

CFRP とチタン合金の共穴加工に関する研究

加賀 忠士

Study on drilling of stacked plates of CFRP and Titanium Alloy

Tadashi Kaga

チタン合金の切りくず処理について、旋盤を用いた二次元切削実験を行い、チップブレイカによる切りくず分断化の検討を行った。その結果、切取り厚さ 0.05mm では、切りくずの分断はみられなかった。一方、切取り厚さ 0.1mm および 0.15mm では分断する条件があったものの、切りくず処理として期待できる細かさに至らなかった。この結果から、従来のドリル+リーマー加工に代わる新たな穴あけ加工法の開発は、切りくずの分断化処理から連続化処理へ方針を変更する。

1. はじめに

航空機産業分野では燃費向上のため軽量化が図れる炭素繊維強化プラスチック（以下、CFRP）の利用が拡大している。これに伴い、CFRP と組み合わせるアルミニウム合金の問題点が指摘されており、CFRP と接触するアルミニウム合金ではガルバニック腐食が生じること、また、飛行中の温度と地上との温度差において 100 度近くに達する場合もあり、これを繰り返すと熱膨張率の差が大きいアルミニウム合金と CFRP ではズレ、ファスナーの緩みなどを生じやすくなることからチタン合金の利用が拡大している。

このようにチタン合金が多く使用される中、機体の製造工程の組立時に、CFRP からチタン合金への共穴加工が必要となる。この場合、チタン合金の切りくずが CFRP の穴内面を傷つけてしまう問題がまず挙げられ、次に CFRP 切削で生じた急激な工具摩耗の状態ではチタン合金を切削すると、スラスト力増加により CFRP とチタン合金間で隙間が発生し、そこにチタン合金切りくずが入り込む問題や、チタン合金の切削熱増加が CFRP にダメージを与えてしまう問題が指摘されている。これらの問題に対し、生産現場ではドリル加工後リーマー加工を行う 2 段階の工程と、頻繁な工具交換を実施するという能率の悪い方法で製造している。そこで、より高能率加工法の検討が望まれている。

従来のドリル加工では、切りくずが穴の内面に接触して排出されるため、切りくずが穴内面を傷つけてしまうことは避けられない。また、チゼル部があるため、工具中心部付近は負のすくい角になっていること、また工具中心では切削速度がゼロになっていることから、穴の中心付近では、穴の外周部付近と比較して大きなスラスト力が生じてしまう¹⁾ことも避けられない。

そこで、本研究では、従来のドリル+リーマー加工に代わる新たな穴あけ加工法を検討している。本報告では、第一段階として、チタン合金の切りくず処理に着目し、旋盤を用いた二次元切削実験を行い、チップブレイカによる切りくず分断化の検討を行った。

よる切りくず分断化の検討を行った。

2. 実験

2. 1 実験装置および実験方法

被削材は、Ti-6Al-4V のチタン合金（板厚 1.7mm）、実験装置は汎用旋盤（株）池貝 AM-20）を用いた。実験装置の概要を図 1 に示す。被削材のチタン合金は治具を介して回転軸側に固定され、一方、工具は刃物台上に 3 成分切削動力計（キスラー製 9257B）を介し設置している。実験は、刃物台が回転軸に向かって進行しながら板厚の全幅を切削する外周断続切削を行った。なお、切削実験はミストを吹き付けた状態で行った。

2. 2 実験工具

工具の写真を図 2 に示す。工具材種は超硬でノンコート、形状はすくい角 20 度、逃げ角 5 度、刃幅 5mm、そして、すくい面上に 45 度のチップブレイカを刃先の先端から任意の距離（以下、PCB と表記する）に配置できる構造を準備した。

本研究で行った実験条件を表 1 に示す。

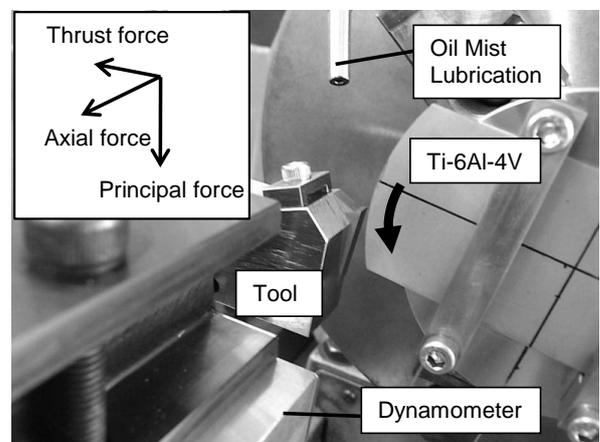


図 1 実験装置の概要

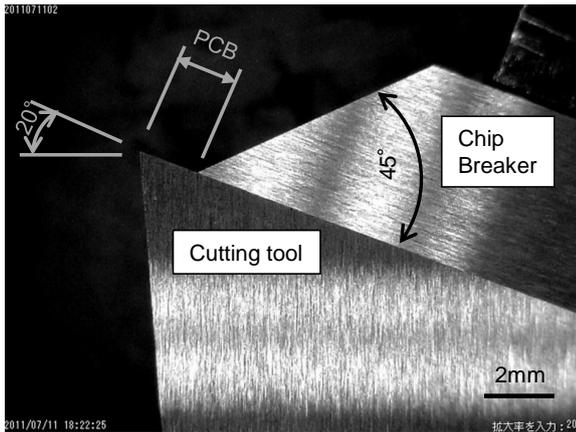


図2 工具の概要

表1 実験条件表

被削材	Ti-6Al-4V
被削材の板厚 mm	1.7
工具材質	超硬(ノンコート)
刃幅 mm	5
すくい角 deg	20
逃げ角 deg	5
チップブレーカの角度 deg	45
切削速度 m/min	15
切り取り厚さ mm	0.05, 0.1, 0.15
チップブレーカの刃先からの距離PCB mm	0.072 - 1.702

3. 結果及び考察

3.1 切りくずの分断化

切り取り厚さ 0.05mm におけるチップブレーカの刃先からの距離（以下、PCB）を変化させた時の切りくずの様子を図3に示す。これらの結果から、切りくずの分断はみられなかった。一方、切り取り厚さ 0.1mm、0.15mm においては、チップブレーカを刃先に近づけることによって切りくずの分断がみられた。これらの切りくずの様子を図4に示す。しかし、穴あけ加工時の切りくず処理を考慮すると、本実験条件で分断できた切りくずの大きさでは、新たな穴あけ加工法を検討するのに必要な細かさに至らなかった。

3.2 切削力

各切り取り厚さにおけるPCBを変化させたときの各成分の切削力の結果を図5に示す。この結果から、チップブレーカを刃先に近づけると、主分力および背分力は増加することがわかる。つまり、切りくずの分断を実現するためには、チップブレーカを刃先に近づける必要があるが、それに伴い、加工力が増加することがわかった。

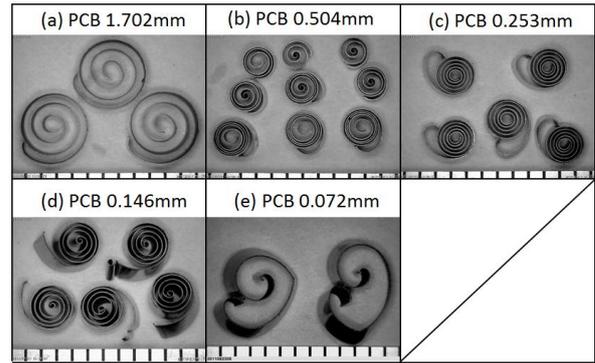


図3 PCB 変化に伴う切りくず形態変化の様子 (切り取り厚さ 0.05mm)

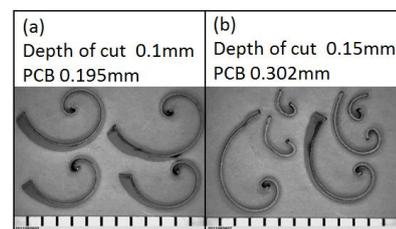


図4 分断した切りくずの様子

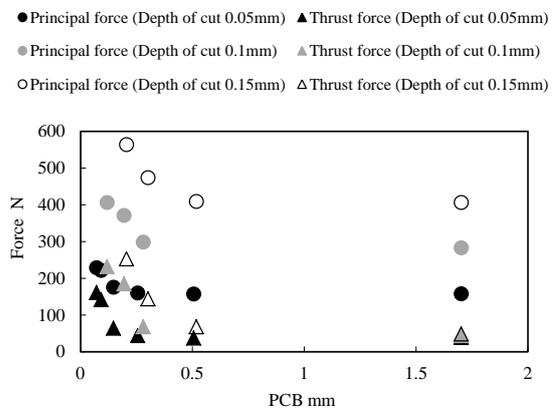


図5 PCB と各成分の切削力との関係

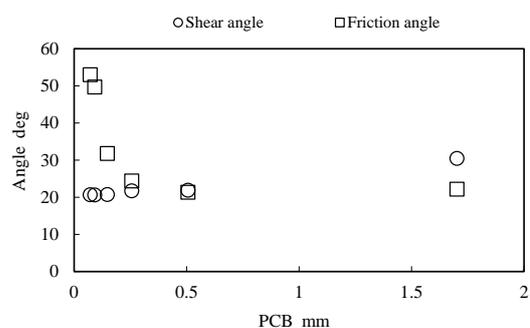


図6 PCB とせん断角およびすくい面の摩擦角との関係

3.3 せん断角と摩擦角

切りくずの厚み測定の結果からせん断角、各成分の切削力の測定結果からすくい面の摩擦角を求めている。図6に切り厚さ0.05mmにおけるPCBを変化させたときのせん断角およびすくい面の摩擦角の結果を示す。この結果から、チップブレイカの位置を刃先に近づけると、せん断角は減少し、摩擦角は増加することがわかる。これらのことから、切りくずの分断を実現するためには、チップブレイカを刃先に近づける必要があるが、それに伴い、せん断角は減少し、摩擦角は増加することがわかった。

3.4 切りくずの連続化への検討

上記3.1節から3.3節の結果から、チップブレイカの刃先からの距離における切りくず分断化の条件および切削特性を把握した。しかし、新たな穴あけ加工法の検討をするのに必要な切りくずの細かさに至っていないと判断した。

このような切りくずが分断されにくい結果に対し、切りくずを分断する考えとは逆に切りくずを制御することで連続的に処理していく手法が提案されている²⁾。今後は、切りくずの分断化処理から連続化処理へ方針を変更することにする。

4. まとめ

チタン合金の切りくず処理に着目し、チップブレイカによる切りくず分断化の検討を行った結果、以下のことがわかった。

- (1) 切り厚さ0.05mmでは、切りくずの分断はみられなかった。一方、切り厚さ0.1mmおよび0.15mmでは分断する条件があったものの、切りくず処理として期待できる細かさに至らなかった。
- (2) チップブレイカの位置を刃先に近づけると、主分力および背分力は増加する。
- (3) チップブレイカの位置を刃先に近づけると、せん断角は減少し、摩擦角は増加する。
- (4) 上記結果から、新たな穴あけ加工法は、切りくずの分断化処理から連続化処理へ方針を変更する。

【謝 辞】

本研究を遂行するにあたり、名古屋大学大学院工学研究科 社本英二教授からのご指導、大見工業(株)様からの工具提供、そして、川崎重工業(株)様からの助言を頂き、厚くお礼申し上げます。

本研究の一部は、公益財団法人マザック財団の助成により行われました。

【参考文献】

- 1) 小川, 現場で役立つドリル加工の勘どころ, 日刊工業新聞社, pp.37-40, 2011
- 2) 社本ら, 切りくず連続処理と引張り切削に関する研究, 精密工学会誌, Vol.77, No.5, pp.520-524, 2011