

卒業論文要旨

金属/FRTP 積層板の加熱曲げ加工

Heating and bending processing of metal/FRTP laminated plates

システム工学群

先端機械・航空材料工学研究室 1250044 笠原 颯我

1. 緒言

近年, CFRP(炭素繊維強化プラスチック)の量産車への採用が増えているが, コストが高いことや供給が安定しないなどの問題点があり, また, 金属とCFRPを同時に用いたマルチマテリアル部品の採用が増えている. しかし, 依然としてCFRP部品の低い生産効率は改善されていない. そこで金属とCFRTP(炭素繊維強化熱可塑性プラスチック)の積層板によるプレス成形を行うことで, より生産効率の向上が可能ではないかと考えた. 先行研究では金属(アルミ or ステンレス)/CFRTP積層板のV字プレス実験を行ったが, 結果として剥離が発生した. 剥離の原因として, コーナー部の局所的な塑性変形とCFRTPの層間滑りが生じなかったことが考えられた. また, 局所的な塑性変形については上側の型の曲率半径が下側よりもずっと小さいことが影響したためである. さらにCFRTPの層間滑りが生じなかった原因は, プレス中の積層板の温度が不均一であったためと考えた. 以上から本研究では, 金型の形状を変更して実験を行い剥離との関係を調べると共に, 積層板の加熱時間によるプレス成形への関係を調べることを目的とした.

2. 実験方法

2.1 試験片作成

本研究では平織型CFRTP(厚さ2.0[mm], Texpex製, 樹脂PA66, dynalite201-C200(x)/50%)とアルミニウム合金(厚さ0.5[mm], A5052, 泰豊トレーディング), ステンレス(厚さ0.5[mm], SUS430, 久宝金属製作所)を用いて試験片(図1)を製作した. 試験片はCFRTPを金属板で挟む形で製作し, CFRTPと金属板の間にシート状のホットメルト型接着剤(HMP-3)を挿入し, アルミニウム合金とステンレスの二種類の試験片を製作した. また, 金属板の接着面はサンドペーパー(#240)で表面処理を行った. 試験片の製作にはホットプレス機(SA-302, テスター産業株式会社)を用いて加熱及び加圧をした. プレス圧は10気圧とし, プレス温度は200°Cと300°C

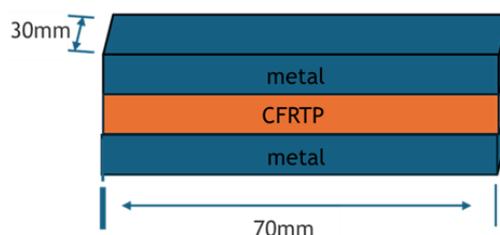


Fig.1 Specimen

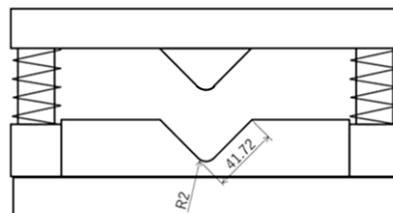


Fig.2 V-shaped press type

の二通りで行った. 温度を変えて実験した理由としては, 試験片の製作において接着剤(溶融温度160°C)のみによる接着と, 接着剤とCFRTP(溶融温度260°C)による接着でV字プレス試験において結果がどのように変化するかを調べるためである.

2.2 V字プレス試験1(加熱時間5分)

2.1で作成した試験片を用いて, V字プレス試験を行った. まず試験片を小型電気炉(BMINIBS-1, 日陶科学株式会社)に入れて炉内設定温度300°C, 加熱時間5分で加熱を行った. 上記のホットプレス機にV字プレス型(図2)を設置し加熱し

Table.7 V-Shaped press test 1.

Material	Manufacturing temperature (°C)	Bending temperature (°C)	Heating time for bending (min)	Interlaminar slip	Delamination
Aluminum	200	300	5	No	Yes
Stainless	↑	↑	↑	No	Yes
Aluminum	300	↑	↑	No&Instability	Yes&No
Stainless	↑	↑	↑	No&Instability	Yes&No

Table 2 V-Shaped Press Test 2.

material	Manufacturing temperature (°C)	Bending temperature (°C)	Heating time for bending (min)	Interlaminar slip	Delamination
Aluminum	300	300	8	Yes	No
Stainless	300	300	8	Yes	No



(a) Aluminum/CFRTP (b) Stainless /CFRTP
Fig.3 Photographs of laminates after molding at the press test 1 with manufacturing temperature of 200°C



(a) Aluminum/CFRTP (b) Stainless /CFRTP
Fig.5 Photographs of laminates after molding at the press test 2 with bending temperature and time of 300°C and 8 minutes



(a) Aluminum/CFRTP (b) Stainless /CFRTP
Fig.4 Photographs of laminates after molding at the press test 1 with manufacturing temperature of 300°C

た試験片をプレス型で加圧した。プレス中の室温は 20°C，圧力は 10 気圧で実験を行った。

2.3 V 字プレス試験 2 (加熱時間 8 分)

2.2 で得られた結果を基に小型電気炉による試験片の加熱時間を 5 分から 8 分(表 4 分，裏 4 分)に変更して実験を行った。またその他のパラメータは 2.2 と同様とし，300°C で接着した試験片のみを用いて実験を行った。

3. 結果

3.1 V 字プレス試験 1

V 字プレス試験 1 の結果を表 1 に示す。表 1 より，プレス温度 200°C では，アルミニウム合金/CFRTP とステンレス/CFRTP のどちらについても，全ての試験片で層間剥離が発生し多ことが分かる。また，CFRTP に層間すべりが見られず，成形後に CFRTP が分離してしまうものもあった。この理由は，金属層と CFRTP 層の接着力が弱いためである。図 3 に，成形後に見られた剥離の様子の写真を示す。

また表 1 から，プレス温度 300°C では，剥離が発生したものと発生しなかったものがあることが分かった。この剥離発生は層間滑りが起きている箇所と起きていない箇所が存在したためであると思われる。よって，曲げ加工時においては，金属層と CFRTP 層の接着力は重要なパラメータであり，またプレス時の適切な温度管理が重要となることが分かった。

以上より V 字プレス前の加熱時間を長くし，表面と裏面の温度を均一にするため加熱中に表裏を反転して加熱を行い，V 字プレス試験 2 を試行した。

3.2 V 字プレス試験 2

表 2 に V 字プレス試験 2 の結果を示す。試験 2 では試験 1 で得られた結果を基に 300°C で接着した試験片を用いた。また，試験前の加熱時間は表面 4 分裏面 4 分の合計 8 分とした。表 2 より，アルミニウム合金とステンレスの両素材について層間滑りが安定して起き，プレス後の剥離も発生しない結果となった。図 5 に，成形後の試験片お写真を示す。また，加熱時間を 8 分よりも長くした場合，CFRTP の温度が上がりすぎてしまい CFRTP の樹脂が溶けだしたため，適切ではないと考えられる。

4. 結言

金属/CFRTP 積層板を V 字プレスする際は接着剤と CFRTP の両方が溶ける温度で接着することで剥離を防げることが分かった。また CFRTP の温度が均一になるように加熱し，加熱時間を長くして温度を上げることで層間滑りが起きやすい環境になり，剥離の発生を防ぐことが可能となった。

今後の展望としては，プレス型の形状を変更した際にプレス時の挙動がどのように変化するかを試験すると共に，層間滑りが起きやすい CFRTP の温度を探るために，加熱中及びプレス中の温度変化をモニタリングしながら試験を行う必要があると考えられる。

謝辞

本研究にて金型製作にご協力いただいた京都工芸繊維大学大谷先生，株式会社佐藤鉄工所様に深く感謝いたします。

文献

- (1) 荒木廣治ほか，航空工学講座第 4 巻 航空機材料，日本航空技術協会，2008，pp176-179.
- (2) 田澤仁ほか，CFRP の繊維/樹脂 界面制御と成形加工技術，技術情報協会，2015，pp39-43，pp145-151.
- (3) 内藤美海 金属/熱可塑性 CFRP マルチマテリアルのプレス成形に関する研究 高知工科大学 2024