

# カーボンニュートラルに向けた切削加工における環境性能評価

機能素材加工課 川堰宣隆\*<sup>1</sup> 製品・機能評価課 羽柴利直\*<sup>2</sup>

## 1. はじめに

近年、国内外でカーボンニュートラルに向けた動きが加速している。今後は商品の価値を決定するうえで、「品質」や「コスト」に加えて、「環境性能」が重要視されることが予想される。製造工程ではこれに対応するため、環境負荷を定量的に評価したうえで、それを低減することが求められている。

本研究は、製品製造の重要な工程である切削加工において、従来までの品質、能率、コストに環境性能を加えた観点から、最適な加工条件について検討することを目的とする。本報では条件を変化させて炭素繊維強化プラスチック(CFRP)のミリング加工実験を行い、切削加工においてCO<sub>2</sub>排出量が増加する要因およびその削減方法について検討した。

## 2. 実験条件および方法

被削材には、厚さ 0.24 mm のプリプレグを 45°ごとに回転させて積層し、成形した、厚さ 2.88 mm の疑似等方性 CFRP を使用した。加工実験には、マシニングセンタ(キタムラ機械(株)製 Mycenter-3XiG)を使用した。工具には、直径 6 mm のダイヤモンドコーティッド工具を使用し、大きさ 140 mm × 140 mm の CFRP の側面加工を行った。加工方式はアップカットとし、乾式で加工を行った。表 1 は、加工条件である。

## 3. 実験結果および考察

切削速度を変化させたときの、消費電力および消費電力量の違いについて検討した。図 1 は、切削速度を変化させて CFRP を 1400 mm 加工したときの、消費電力と消費電力量である。消費電力は、CFRP を加工中の値とした。切削速度の高い場合に、消費電力は大きくなった。加工中の消費電力の変化を比較したところ、切削速度の増加によって、スピンドルの消費電力が著しく大きくなった。一方、それと比較して、加工負荷に起因した消費電力の増加量はわずかであった。すなわち、スピンドルの回転数の増加が主因となり、切削速度の高い場合に、消費電力が大きくなるといえる。

消費電力量は切削速度 120 m/min のときに最小となった。同一体積を加工する場合、切削速度の大きな場合に、加工時間は短く、消費電力量は削減されやすい傾向にあ

Table 1 Cutting conditions

Tool	φ 6 Carbide endmill
Coating	Diamond coating
Number of tooth	4
Cutting speed (m/min)	120
Feed rate (mm/tooth)	0.05
Radial depth of cut (mm)	0.25
Cutting method	Upcut
Lubrication method	Dry cutting

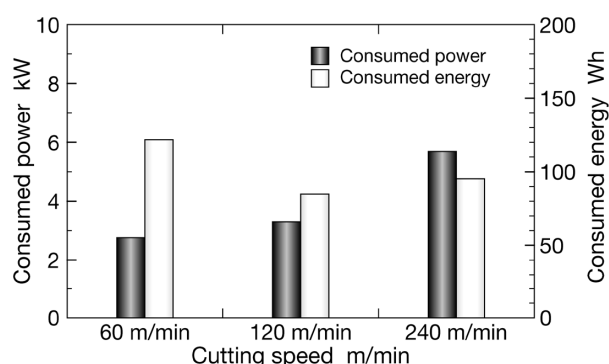


Fig. 1 Comparison of consumed power and consumed energy; The consumed energy is measured while machining CFRP for 1400 mm

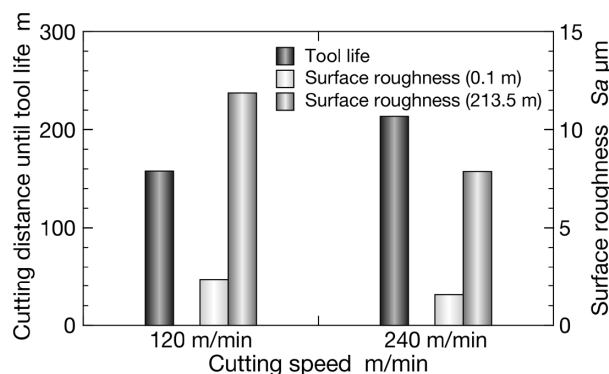


Fig. 2 Comparison of tool life and surface roughness after machining CFRP; The surface roughness is measured at the cutting distance of 0.1 m and 213.5 m

る。これと上述の消費電力増加の相互作用によって、本実験条件下においては切削速度 120 m/min のときに、消費電力量が最小になったと解釈できる。

つぎに、図 1 で加工時間が短く、消費電力量の小さな切削速度 120 m/min と 240 m/min で加工したときの、加工性能および環境性能評価を行った。図 2 は、切削速度を変化させて CFRP を加工したときの、工具寿命に達す

\*1 現 デジタルものづくり課、\*2 現 機械電子研究所

るまでの加工距離と表面粗さである。工具寿命は、逃げ面摩耗幅が 0.1 mm に達するまでとした。切削速度 240 m/min の場合に、工具寿命は長くなった。一方、表面粗さ  $Sa$  は加工初期の場合に 1~3  $\mu\text{m}$  で、差はわずかであった。切削距離が長くなると炭素繊維の方向に起因した偏摩耗によって、表面粗さは増大する。切削速度 120 m/min の工具寿命である切削距離 213.5 m で比較すると、切削速度 240 m/min の場合に表面粗さは小さくなった。すなわち、加工性能においては、工具寿命および表面粗さの観点から切削速度 240 m/min が優れているといえる。

これらの条件で加工したときの、CO<sub>2</sub> 排出量の比較を行った。評価では、切削加工工程およびそこで使用される工具、電力等の原材料からその製造プロセスを対象に、地球温暖化に影響する CO<sub>2</sub> 排出量の評価を行った。なお、加工前の素材、加工された製品およびマシニングセンタ製造時の CO<sub>2</sub> 排出量は加工条件によらず同等と仮定し、評価から除外した。

評価にあたり単純な製品モデルとして、第 2 章で示す材料の側面を、2.5 mm 加工することで製品となるように設定した。すなわち、表 1 に示す条件で、10 回側面加工することで、製品形状となる。

以上の仮定を基に、インベントリ分析を行った。本研究では上記のモデルに対し、1 ヶ月あたりの CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。製品の生産は 1 日 8 時間、1 ヶ月あたり 20 日間行うこととし、工具および製品の交換時間も考慮した。CO<sub>2</sub> 排出量の原単位には、データベース、文献値や企業の公開情報を使用した<sup>1)</sup>。

図 3 は、切削速度を変化させて CFRP 製品を 1 ヶ月生産したときの、CO<sub>2</sub> 排出量である。1 ヶ月あたりの消費電力量を比較すると、主にスピンドルの電力に起因して、切削速度 240 m/min の CO<sub>2</sub> 排出量は大きくなった。一方、製品 1 個あたりで比較すると、切削速度 240 m/min のときに工具寿命の延伸によって、工具製造にかかる CO<sub>2</sub> 排

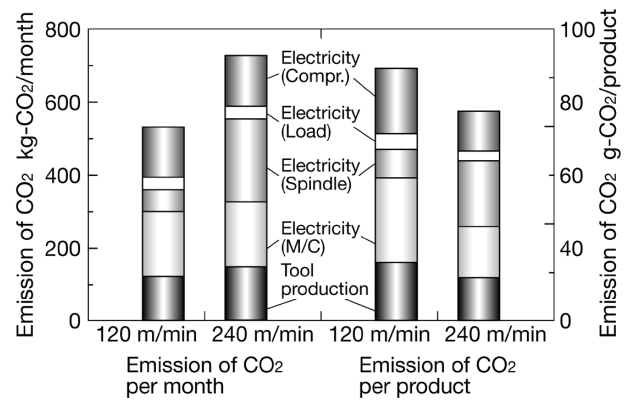


Fig. 3 Comparison of emission of carbon dioxide at different cutting speeds

出量が小さくなる。また、加工時間の短縮によってマシニングセンタやコンプレッサー稼働など、条件によって変動しない電力が削減されることで、CO<sub>2</sub> 排出量は小さくなることがわかる。さらに、加工製品数も 1.6 倍であったことから、生産性の観点からも優位であるといえる。

以上の結果より、工具摩耗など加工条件による加工性能の改善に加えて、加工時間の短縮による消費電力量の低減が要因となり、製品の CO<sub>2</sub> 排出量の削減が可能となることがわかった。

#### 4. おわりに

本報では CFRP のミリング加工実験を行い、切削加工において CO<sub>2</sub> 排出量を削減するための手法について検討した。これより加工性能そのものの改善に加えて、加工時間の短縮による消費電力量の削減が有効であることを明らかにし、本実験条件下では切削速度 240 m/min が生産性、加工性能および環境性能の点から優れていることを明らかにした。

#### 参考文献

- 1) たとえば、LCI データベース IDEA version 2.3.

キーワード：カーボンニュートラル、LCA、切削加工、CO<sub>2</sub> 排出量、CFRP

### Evaluation of Environmental Performance in Cutting Process for Carbon Neutrality

Functional Material Processing Section; Noritaka KAWASEGI\*<sup>1</sup>, and  
Product and Function Evaluation Section; Toshinao HASHIBA\*<sup>2</sup>

Carbon neutral production is required in industrial field to correspond to environmental issues. In this study, we investigated a method to reduce emission amount of carbon dioxide in cutting process. As a result, it was found that the reduction in consumed energy, due to the cutting time, is effective for the reduction in emission of carbon dioxide, in addition to the cutting performance, and the cutting speed of 240 m/min showed superior result in terms of both cutting and environmental performances.