

## 412 炭素繊維強化プラスチックの超音波振動ドリル加工に関する研究

## A Study on Ultra-sonic Vibration Drilling of Carbon Fiber Reinforced Plastic

○正 古澤利明(帝京大・理工), 宮本裕文(帝京大・院), 中村聡史, 渡邊信幸

Toshiaki FURUSAWA, Hirofumi MIYAMOTO, Satoshi NAKAMURA, Nobuyuki WATANABE  
Teikyo University, 1-1 Toyosatodai, Utsunomiya city, 320-8551

## 1. 緒言

近年の航空機の機体には軽量化のために炭素繊維強化プラスチック（以下 CFRP と略す）が多く用いられる傾向にあり、Boeing 787 での CFRP の材料使用の比率は、実に 50%にも及んでいる。加工技術上は工具摩耗の課題は大きい。強度、硬さのため工具の摩耗形態はアブレイブ型の摩耗となり、工具摩耗が原因で穴品質の劣化を引き起こすため、精度を維持しながら加工可能な穴個数を増加させることが技術の評価項目となる<sup>①</sup>。

本研究は、CFRP の穴あけ加工に超音波振動切削法を用いて工具摩耗の抑制や加工品質向上を図ろうとするものである。本報告では、工具摩耗の状態を観察しながら、工具摩耗と関係する切削抵抗、加工品質に關係する穴出入の直径、繊維のはく離などの基礎データを得ようとするものである。

## 2. 実験方法

超音波振動切削装置は送り方向に加振する軸振動形の industria 製の超音波スピンドル R2 型を用いる。ヒザ形横フライス盤のアーバにスピンドルを取付け、回転はスピンドル、送りはフライス盤の機能を使用する。実験で使用した工具のドリルは、焼結ダイヤモンドのコーティングを施した OSG 製 D-GDN 3 である。被削材は、板厚 2.3mm の CFRP 試験片を用いる。表 1 に主な実験条件を示す。切削抵抗の測定には、三保電気製作所 AST-BM の回転形切削動力計を使用し、ノートパソコンにデータを取得する。

## 3. 実験結果および考察

## 3.1 切削抵抗低減に及ぼす超音波振動切削の効果

慣用切削の場合と超音波振動切削の場合の工具の摩耗状態と関係する切削抵抗の変化を見る。図 1 は、穴個数に対するスラスト力とトルク最大値の変化を表す。

切削回数が増えるとスラスト力、トルクともに増加することから、工具の摩耗により切削抵抗が増加していることがわかる。慣用切削に対して超音波振動切削のほうがスラスト力、トルクが小さい傾向

にあり、超音波振動切削により切削抵抗低減効果が認められる。トルクの変動が慣用切削、超音波振動切削ともに極端に激しいのは、切りくず排出やはく離等の影響であると考えられる。超音波振動切削によるスラスト力の増加率が大きく、穴個数 100 個で慣用切削時のスラスト力の大きさと変わらなくなってくる。トルクにおいても超音波振動切削では慣用切削に比べて若干切削抵抗増加率が大きくなる傾向にある。

Table 1 Experimental conditions

Ultra sonic vibration spindle	industria R2	
	Vibration for axial direction	
	Frequency	41.5kHz
Tool	OSG D-GDN	
	Diameter	3mm
	Helix angle	20°
	Point angle	120°
	PCD coating(sintered carbide)	
Cutting conditions	Rotational speed	3000rpm
	Feed rate	100mm/min

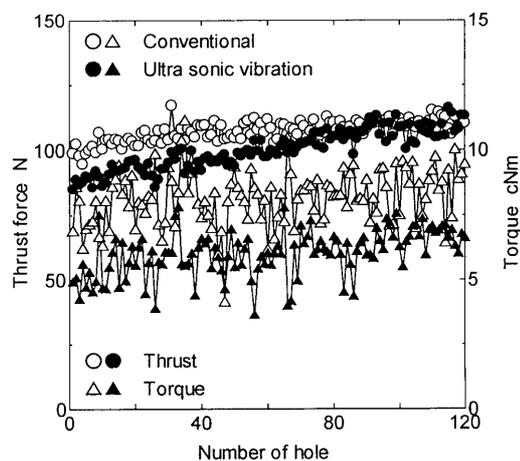


Fig. 1 Variation of cutting forces when drilling by conventional cutting and ultra sonic vibration cutting

## 3.2 穴品質に及ぼす超音波振動切削の効果

図 2 は、慣用切削と超音波振動切削の場合の穴個数に対する穴出入口の直径の変化を表す。穴個数が

増えると穴出入口の直径が小さくなる傾向にあり、これは工具が穴あけ回数を増すごとに摩耗するためと考えられる。慣用切削に比べて超音波振動切削のほうが穴の直径減少の変化が激しい。超音波振動切削、慣用切削ともに穴の表より裏のほうが穴の直径は小さくなる傾向にある。これはドリルが出口に向かうにつれ、被削材の繊維が切れなくなること、被削材の弾性回復が関係していると考えられる。

慣用切削に比べて超音波振動切削で穴出入口の直径が小さくなっている。慣用切削で120個穴加工した工具を用いて、交互に慣用切削と超音波振動切削を4回ずつ試みたが、ほとんど直径の違いは見られなかった。また、マイクロメータでドリル直径を測定したところ、超音波振動切削で用いた工具の方は直径が小さいことがわかった。両条件での穴直径の違いは工具の個体差によるものと推察される。

図3に超音波振動切削時の穴個数30, 60回の穴出入口の光学顕微鏡写真を、図4に穴個数10, 60回の慣用切削時の結果を示す。超音波振動切削であると穴個数30個目まではほとんど、はく離やほつれは目立たない。60個目以降になると超音波振動切削でも、徐々にほく離やほつれが目立ってくるようになる。120個目ともなると、出口のはく離が肉眼でも確認できるほどになった。

慣用切削では10個目ではく離があらわれ、徐々にほつれも多くなり、60個目以降の穴では、肉眼でも確認できるぐらいのはく離が頻繁に見られるようになった。穴入口の方は超音波振動切削、慣用切削で、見分けがつかぬほど発生は認められないが、出口を比較すると超音波振動切削の方が少なく、超音波振動切削効果が表れているといえる。

### 3.3 超音波振動切削での工具摩耗

図5は、超音波振動切削で120個目を切削した後のドリル先端の摩耗のSEM写真を示す。ダイヤモンドコーティング層がはく離を起し、またチゼル部分が摩耗していることが分かる。超音波振動による衝撃的な切削による影響と考えられる。ねじり形<sup>2)</sup>に比べて軸振動形の超音波振動切削では工具摩耗抑制の効果はないといえる。

## 4. 結論

CFRPのドリル加工への超音波振動切削法の効果を検証したが、切削抵抗、穴品質には効果が認められるものの、工具摩耗の抑制効果はない。

本研究は財団法人軽金属奨学会から研究補助金を受けて実施したものである。厚く感謝する。

### 参考文献

- (1) R. Zitoun, etc., Composite Structure, Vol. 92, (2010) pp.1246-1255.
- (2) 鈴木秀幸, ほか, 2010年度精密工学会秋季大

会学術講演会講演論文集, (2010) pp.3-4.

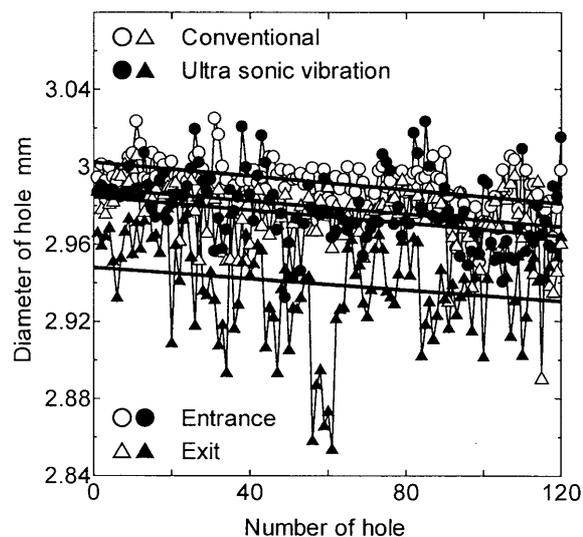


Fig. 2 Variation of diameter of hole when drilling by conventional cutting and ultra sonic vibration cutting

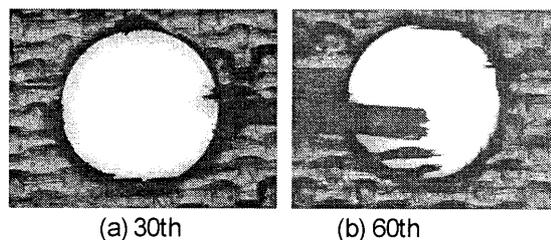


Fig.3 Photographs of hole exit when drilling by ultra sonic vibration cutting

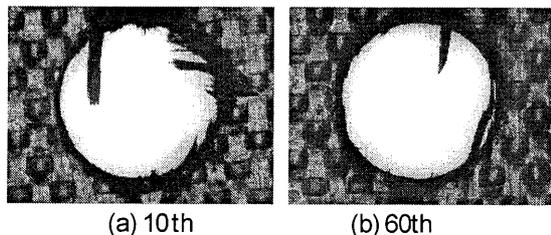


Fig.4 Photographs of hole exit when drilling by conventional cutting



Fig. 5 SEM photograph of tip of used drill when drilling by ultra sonic vibration cutting