

CFRTP シートの順送プレス加工技術の開発

福岡県工業技術センター機械電子研究所 生産技術課

主任技師 小田 太

(平成 28 年度 一般研究開発助成 AF-2016015)

キーワード：CFRTP，プレス加工，順送プレス

1. 研究の目的と背景

環境問題の観点から、自動車分野において、CO₂削減、燃費向上を目的に軽量化が求められており、炭素繊維を熱可塑性樹脂で固めた CFRTP の活用が検討されている。一部で CFRTP のプレス部品が採用されているが、金属に比べ高価であり、量産車への本格採用には至っていない。量産車への採用には、コストが一番の課題となっている。材料コストは、需要が増加すれば材料価格は徐々に低下していくと考えられるが、現状 CFRTP の成形は図 1 に示すとおり、加熱工程、成形・冷却工程、トリミング工程とそれぞれ別々の工程であるため加工コストが高くなっている。そこで、量産加工による加工コストの低減が求められており、その対策として、生産性の高いプレス加工による量産加工技術が検討されている。

本研究の目的は、自動車の軽量化、量産車への本格採用に向けた、量産加工技術による加工コスト低減のため、プレス加工の中でも特に生産性の高い順送プレス加工による CFRTP の成形の実現を目指すものである。本研究では、順送プレス加工の実現に必要な、加熱工程、成形・冷却工程の確立を試みた。

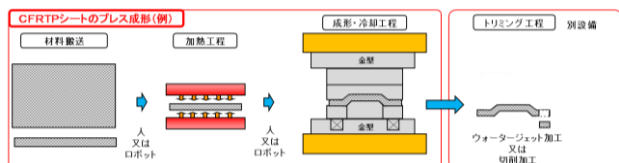


図 1. 現状の CFRTP シートのプレス加工工程

2. 順送プレス金型の設計・製作

2.1 工程設計

工程設計の前に、成形後の炭素繊維の配向に対する引き込まれ方を見るために予備実験をおこなった。CFRTP シートは、将来的な量産加工を見越し、CFRTP シートを連続的に作製する技術を確認している一村産業(株)製のものとし¹⁾、熱可塑性樹脂に PA6 を使用した、3K 平織、炭素繊維含有率 53%、板厚 1.0mm、幅 100mm のシートを使用した。形状モデルは、炭素繊維の引き込まれ方を比較するために、図 2 とした。

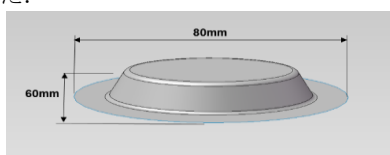


図 2. 本研究の形状モデル

予備実験は、シートを繊維方向 0°、90° になるように 70mm×100mm のサイズにカットし、非加熱のものと同約 200° に加熱したシートを、本研究の形状モデルを成形する金型にて成形した。図 3 に示すように、約 200° に加熱したシートの方には、繊維方向 0°、90° の方向に材料の流入が見られた。

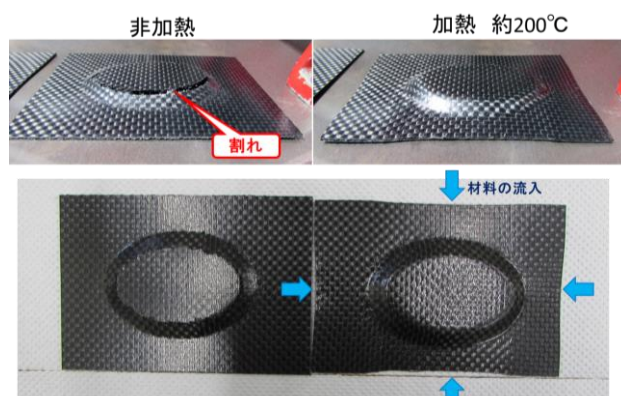


図 3. 予備実験結果

予備実験の結果から、レイアウトは、成形時にシートの変化量が少ない箇所にブリッジを設定し、仮に多少変形してもキャリアに影響のない形状にした。工程順は、ピーストリム工程の後、アイドル工程を挟んで、加熱工程、成形工程とした。工程設計を図 4 に示す。

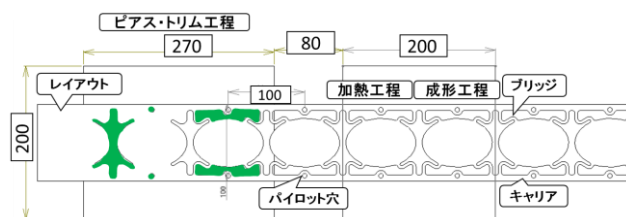


図 4. 工程設計図

2.2 ピース・トリム工程の設計・製作

図 4 のレイアウトを使用して、加熱工程、成形工程の実験がおこなえるように、ピース・トリム工程の設計・製作をおこなった。製作した金型を図 5 に示す。

2.3 加熱工程の設計・製作

加熱方法は、カートリッジヒータでアルミ製のホットプレートを加熱する方法とした。順送プレス加工の際パイロット穴が変形すると、各工程と材料の位置決めができなく

なる。そのため、パイロット穴周辺が加熱されないように、材料に接するプレートを製品部とキャリア部に分け、製品部のみ接するようにホットプレートを加工し、上下から挟み込んで加熱できるようにした。製作した金型を図6に示す。

2・4 成形工程の設計・製作

図2のような形状モデルを成形する際シワの発生が懸念されるため、シワを防ぐために成形中にシートを上下の金型で挟んだ状態のままにするためのシワ抑えを設定した構造にする。シワ抑え圧が強すぎるとブリッジが変形できずに切断されてしまい、弱すぎると製品にシワが発生する。そのため、圧力源であるバネの種類を変更しやすい構造にした。製作した金型を図7に示す。

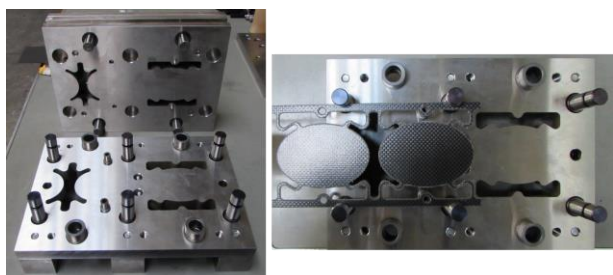


図5. ピアス・トリム工程の金型

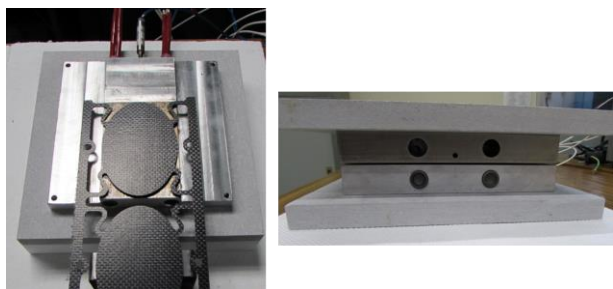


図6. 加熱工程の金型

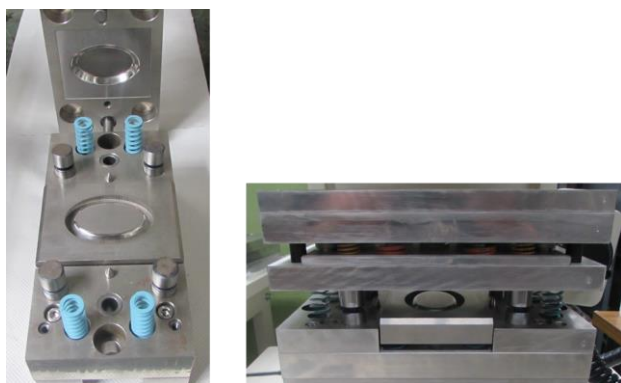


図7. 成形工程の金型

3. 実験方法

3・1 レイアウトの作製

ピアス・トリム工程の金型を用いて、実験に使用するためのレイアウトを作製した。板厚1mmに対して、最小幅3mmで設計していたが、特に問題なく作製することができ

た。作製したレイアウトを図8に示す。



図8. 作製したレイアウト

3・2 加熱工程の部分的加熱の検討

加熱工程の金型を用いて、CFRTPシートが部分的に加熱することが可能か検討した。レイアウトのキャリア、パイロット穴周辺が加熱されると変形するため、製品部のみ加熱するように加工したホットプレートにて、上下から挟み込み加熱した。PA6の融点225℃に対し、230℃で加熱しCFRTPシートを軟化させた。製品部とブリッジの一部は軟化されたが、ホットプレートに接触させなかったキャリアは、軟化せず変形はしなかった。

3・3 CFRTPシートの成形実験

加熱工程と成形工程の金型を用いて、成形実験をおこなった。成形機には、CGK(株)製の最大荷重10kNのサーボプレスHMS-1000を使用した。順送プレス加工は、各工程毎にかかる時間を合わせる必要があるため、加熱工程の加熱時間は、このサーボプレスの最大下死点停止時間の15秒とし、加熱温度は、200℃、205℃、210℃、220℃、230℃とした。成形実験の方法としては、図9に示すように、まず、加熱工程の金型でCFRTPシートをホットプレートで挟み込み15秒加熱し、成形工程の金型をセットしたサーボプレスにすばやく運び、加工速度10mm/sにてプレス加工し下死点で15秒停止させた。

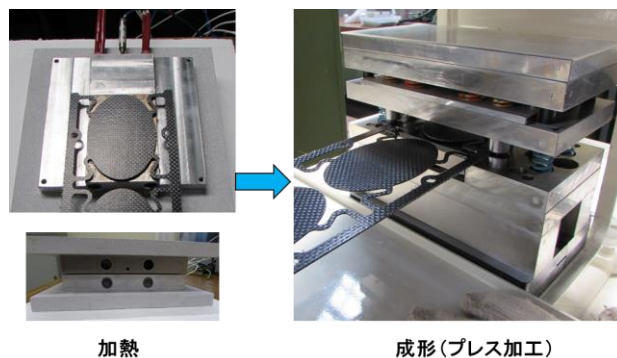


図9. 成形実験方法

4. 実験結果

4・1 CFRTPシートのプレス成形性

加熱温度230℃の結果を図10に示す。230℃の加熱では、CFRTPシートが軟化しすぎて、レイアウトを成形工程に運ぶ際にブリッジが破れ、スムーズにレイアウトの移動ができなかった。ブリッジ220℃の結果を図11に示す。短時間での成形可能なCFRTPシートの加熱を目指したが、

220℃に加熱したホットプレートでの加熱では、CFRTP シートの表面が樹脂が焼けたような状態となり、成形は十分可能であったが、炭素繊維がむき出しになっているような外観であった。次に加熱温度 205℃の結果を図 12 に示す。加熱温度 205℃でも成形時に割れは発生せず成形可能であり、CFRTP シートの表面も比較的良好的な状態であった。同じように、加熱温度 210℃の場合も、ほぼ同じような結果が得られた。200℃以下の温度では、成形時に割れが発生し、230℃以上の温度では、CFRTP シートが軟化しすぎ、ブリッジが変形し、成形工程に運べない結果となった。



図 10. 加熱温度 230℃の実験結果

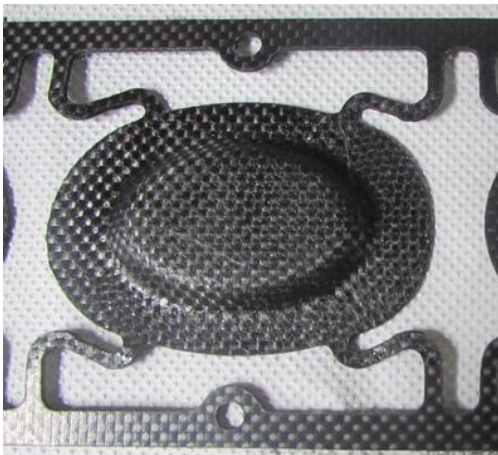


図 11. 加熱温度 220℃の実験結果

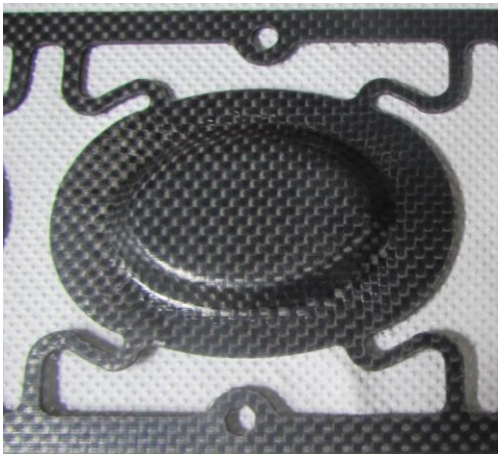


図 12. 加熱温度 205℃の実験結果

4・2 成形品の強度比較

図 13 に示すように、CFRTP シートを繊維方向 0°，90° になるように 70mm×100mm のサイズにカットしたシートを用いて、本研究の方法で成形したものと、図 14 に示すように、アルミ A1050 のシートを同じサイズにカットしたシートを加熱無しで同じ成形工程の金型で成形したもので強度比較をおこなった。強度比較の方法としては、(株)島津製作所製オートグラフ AG-100kN を使用し、図 15 に示すように、底面から高さ 7mm の成形品に対し、底面から 2mm まで 5mm/min の速度で成形品を圧縮し、成形品が変形し始める際の応力を調べた。図 16 に示すのは、圧縮後のそれぞれの成形品である。CFRTP シートの成形品が 3.3kN で変形を始めたのに対し、アルミシートの成形品は 2.6kN で変形が始まった。アルミシートの成形品は、元の形がわからない程大きな変形をしたのに対し、CFRTP シートの成形品は、押しつぶされずに図 17 のような変形をし、圧縮後は外観では変化がわからないほどであった。そこで、同じ条件で再度圧縮をおこなったが、2 度目は、1.5kN で変形を始める結果となった。



図 13. CFRTP シートの成形品



図 14. アルミシートの成形品

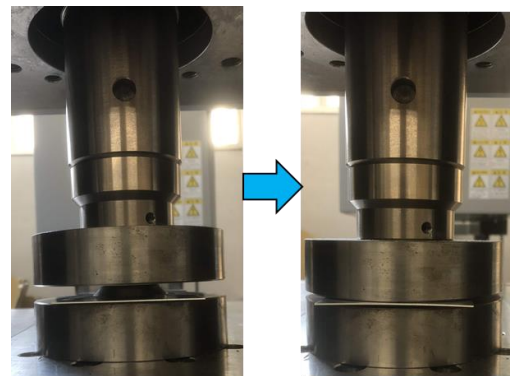


図 15. 成形品の圧縮の様子

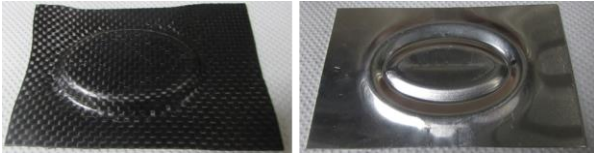


図 16. 圧縮後の成形品の比較



図 17. CF RTP シート成形品の圧縮の様子

5. まとめ

CF RTP シートを、上下両面から 205℃以上のホットプレートで挟み込み、直接接触させて加熱すれば、15 秒の加熱で成形可能であることがわかった。良好な外観を得るためには、この方法では、205℃から 210℃の範囲が適正温度であった。また、ホットプレートを上下両面から挟み込み、直接接触させて加熱するため、加熱ムラを防ぐために、プレートの平面度と適度な圧力が必要であった。

本研究の形状モデルのように絞りの要素が含まれる形状には、金属シートのプレス成形と同様にシワ抑えが必要であることがわかった。

図 18 に示すように、CF RTP シートで作製したレイアウトをキャリアと製品部に分けて部分的に加熱することができ、また、下死点停止時間と同じ加熱時間で成形することができたことで、CF RTP シートの順送プレス加工化の可能性を示すことができた。

本研究で成形した CF RTP シートの成形品は、アルミシートの成形品と比較して、約 1.3 倍の強度であった。CF RTP シートの成形品は、圧縮しても外観上変化は見られなかったが、再度同様の圧縮をしたところ、約 0.45 倍の強度であったことから、内部に破損が生じていたことが考えられる。

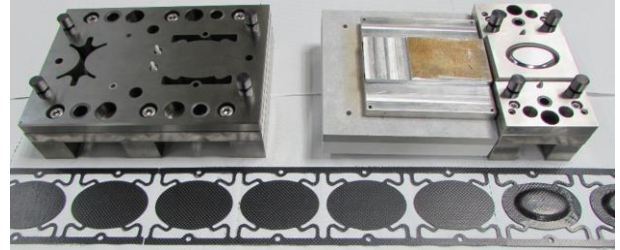


図 18. 本研究で制作した順送プレス金型の一部とレイアウト

謝 辞

本研究は公益財団法人天田財団平成 28 年度一般研究開発助成 (AF-2016015) により実施したものであり、ここに感謝の意を表します。

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)