

CFRP の超音波振動切削における切削力変動要因の寄与度

The rate of contribution of the cutting force factor under conditions on the Ultrasonic Vibrating cutting of the CFRP

苫小牧高専 ○学 伊藤拓哉 正 中津正志、池田慎一

Takuya ITO
Masashi NAKATSU, Shin-ichi IKEDA

要 旨

超音波振動する工具による炭素繊維強化プラスチック(以下CFRP)で、切削条件が切削抵抗や切削機構に及ぼす影響の度合いについては知られていない。そこで、実験計画法により、切削実験し、GFRPの場合と比較する中で、影響を調べた。

1. はじめに

一般に CFRP は軽量で強度も高いが、加工の際の切削抵抗が大きい上に仕上げ面が悪い。一方、超音波振動切削は被削材を微小破壊することで切削抵抗が低下することが知られている。筆者はこの点に着目し、さまざまな加工要因を組み合わせた加工条件下で CFRP を超音波切削し、切削抵抗に与える影響について調べた。

2. 実験条件および実験方法

CFRPは市販の(厚さ 2.5mm)格子状繊維のものを用い、繊維角度が同一となるように切り出したものを試験片とした。加工要因は切削速度、切削厚さ、振動子角など 7 要因を選定し各要因を 3 水準、切削油に関しては有り、無し の 2 水準とした(表 1) 切削油の塗布は前加工をしたあとに綿棒で塗布した。切削工具を取り付けた超音波振動子は自作のジグに固定した。

切削抵抗は圧電式工具動力計を使用し、試験片の切削後の表面組織を調べるために、表面を走査型電子顕微鏡により写真を撮影した。

表 1. 実験条件

要因の水準	水準1	水準2	水準3
A. 切削油	無し	有り	
B. 切削厚さ(mm)	0.1	0.15	0.2
C. 切削速度(mm/min)	1000	2000	4000
D. ローリング角(deg)	0	5	10
E. ピッチング角(deg)	0	8	16
F. 切削幅(mm)	0.5	0.75	1
G. 前加工切込(mm)	0.01	0.03	0.05

加工条件は各条件を実験計画法 1) に基づき、L18 直交表(表 2) に割りつけし、ランダムに実験を行った。

表 2. 直交表

実験番号	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3
5	1	2	2	2	3	3	1
6	1	2	3	3	1	1	2
7	1	3	1	2	1	3	2
8	1	3	2	3	2	1	3
9	1	3	3	1	3	2	1
10	2	1	1	3	3	2	2
11	2	1	2	1	1	3	3
12	2	1	3	2	2	1	1
13	2	2	1	2	3	1	3
14	2	2	2	3	1	2	1
15	2	2	3	1	2	3	2
16	2	3	1	3	2	3	1
17	2	3	2	1	3	1	2
18	2	3	3	2	1	2	3

3. 実験結果

3. 1 実験計画法による抵抗の変化

図 1、図 2 は各要因の水準ごとの抵抗の変化をあらわす。図の中の英字は各要因である。

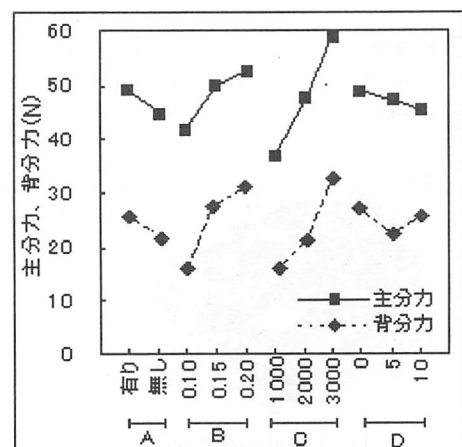


図 1. 各要因の切削抵抗 1

通常 CFRP は乾式切削であるが、本実験で切削油(A)を使用した、あまり大きな変動は見られなかった。

切削厚さ(B)、切削速度(C)とも増加に伴い主分力の抵抗値も 15N, 20N と増加しており、これは一般的な切削の傾向と同様であった。また値の変動が大きいことから、切削厚さ、切削速度とも加工に大きな影響を与えると考えられる。

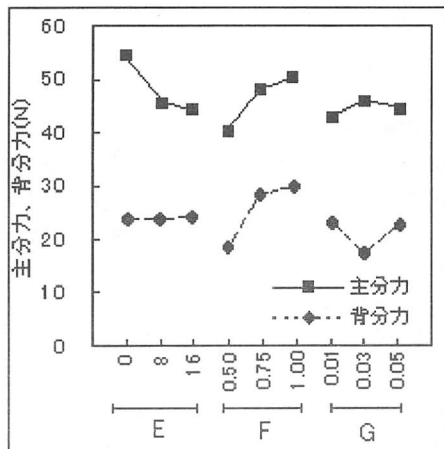


図 2. 各要因の切削抵抗 2

ピッチング角(E)は角度が大きくなる程、抵抗の減少が見られたが、背分力は一定であった。ローリング角(D)は角度の増加とともに減少しているが、これは傾斜切削の効果によると思われる。切削幅(F)は大きくなると工具の切削面積が増加に伴い抵抗が増加していると思われる。

3. 2 分散分析および各要因の寄与率

各要因の抵抗値を分散分析し、その結果を基にして書く要因の寄与率を求めた。それを表 3 に示す。

表 3. 分散分析と寄与率

主分力					
	変動(S)	自由度(f)	分散(V)	分散比	寄与率(%)
A	51.87	1	51.87	1.0670	1.4
B	392.58	2	196.29	4.0377	33.6
C	1757.54	2	878.77	18.0762	47.1
D	40.53	2	20.27	0.4169	1.1
E	418.98	2	209.49	4.3092	11.2
F	638.96	2	319.48	6.5716	17.1
G	40.21	2	20.11	0.4136	1.1
e	388.92	4	97.23		10.4
T	3729.60	17	219.39		100
背分力					
	変動S	自由度(f)	分散V	分散比	寄与率(%)
A	63.12	1	63.12	1.9101	2.4
B	599.97	2	299.99	9.0780	22.4
C	999.95	2	499.98	15.1299	37.4
D	41.00	2	20.50	0.6204	1.5
E	3.01	2	1.51	0.0456	0.1
F	504.38	2	252.19	7.6317	18.8
G	199.98	2	99.99	3.0258	7.5
e	264.36	4	66.09		9.9
T	2675.78	17	157.40		100

表 3 の e は誤差分散を、T は総数を表している。主分力は切削厚さ(33%)、切削速度(47%)が主に影響を与えていることが分かる。また、前加工、切削油(1.4%)、ローリング角(1.1%)などが寄与率は低く切削力への影響は殆ど無い結果となった。

背分力も主分力同様に切削厚さ(22%)、切削速度(37%)が主に影響を与えていることが分かる。分散分析から切削油やローリング角が与える影響は少ないものと思われる。

また、GFRP と比較すると主分力の切削油で CFRP(1.4%)GFRP(12%)で、切削厚さに関しては CFRP(33%)GFRP(8%)と寄与率に大きな違いが見られた。

3. 3 SEM 写真による表面の観察

本実験において各要因条件での表面の状況を確認するために粗さ測定も行ったが、荒さの値が同じ試験片の中で計測の都度変動した。そこで SEM により調べた。

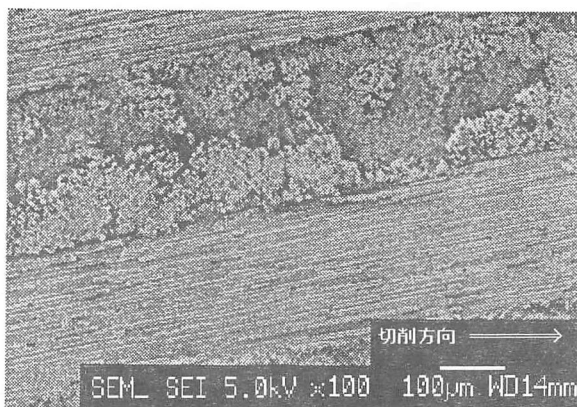


写真 1. SEM 写真

観察した試験片全てに写真 1 のような横方向と縦方向の繊維が十字の格子状になる規則的な向きが確認された。写真 1 のような表面において、荒さは横繊維部と縦繊維部で大きく異なり、これが荒さの変動に影響を与えた原因だと言える。

この写真の後、横繊維と縦繊維について粗さの測定も行ったが、試験片と粗さの関係に明瞭な傾向は得られなかった。これは試験片ごとに実験条件に値する各要因が全て変わるため、要因が複合的に粗さに影響を与えていたためと考えられる。

4. まとめ

- 1) 超音波振動切削において大きな影響を与える要因は切削厚さと切削速度であった。
- 2) 主分力において切削厚さ、切削速度の寄与率は 33%、47%であった。背分力において切削厚さ、切削速度の寄与率は 22%、37%であった。
- 3) 切削に影響を与える要因が GFRP と異なった。
- 4) 繊維角によって荒さが大きく変動する。

5. 参考文献

- 1) 加工品質工学 矢野弘 工業調査会
- 2) GFRP の超音波振動切削 池田慎一 他 2 名 苫小牧工業高等専門学校 紀要第 31 号