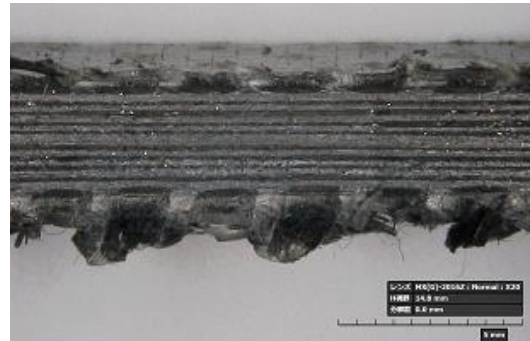


写真 9 角穴 断面 (20 倍)

マイクロSCOPEで拡大観察した結果、切断部は樹脂が溶融したようになっており、表面が抉り取られていることが分かった。このような状況は、熱硬化性樹脂を用いた加工の際は、無かったことであり、熱可塑性樹脂特有の現象と思われる。切削時には、大量の切削液を吐出して冷却・潤滑しており、通常の金属切削では問題の無い加工条件である。熱可塑性樹脂の切断においては、切削液を循環させているにも関わらず、局所的な加熱が生じることによって樹脂が溶融して加工精度が低下したと考えられる。

3. 裏当て板による効果

同じ加工条件で、CFRTP の裏面にアルミ製裏当て板を取付けて加工を行った場合の効果について、検討した。写真 10 に角穴の直線部、写真 11 に角穴の断面の拡大写真を示す（スケールの 1 目盛は 0.5mm）。

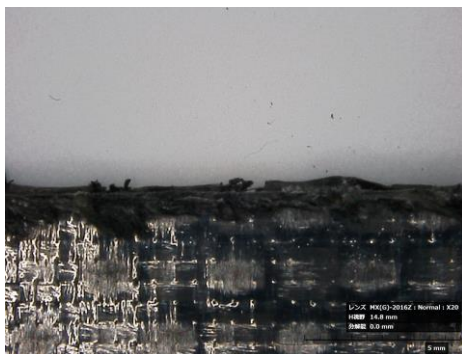


写真 10 裏当て板有 角穴 直線部 (20 倍)



写真 11 裏当て板有 角穴 断面 (20 倍)

裏当て板を施すことにより、多少はバリの出方が緩和されていることが分かった。これは、熱伝導率が優れているアルミ板を裏板に設置することで、加工時に局所的に発生した熱が逃げ易くなったためと考えられる。

4. ハイス製工具による加工

写真 12、13 に加工前後のハイス製工具の外観を示す。比較のため、加工前後の超硬合金製工具の外観を、写真 14、15 に示す（スケールの 1 目盛は 0.5mm）。



写真 12 加工前のハイス製工具

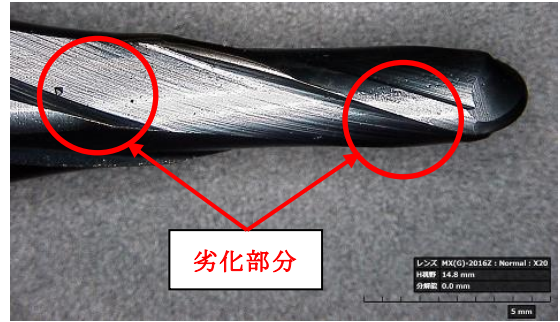


写真 13 5回加工後のハイス製工具



写真 14 加工前の超合金製工具



写真 15 15回加工後の超合金製工具

写真 13 から、ハイス製工具は、新品に比べると劣化していることが分かるが、超合金製工具の写真 14 と 15 には変化が認められず、ハイス製工具の寿命が短いことが分かった。

写真 16 にハイス製工具で加工した角穴の直線部の拡大写真、写真 17 に加工部断面の拡大写真を示す（スケールの 1 目盛は 0.5mm）。

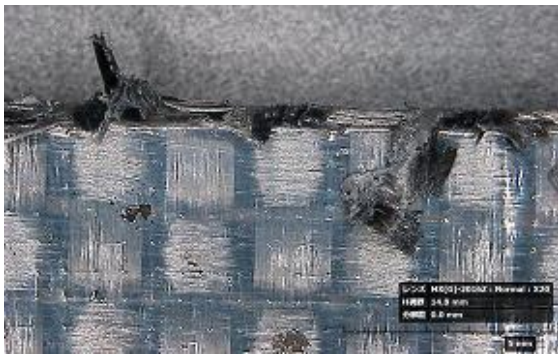


写真 16 ハイス製工具 角穴 直線部 (20 倍)

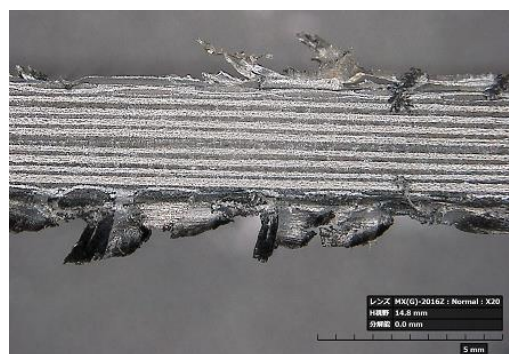


写真 17 ハイス製工具 角穴 断面 (20 倍)

写真 16、17 から、ハイス製工具で加工しても超合金製工具と同様の加工性状であることが分かった。特に写真 17 では、裏面（下側）にバリが大きく発生していることが分かった。

5. 湿式切断機による試験片のマクロ観察

(1)湿式切断機による切断表面を写真 18～19 に示す（スケールの 1 目盛は 1 mm）。

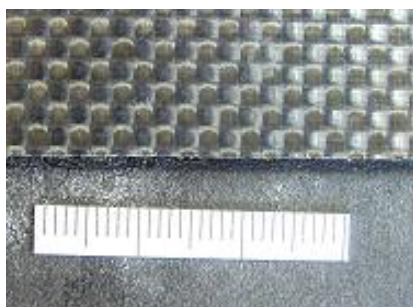


写真 18 Pcut による切断表面 (20 倍)

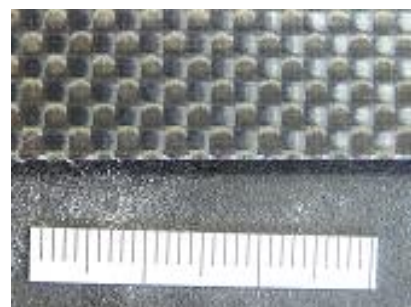


写真 19 エクセロンによる切断表面 (20 倍)

(2)湿式切断機による切断面を写真 20、21 に示す。

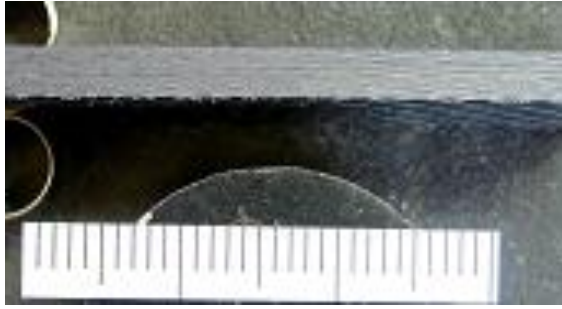


写真 20 Pcut による切断面

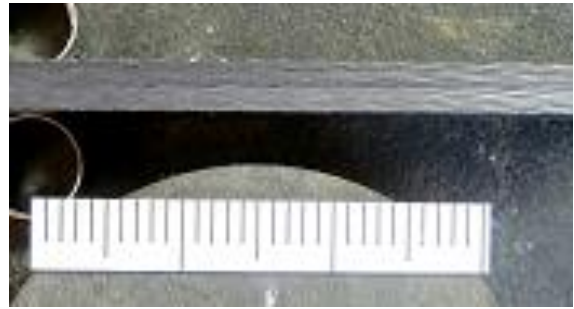


写真 21 エクセロンによる切断面

写真 20、21 に示すとおり、湿式切断機でダイヤモンド砥石を使用した場合は、滑らかな欠陥の無い切断が可能であることが分かった。

(3)切断面の表面粗さ測定結果を図 1～2 に示す。

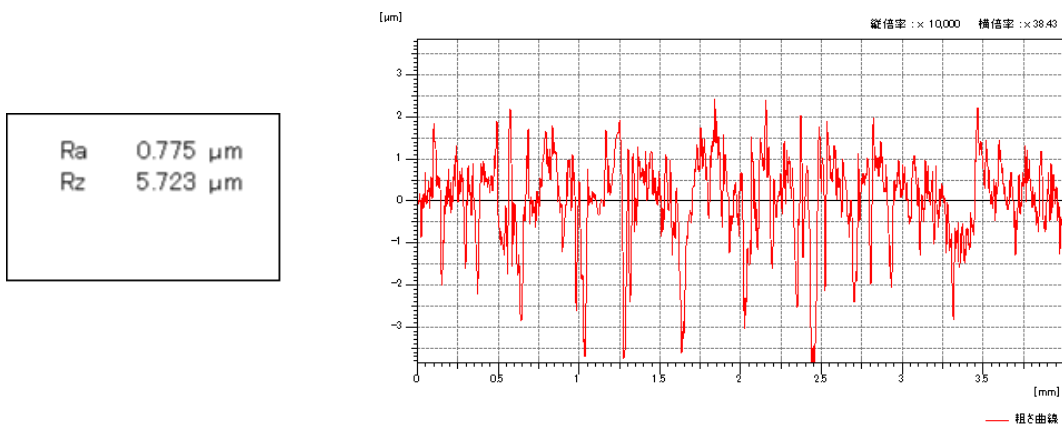


図 1 Pcut による切断面の表面粗さ

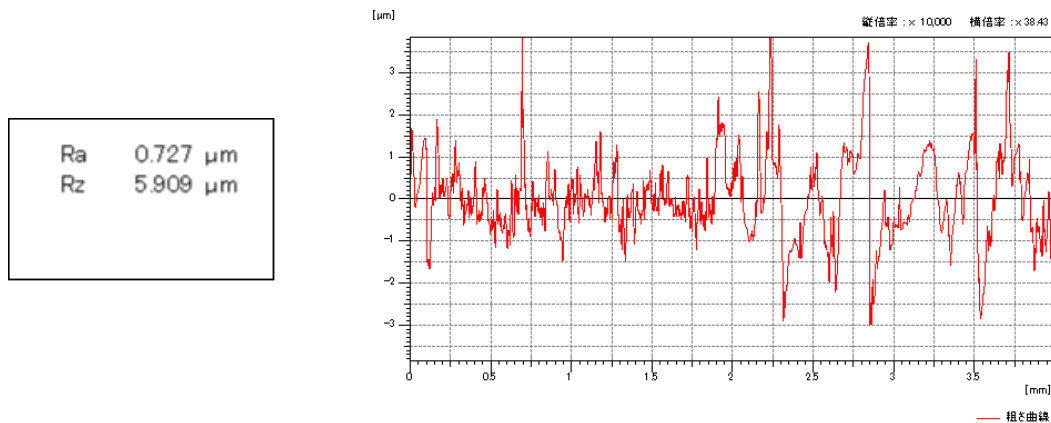


図 2 エクセロンによる切断面の表面粗さ

これらの測定結果から、表面粗さ Ra は $0.7\sim 0.8\mu\text{m}$ で、最大粗さ Rz は $5.7\sim 5.9\mu\text{m}$ であり、Pcut とエクセロンによる加工断面の精度に大きな差は無く、ほぼ同等に精密に切断が可能であることが分かった。また、Pcut で 120 mm、エクセロンで 110mm の長さの切断が出来るため、JIS に規定されている、曲げ試験片の加工²⁾は可能であることが分かった。

ま と め

マシニングセンタ及び湿式切断機を用いて、CFRTP の機械加工を行った結果、次のことが分かった。

1. マシニングセンタによる加工では、ハイス製工具と超鋼合金製工具の違いによって、加工精度に

著しい差は認められなかった。但し、耐久性については、超硬合金製工具が高いことが分かった。また、CFRTP にアルミ製の裏板を当てることで、加工精度が向上することが分かった。

2. 直線加工の場合は、湿式切断機でダイヤモンド砥石を使用することによって、高品位な CFRTP の加工が行えることが分かった。

文 献

- 1)藤本俊二:CFRP の機械加工に関する研究(第1報),愛媛県産業技術研究所研究報告,54,p.24-28(2016).
- 2)JISK7074,炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験方法(1988).