

# 熱可塑性CFRPの切削加工に関する研究

機械金属部 ○山下順広 舟田義則  
企画指導部 廣崎憲一

## 1. 目的

近年、軽量で比強度が高いなどの理由から利用が進んでいるCFRP(炭素繊維に樹脂を含浸させた複合材料)は、含浸させる樹脂の種類により熱硬化性CFRPと熱可塑性CFRPの2つに大別される。一度固めると熱を加えても再成形できない性質を持った熱硬化性CFRPは、航空機やゴルフクラブなどに使用されている。一方、熱可塑性CFRPは、加熱すると軟化し再成形可能なことから、リサイクル性やプレス成形性に優れており、量産が求められる自動車部品への適用が進められている。これら部品は、組立てではボルト穴などの機械加工が必要になる。しかし、熱可塑性CFRPは、樹脂の特性から加工時には切削熱の影響を受けやすく、繊維の切れ残りが発生しやすいと考えられる。そこで、本研究では、熱可塑性CFRPのドリル加工において、繊維の切れ残りのない加工技術の検討を行った。

## 2. 内容

### 2.1 ドリル加工における切削特性の把握

熱可塑性CFRPを穴あけ加工した際の穴出口側における繊維の切れ残り状態を調べるため、図1に示すような加工実験を行った。加工実験は、工具にダイヤモンドコートされた直径5mmの一般的な形状のドリル(図2(a))を、材料には板厚3mmの熱可塑性CFRP(炭素繊維:3K, 綾織, 樹脂:PA66)を用い、マシニングセンタにより行った。加工条件は、切削速度20~180m/min, 送り速度0.01~0.16mm/revの複数の条件とした。切削速度80m/min, 送り速度0.04mm/revの加工条件下における穴の状態を図2(b)に示す。いずれの加工条件下においても同図に示すような繊維の切れ残りとしてバリが発生した。

### 2.2 切削温度の測定とバリ生成過程の観察

バリの発生原因を検討するため、まず、穴出口側における切削温度の測定およびバリの生成過程の観察を行った。

#### (1) 切削温度の測定

切削温度は、ドリル加工における穴出口側の材料表面温度とし、熱画像計測装置により測定した。測定の結果、ドリルが材料を貫通した時のドリル周辺温度は100℃を超えており、用いた材料の軟化温度70℃(材料メーカーのカタログ値)に対して高く、材料が軟化しやすい状態であると推察される。

#### (2) バリの生成過程の観察

高速度カメラを熱画像計測装置と同様に配置し、バリの生成過程の観察を行った。ドリルが材料を貫通する直前の画像を図3に示す。本画

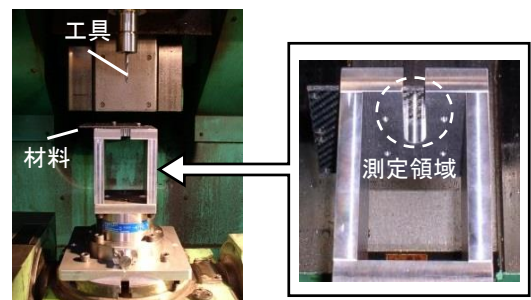


図1 加工実験の様子

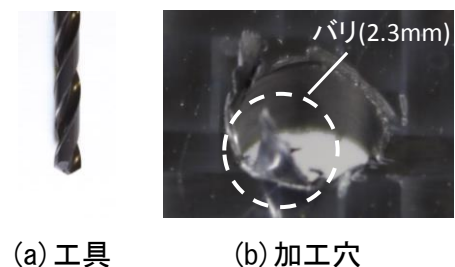


図2 一般的な形状ドリルによる加工



図3 高速度カメラによる観察画像

像からも材料が軟化し押し伸ばされている様子が確認された。

### 2.3 湿式条件下における加工

切削温度測定及びバリの生成過程観察の結果、バリの抑制には切削温度を抑えることが重要である。そこで、冷却効果が期待される湿式切削加工を行い、その有用性について検討を行った。切削液には、通常金属切削に用いられる水溶性切削液(エマルジョンタイプ)を使用した。切削液の供給位置は、図4に示すような穴入口側、穴出口側、さらにドリルのオイルホールを用いて工具切れ刃近傍の3通りとした。

各位置における加工穴出口側の状態を図5に示す。いずれの位置においても図2(b)の乾式切削同様にバリが多く発生し、今回行った湿式条件下における加工方法では有用性は認められなかった。

### 2.4 段付きドリルによる加工

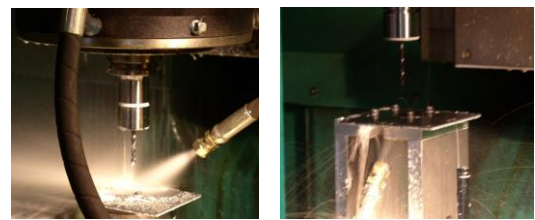
前述のように、一般的形状ドリルによる加工では、高速度カメラによるバリの生成過程を観察した結果、ドリルに押された材料が変形しバリが発生していた。材料の変形を抑えるにはドリルの進行方向の力を抑えることが有効と考えられる。そこで、1段目と2段目で切削抵抗を分散させる段付きドリルの適用を提案し、その効果について調べた。

工具には、図6(a)に示すダイヤモンドコートされた小径部2mm、大径部5mmの段付きドリルを用いた。加工後の穴出口側の状態を図6(b)に示す。加工の結果、バリ高さが最大0.3mmであり、一般的形状ドリルによる加工のバリ高さ2.3mmに比べ、大幅にバリを抑えることができた。

## 3. 結果

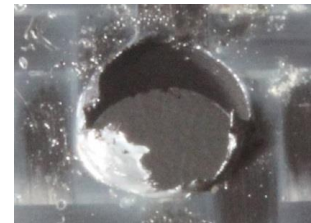
熱可塑性CFRPのドリル加工を行い、バリの状態観察、切削温度の測定および高速度カメラによるバリ生成過程の観察を行った。さらに、湿式切削加工および段付きドリルによる加工実験を行い、バリの抑制について検討した。得られた結果を以下に示す。

- (1)ドリルが材料を貫通する際には、ドリル周辺材料温度が材料の軟化温度以上になっていることを確認した。また、バリは材料が軟化し伸びることで発生していた。
- (2)湿式切削加工により、切削温度を抑えた加工を試みたが、バリの発生を抑えることはできなかった。
- (3)段付きドリルを用いることにより、バリ高さを0.3mm以下に抑えることができた。



(a) 供給：穴入口 (b) 供給：穴出口

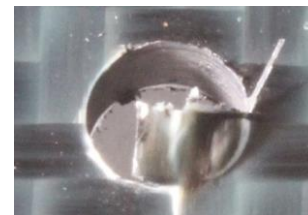
図4 湿式切削加工の様子



(a) 供給：穴入口

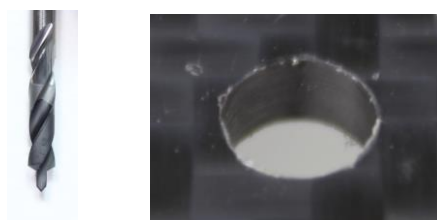


(b) 供給：穴出口



(c) 供給：ドリルのオイルホール

図5 湿式切削加工の加工穴



(a) 工具

(b) 加工穴

図6 段付きドリルによる加工