

連続 CFRTP シートの順送プレス金型の開発

福岡県工業技術センター機械電子研究所 小田 太

1. はじめに

自動車のCO₂削減や燃費向上、電気自動車やパーソナルモビリティの航続距離延長を目的に、車体の軽量化が求められている。炭素繊維を熱可塑性樹脂で固めたCFRTPが有効な材料の一つとして、活用が検討されている。一部の自動車では、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、コストの高さ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、徐々に低下していくと考えられるが、現状CFRTPの成形は、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。(図1) 量産加工による加工コスト低減のため、当所では、CFRTPシートの順送プレス加工技術確立に向け、これまでに①ピアスに関して「CFRTPシートのせん断加工の研究」、①トリム④トリミングに関して「CFRTPプレス製品のせん断加工技術の開発」、②加熱③成形・冷却に関して「CFRTPシートの順送プレス加工技術の開発」の研究を実施し、順送プレス加工の可能性を示すことができた。(図2) 本研究では、CFRTPシートの加工コスト低減を目指す為、サーボプレス機を用いて、連続CFRTPシートの順送プレス金型の開発を行った。

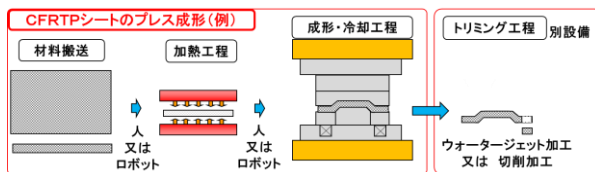


図1: 現状の CFRTP シートのプレス加工工程

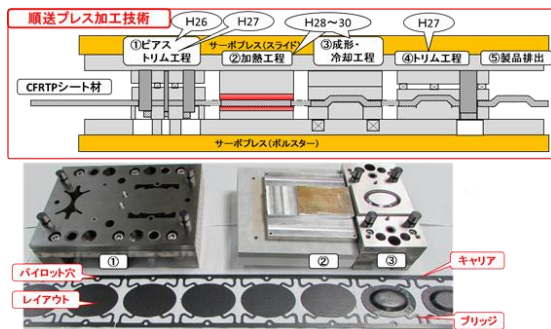


図2: 連続 CFRTP シートの順送プレス加工のイメージとこれまでの研究内容

2. 目的

順送プレス加工とは、図2に示すように、複数の工程を単一の金型に等ピッチで順番に配置し、プレス機1回転毎に材料を1ピッチ送り、①ピアス・トリムから②加熱③成形・冷却④トリミング⑤製品排出と複数の工程を経て成形品が完成する加工法である。加工時にパイロット穴にパイロットピンを挿入する事で、各工程と材料が位置決めされ、送り装置により材料を1ピッチずつ送る事で、生産の無人化が可能になる。その為、パイロット穴周辺が加熱されないように、成形部のみ加熱する金型構造の検討を行った。また、加工コスト低減の為、順送1送り10秒(SPM6)で加工できるように、製品に割れやシワの発生が無いように加熱温度と加熱時間の検討を行った。

3. 実用的な価値、実用化の見込など

製品の量産化に対して、冷間プレス加工は非常に生産性の高い加工法の一つである。連続CFRTPシートの順送プレス加工が可能になれば、量産加工の実用化が見込まれ、加工コストは大幅に削減される。また、トランスファー加工への技術展開により、ドアインナーやフードインナー等、既存自動車部品のCFRTP化の検討の幅が広がり、自動車の軽量化に寄与する。他にも、パーソナルモビリティ部品やスポーツ用品等、様々な分野での高強度かつ軽量化が必要な部材、製品に適用する事ができる。

4. 研究内容の詳細

4.1 研究項目

- ・順送プレス金型の製造
- ・連続 CFRTP シートの順送プレス成形

4.2 目標

- ・順送1送り10秒(SPM6)
- ・製品の割れやシワの発生無し

4.3 実験材料

本研究で用いるCFRTPシートは、将来的に順送プレス加工による生産を目指していることから、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⁾、熱可塑性樹脂に融点225°CのPA6を使用した、3K平織、炭素繊維含有率53%、板厚1.0mmのシートを試料とした。

4.4 加熱工程の金型設計

本研究では、図3に示すように、パイロット穴周辺が加熱されないように、材料に接する金型を成形部とキャリア部に分割し、成形部のみホットプレートで挟み込む構造とした。また、図4に示すように、材料の加熱ムラを防ぐため、加圧しながら加熱できるように上下共にホットプレートは可動式とし、プレス下死点時に1.0mmのスキを設ける事で、他の金型に熱の影響が及びにくい構造とした。

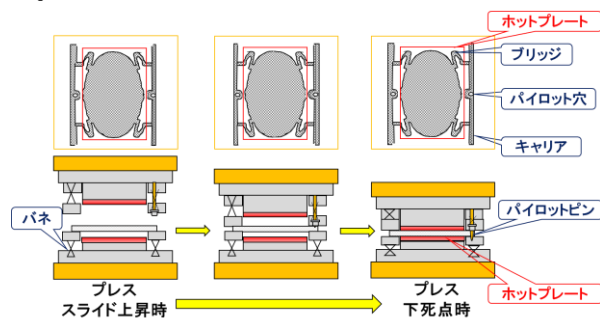


図3:加熱工程の金型構造の構想

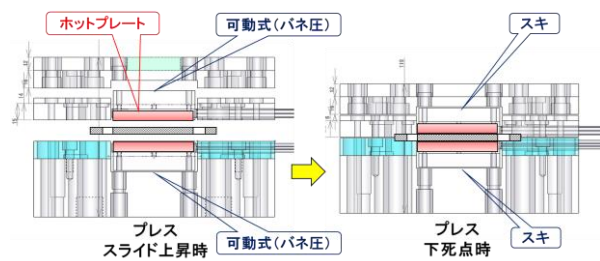


図4:設計した加熱工程の断面図

4.5 順送プレス金型の設計

本研究では、10秒の加熱で成形できる温度に達するか不明であった為、加熱工程を2工程確保し、ホットプレートを加熱するカートリッジヒータの配線に注意し設計した。また、送りの安定性を重視し順送プレス金型を設計した。設計した図を図5から図7に示す。

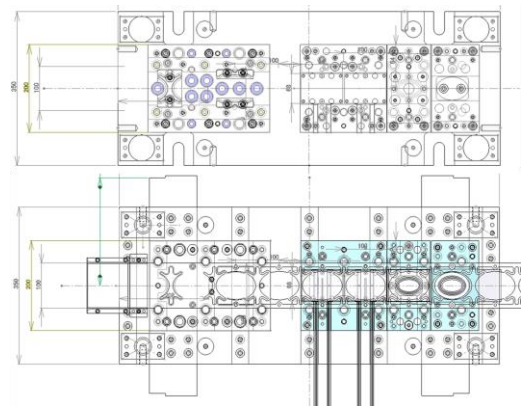


図5:順送プレス金型平面図

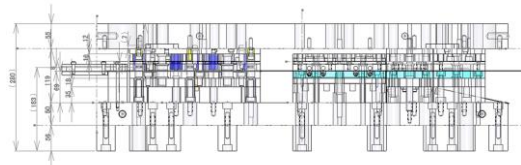


図6:順送プレス金型側面図

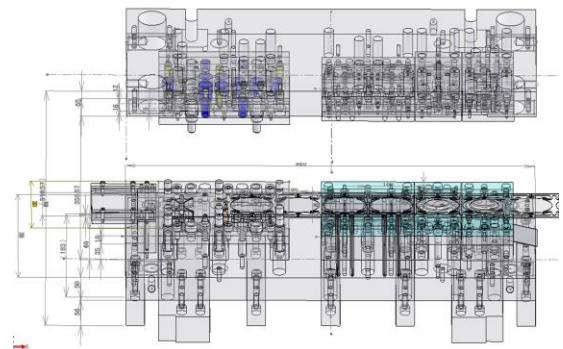


図7:順送プレス金型全体図

4.6 順送プレス金型の製造

本研究で製造し、実験に使用した順送プレス金型を図8に示す。

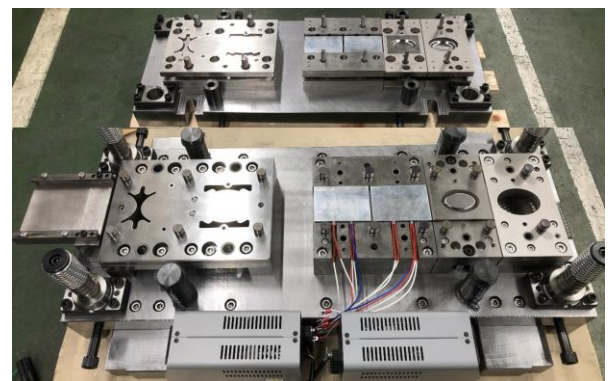


図8:本研究で製造、使用した順送プレス金型

4.7 順送プレス加工実験

本研究で検討した加熱条件を図9に示す。これまでの研究より、210℃15秒の加熱で成形可能だったことから、加熱1工程目は、①加熱無し、②100℃、③210℃とし、加熱2工程目はそれぞれ210℃とした。実験には、(株)高山プレス製作所の協力の下、サーボプレス機(アイダエンジニアリング(株)製 DSF-N2-1600)を使用し、下死点停止時間10秒で行った。

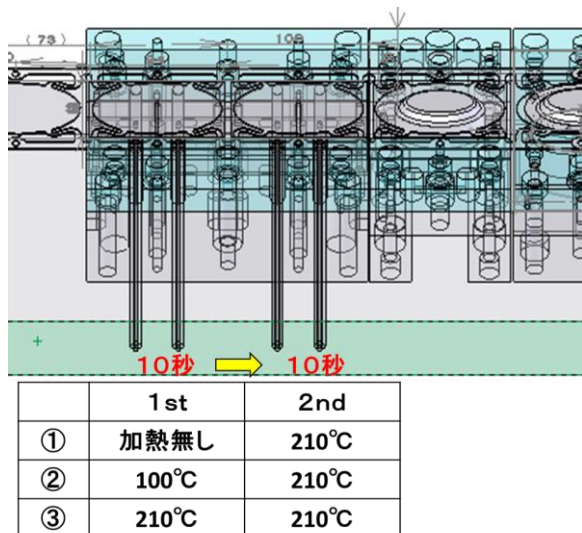


図9: 本研究で検討した加熱条件

4.8 順送プレス加工の評価

順送プレス加工のレイアウトを比較した。加熱条件①加熱無し・210℃の条件において、一番良好な順送送りと成形品を得ることができた。(図10)加熱条件②100℃・210℃、③210℃・210℃に関しては、加熱条件①と同じように成形は可能であったが、レイアウトの軟化程度が大きく、安定した順送送りをすることができなかった。

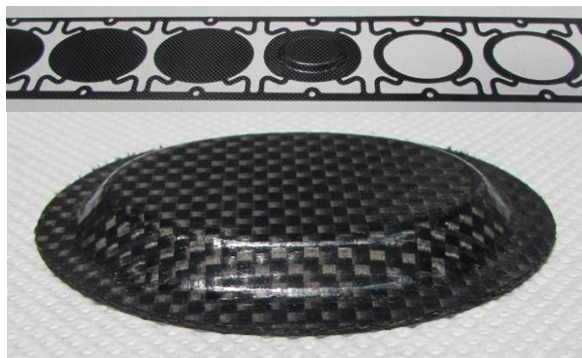


図10: 本研究で得られた順送レイアウトと成形品

4.9 成形品の評価

本研究で得られた成形品をCADデータ、加熱無しのCFRTP、他金属による成形品と比較した。測定には、Steinbichler社製COMET5-11Mを使用した。本研究で得られた成形品とCADデータの比較を図11に示す。CADデータ通りに成形工程の金型を作製したが、成形時の張り出し高さは0.6mm程度低くなった。

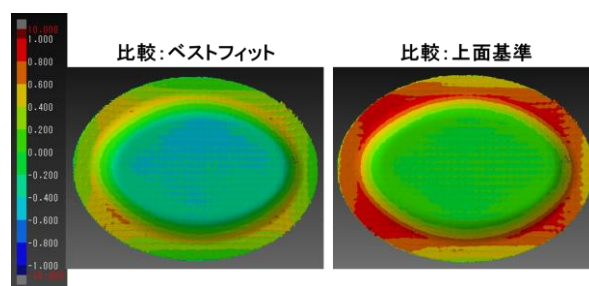


図11: CADデータとの比較

次に、本研究で得られた成形品と加熱無しのCFRTP、アルミ、SPCC、SUSの成形品との比較を図12に示す。加熱無しのCFRTPは、割れが発生し、張り出し高さも1.0mm以上低く、成形不良であった。また、他のアルミ、SPCC、SUSと比較したところ、本研究で得られた成形品は、大きな差はなく、同等の成形精度であった。

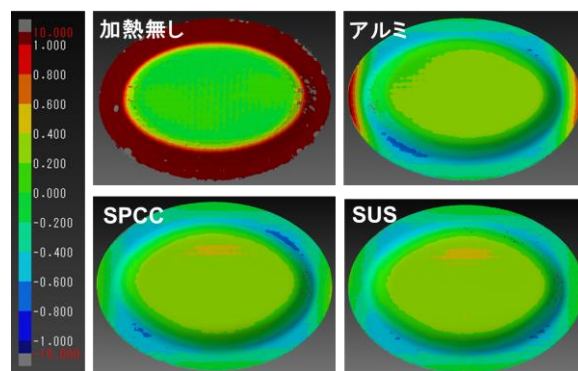


図12: 加熱無し、他金属との比較

4.10 成形品の強度比較

本研究で得られた成形品と他金属の成形品で強度比較を行った。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13に示すように、底面から高さ7.0mmの成形品に対し、底面から2.0mmまで10mm/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。本研究で得られた成形品が1.2kNで変形を始めたのに対し、アルミ製が6.7kN、SPCC製が10.7kN、SUS製が13.6kNで変形が始まる結果となった。

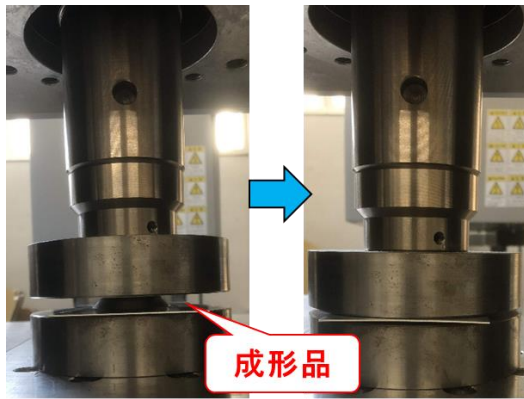


図13:成形品の圧縮の様子

5. まとめ(結言)

融点225℃のPA6の連続CFRTPシートに対して、成形部のみを加熱し、順送プレス加工にて1ヶ10秒で割れやシワの無い成形品を作製することができた。

(1) 上下両面から、直接ホットプレートで加圧加熱する事で、210℃10秒の加熱で成形を可能とした。

(2) 加熱工程を分割、可動式にする事で、加熱ムラを防ぎ、加熱部以外の材料と金型の温度上昇をおさえることができた。

(3) 加熱しすぎるとレイアウトが軟化し、順送送りが難しくなるため、加熱温度と加熱時間のバランスが重要であり、加熱無し・210℃の加熱条件が最適であった。

(4) 成形工程は金属プレス加工同様の構造(絞り成形にはシワ抑えを設定)で同等の成形精度を得ることができた。

(5) 本研究で得られた成形品は、他金属の成形品と比較し強度が劣る結果となった。

本研究では、低コストで生産性の高い、順送プレス加工による連続CFRTPシートの成形を可能にした。しかし、強度に関しては他金属の成形品に比べ劣る結果となってしまった。これは、成形が可能であっても、加熱が不十分でCFRTPシートの内部に破損が生じていたことが考えられる。

今後は、加熱条件や強度評価方法、どの程度の形状まで成形可能かなど、さらなる検討を行い、順送プレス加工によるCFRTP製品の実用化を目指す。

最後に、本研究は公益財団法人金型技術振興財団令和元年度研究開発助成を受けて実施されたものである。また、本研究の一部は、(株)高山プレス製作所の協力で行われたものであり、この場を借りて謝意を表します。

6. 参考文献等

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)