

CFRTPシートの成形に関するデータベースの作成

小田 太^{*1}

Development of a Database for CFRTP Sheet Forming

Futoshi Oda

航空機分野では CO₂ 削減や燃費向上を目的とする部材の軽量化が求められており、炭素繊維強化樹脂（以下、CFRP）の適用拡大が期待されている。本研究では、コストや取扱いの面で利点を有する熱可塑性 CFRP（以下、CFRTP）シートを対象に、プレスによる絞り成形条件を検討した。熱可塑性樹脂として PA6（ポリアミド 6）を母材とした板厚 1.0 mm の平織及び綾織 CFRTP シートに対し、加熱温度、加熱時間及び成形クリアランスを変化させた成形実験を行い、成形可否と外観をデータベースに整理した。その結果、成形クリアランスの影響が大きいこと、同一金型であっても条件調整により平織、綾織とも成形可能であることを確認し、データベースを構築した。

1 はじめに

CFRTPは、炭素繊維と熱可塑性樹脂からなる複合材料であり、高い比強度と軽量性を有するため、輸送機器部材への適用が期待されている。特に航空機分野では、環境保全に対する社会的要請の高まりから、CO₂ 削減及び燃費向上に寄与する軽量化材料として注目されている。一方で、CFRTPは材料費が高く、加工コストや成形条件の確立が課題である。量産性の高いプレス加工を適用するためには、材料を適切に加熱し、金型構造や成形クリアランスを含めた条件を把握する必要がある。そこで、本研究ではCFRTPシートの絞り成形を対象に、平織及び綾織CFRTPシートを対象として成形条件を検討し、成形可能条件のデータベース作成を行った。

した。加熱温度は280、290、300、310 ℃とし、加熱時間は、各温度における成形可能となるまでの時間を設定した。また、側壁の成形クリアランスは板厚1.0 mmに対して1.0 mm及び1.5 mmとした。

従来の研究^{2,3)}においては、シート両面をホットプレートで挟む加熱方法としていたが、材料内部においての加熱が不足して絞り成形が困難であったため、本研究においては小型電気炉による加熱を採用した。

平織



綾織

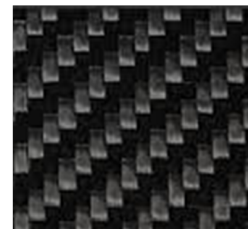


図1 本研究で用いた試料

2 研究、実験方法

本研究で用いた試料を図1に示す。CFRTPシートを連続的に作製する技術を確認¹⁾している一村産業（株）製、熱可塑性樹脂PA6、3K（3000本）平織・綾織、炭素繊維含有率53 %、板厚1.0 mmのシートを試料とした。

実験は図2に示すサーボプレス機（CGK（株）製、HMS-1000）と図3に示す抜き金型を用いて20 mm角の材料を作製し、図4に示す小型電気炉（日陶科学（株）製、mini-BS I）を用い、60秒以上の加熱を行った後、図5に示す絞り金型を用いて径φ12 mm、絞り深さ6 mmのプレス絞り成形を行った。成形条件は、加熱温度、加熱時間及び成形クリアランスを主な検討項目と



図2 サーボプレス機

^{*1} 機械電子研究所

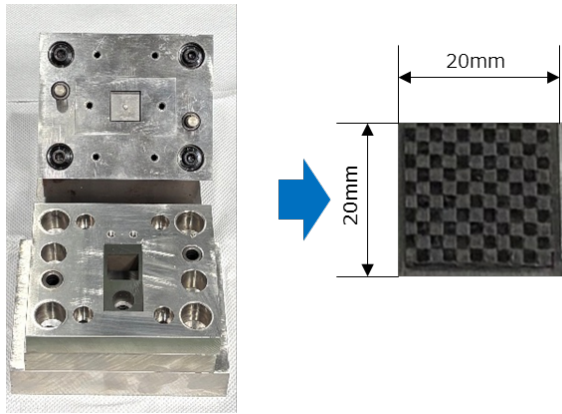


図3 抜き金型と試料

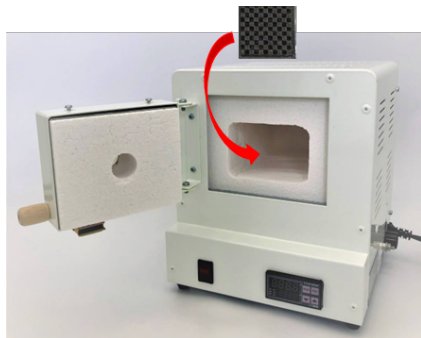


図4 小型電気炉

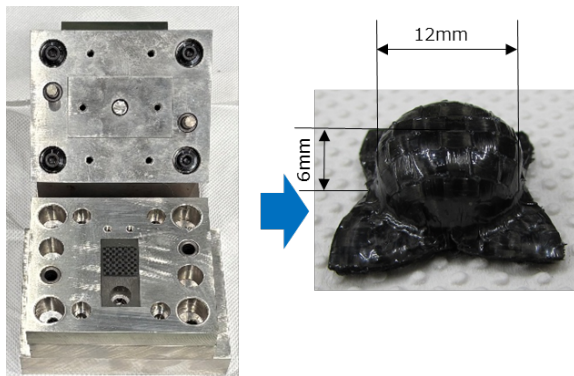


図5 絞り金型と成形品

3 結果と考察

平織、綾織の各材料について、成形クリアランス 1.0 mm及び1.5 mmの成形可能条件を整理したものを表1、表2、図6に示す。成形クリアランス1.5 mmでは、平織、綾織ともに加熱温度に対する成形可能になるまでの加熱時間は同じ結果となった。また、金型絞り深さは6 mmで一定とし、成形品の絞り深さを測定した。いずれの条件においても成形品絞り深さは概ね5.82～6.10 mmであり、所定の形状に近い成形品が得られた。

表1 平織CFRTPシートの絞り成形可能条件

No	成形材種 CFRTP(PA6) t1.0mm	加熱温度 (°C)	加熱時間 (s)	クリアランス (mm)	成形品絞り深さ (mm)
1	平織	280	120	1.00	5.99
2	平織	290	120	1.00	5.97
3	平織	300	90	1.00	5.92
4	平織	310	90	1.00	6.00
5	平織	280	90	1.50	5.91
6	平織	290	60	1.50	5.94
7	平織	300	60	1.50	5.95
8	平織	310	60	1.50	5.95

表2 綾織CFRTPシートの絞り成形可能条件

No	成形材種 CFRTP(PA6) t1.0mm	加熱温度 (°C)	加熱時間 (s)	クリアランス (mm)	成形品絞り深さ (mm)
9	綾織	280	300	1.00	6.06
10	綾織	290	180	1.00	5.93
11	綾織	300	120	1.00	5.99
12	綾織	310	90	1.00	6.10
13	綾織	280	90	1.50	5.86
14	綾織	290	60	1.50	5.86
15	綾織	300	60	1.50	5.83
16	綾織	310	60	1.50	5.82

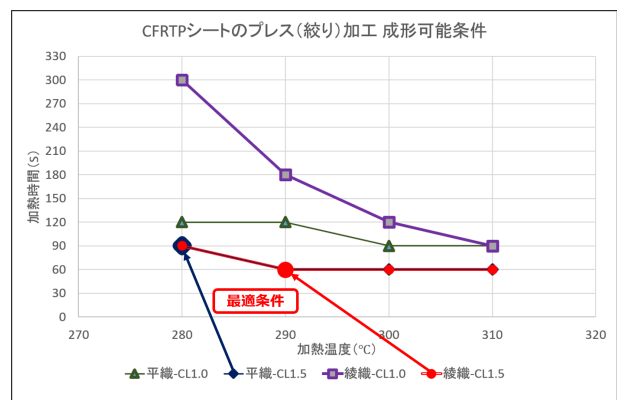


図6 CFRTPシートの絞り成形最適条件

成形可否には成形クリアランスが与える影響が大きく、板厚と同じ1.0 mmよりも1.5 mmの条件において外観が安定する傾向が見られた。外観から、平織においては280 °C、90 s、クリアランス1.5 mm、綾織においては290 °C、60 s、クリアランス1.5 mmが最適条件であった。最適条件における成形品を図7に示す。

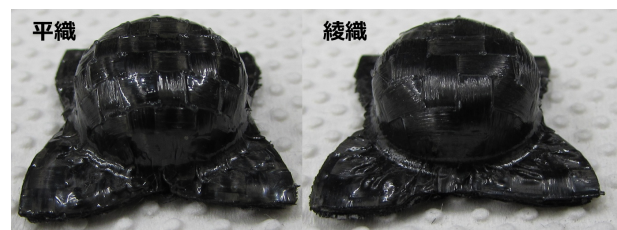


図7 最適条件の成形品外観

一方で、加熱温度が高い場合に織目の空隙からの樹脂漏れが発生した。平織、綾織ともに310℃、60 s加熱した際の成形品の外観を図8に示す。平織の方が樹脂漏れの量が多いことから、平織と綾織では織目の空隙が異なり、平織の方が織目の空隙が比較的大きいことがわかる。これは、平織と綾織では織り方の違いから、成形時の繊維の動きに図9に示すような違いがあるため、漏れ出し方に差が出たと考えられる。

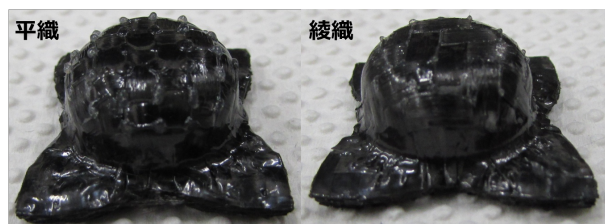


図8 加熱温度が高い条件の成形品外観

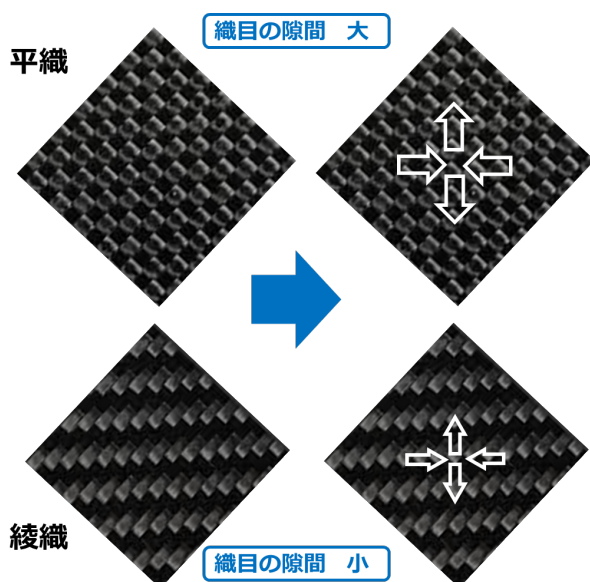


図9 平織、綾織の繊維の動き

平織は伸び特性に優れ、側壁への流入性が劣ることからしわが発生しにくい。一方で、綾織は平織に比べ伸び特性に劣るが、側壁への流入性に優れる。しかし、そのためにしわが発生しやすい。このことが、加熱温度290℃、クリアランス1.0 mmの時に、平織と綾織の成形可能条件に大きな違いが認められた要因であると考えられる。綾織は平織に比べ加熱時間が大幅に長く、材料が十分に軟化しないと成形困難であったのは、伸びにくく側壁への流入性に優れるがゆえに、板厚と同じクリアランス1.0 mmでは成形途中に金型の隙間以上の材料が流入し、側壁への流入が閉塞した状態で、絞

りパンチに引っ張られることでシートに割れが発生したと考えられる。

4 まとめ

CFRTPシートPA6、板厚1.0 mmの絞り加工に対して、以下の結果が得られた。

- (1) 加熱炉を使用した材料内部までの加熱が成形に必要であった
- (2) 成形可否に成形クリアランスが与える影響が大きく、クリアランス1.5 mmの条件において成形が安定した
- (3) 平織、綾織で材料の流動性に差があるが、成形クリアランスの調整によって、同様の金型で成形可能であった
- (4) 平織、綾織に対して、成形可能な16条件をデータベース化した

5 参考文献

- 1) 戦略的基盤技術高化支援事業「車両用部材の多品種中小ロット生産に対応した連続炭素繊維強化熱可塑性樹脂シートの開発」報告書（2013）
- 2) 公益財団法人 天田財団 塑性加工 平成28年度一般研究開発助成「CFRTPシートの順送プレス加工技術の開発」報告書（2019）
- 3) 公益財団法人 金型技術振興財団 研究開発助成「連続CFRTPシートの順送プレス金型の開発」報告書（2020）