

CFRP の超音波振動切削における切削抵抗

苫小牧高専 (学) ○梅田一成 瀧瀬祐太 奥口祐介

(正) 中津正志 池田慎一

要旨

CFRP は軽量で強度も高いことから航空機産業や自動車産業などのさまざまな分野で利用されているが、二次加工の際に切削抵抗が大きく、仕上げ面も悪くなるという問題が存在する。そこで切削抵抗を低下させる加工手段として知られている超音波振動切削を利用し、CFRP を切削する実験を切削速度、切削幅、切削厚さ、ピッチング角の4つの加工要因を変化させて行った。その結果、すべてにおいて超音波振動切削の効果が認められ、通常切削と比べて切削抵抗が減少した。

1. 緒言

炭素繊維強化プラスチック(以下 CFRP)は軽量で高強度の性質を持った材料であり、耐熱性や耐食性、疲労特性などに優れているという特徴も持ち合わせている。そのため、軽量化による性能や燃費の向上などを目的として現在では航空機の尾翼、自動車のボディなど、様々な分野で幅広く利用されている複合材である。しかしながら、成型後に穴あけや切断などの二次加工をする際、切削抵抗が大きく、仕上げ面も悪くなるという難削材でもあり、二次加工における加工方法が検討されている。そこで、著者らは切削抵抗を低下させる加工手段として被削材を微小破壊させて切削を行う超音波振動切削に着目し、被削性の向上を図る研究を行った。そして、実験計画法を用いて CFRP の超音波振動切削に影響する加工要因を調べた結果、切削速度、切削幅、切削厚さの3つであることがわかった。¹⁾

そこで今回はこれら3つの加工要因と背分力方向で影響が確認されたピッチング角を取り上げ、これらの切削条件を変化させることにより被削材に及ぼす影響について詳しく調べることを目的とした。

2. 実験方法

2-1. 試験片および実験装置

試験片のCFRPは市販の格子状繊維(旭硝子マテックス製、厚さ2.7mm)のものを用い、繊維角度が同一となるように縦40mm、横60mmに切り出したものを使用した。本実験での繊維角度は水平方向に対し縦方向繊維を90°、横方向繊維を0°とした。

実験装置は三角スローアウェイチップ型ホルダのついた超音波振動子(多賀電気製 SB-150)を自作のジグに固定し、それをマシニングセンタ(大隈鐵工所製 MC-4VA)に取り付けた。バイトはダイヤモンドコーティング(DA2200)の三角チップを使用し、切削抵抗は圧電式工具動力計(キスラー製 8257B)を用いて主分力、背分力の2つを測定した。

表1. 実験条件

加工要因	切削条件
超音波振動	有り、無し
切削速度 (mm/min)	1000, 2000, 3000, 4000
切削幅 (mm)	0.25, 0.5, 0.75, 1.0
切削厚さ (mm)	0.05, 0.1, 0.15, 0.2
ピッチング角 (°)	0, 8, 16
ローリング角 (°)	0
前加工切り込み (mm)	0.01

2-2. 実験方法

実験条件を表1に示す。本実験は切削速度、切削幅、切削厚さをそれぞれ4水準に、ピッチング角を3水準に定めて行うこととした。また、1つの加工要因における切削条件の変化を測定できるようにするため、他の切削条件は中間値に固定して行うようにした。さらに、これらの実験を超音波振動切削と通常切削の2通り行った。切削後は試験片の表面組織および切り屑を観察するため、電界放射走査電子顕微鏡によりSEM写真を撮影した。

3. 実験結果及び考察

3-1. 切削速度、切削幅、切削厚さと切削抵抗

図1は切削速度と切削抵抗の関係を示している。通常切削(振動無し)において、切削速度が増加するに伴い主分力、背分力も増加していることが分かり、主分力で約110~125N、背分力で約30~45Nとなった。また、主分力と背分力を比較すると、背分力は主分力より約64%低い値を示した。

次に、超音波振動切削では、通常切削と同様に切削速度が増加するほど主分力、背分力も増加し、主分力で約19~44N、背分力で約15~38Nとなった。また、背分力は主分力よりも約22%低い値を示している。そして、超音波振動切削によってすべての切削条件で切削抵抗の減少が見られ、主分力で平均約74%、背分力で平均約38%の減少が確認された。

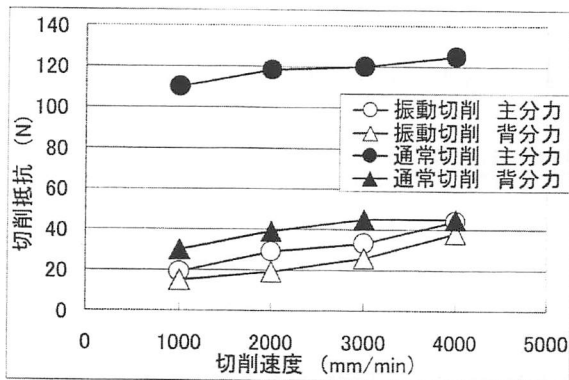


図 1. 切削速度と切削抵抗の関係

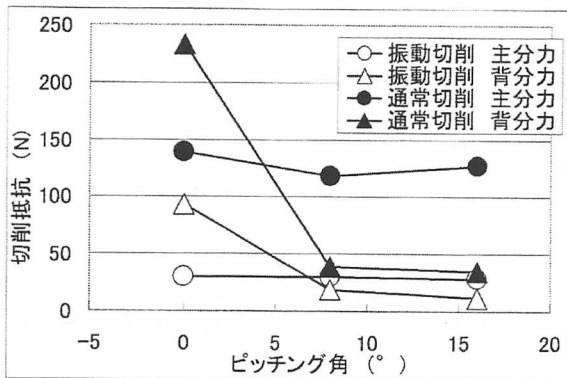


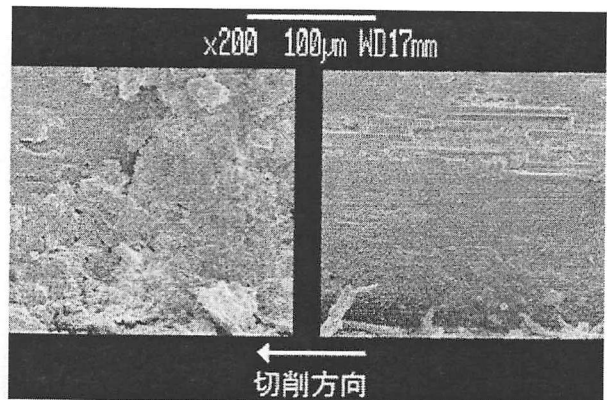
図 2. ピッチング角と切削抵抗の関係

また、超音波振動切削による切削抵抗の減少は主分力に大きく見られる。これは、超音波振動によって切り屑が微小破壊され、その結果切削方向に対する抵抗が減少したためだと考えられる。この傾向は切削幅や切削厚さを変化させた時も同様となり、これらの加工要因においても超音波振動切削による効果が認められた。

3-2. ピッチング角と切削抵抗

図 2 はピッチング角と切削抵抗の関係を示している。通常切削において主分力は約 127~139 N、背分力は約 35~233 N となった。主分力ではピッチング角が 8° で切削した際に切削抵抗が最も低い値を示したものの、大きな変化は見られなかった。背分力ではピッチング角が 8° と 16° で主分力と同様の傾向となったが、0° では大きく抵抗が増加し、他のピッチング角より約 200 N 大きい値を示した。また、0° で切削した時のみにおいて背分力が主分力よりも大きい値を示した。

次に、超音波振動切削では主分力で約 28~30 N、背分力で約 11~93 N となり、すべての切削条件で切削抵抗が減少した。その結果、ピッチング角が変化しても超音波振動切削の効果が認められた。また、0° での切削は通常切削と同様の傾向となり、他のピッチング角と比べ大きな値となった。ピッチング角の変化は超音波振動方向の変化も意味していることから、切削方向と超音波振動方向には大きな関係があることがわかった。



通常切削 超音波振動切削
図 3. SEM による切削表面写真

3-3. SEM 写真による観察

切削速度を変化させて切削した際の表面組織を SEM 写真にて観察した。図 3 は切削速度を 2000 (mm/min) にして切削した際の表面組織である。通常切削 (写真左) では表面がつぶされたような切削表面となり、さらに組織がえぐり取られたような部分も存在している。

次に超音波振動切削 (写真右) では、全体的になめらかな切削表面となっている。また、表面に炭素繊維が確認できるが、これは被削材を微小破壊させた結果、組織をつぶさずに切削することができたためであると考えられる。このことから、超音波振動切削を行ったことにより仕上げ面は良好となったといえる。ただし超音波振動切削では、超音波振動を発生させていた際バイトに熱が生じていたことが確認されている。この熱により切削時において樹脂が溶けた可能性も考えられることから、切削油による冷却と潤滑の作用を利用し、さらなる切削表面の向上を研究する必要がある。

4. 結言

CFRP を切削速度、切削幅、切削厚さ、およびピッチング角を変化させて超音波振動切削を行った結果、以下のような結論を得た。

- 1) 4つの加工要因全てにおいて超音波振動切削の効果が認められた。
- 2) 超音波振動切削による切削抵抗の減少は主分力に大きく見られた。
- 3) 切削方向とピッチング角、および超音波振動方向には関係性があり、それは背分力に影響を与えた。
- 4) SEM 写真にて切削表面を観察した結果、超音波振動切削では良好な仕上げ面が得られた。

5. 参考文献

- 1) 伊藤拓哉 他 2 名 CFRP の超音波振動切削における切削力変動要因の寄与度 精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集 2004 年 P.109,110