

ロールプレス式含浸法を用いた熱可塑性プリプレグシートの連続成形に関する研究

日大生産工（院） ○杉山 颯 日大生産工 平山 紀夫 染宮 聖人
日大生産工 坂田 憲泰 第一工業製薬(株) 塩路 雄大 浜田 昂

1. 緒言

近年、環境意識の高まりを背景に、輸送機の軽量化が急務となっており、比強度・比剛性に優れた炭素繊維強化樹脂（以下、CFRP）の研究が活発に行われている。その中でも、母材に熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維強化熱可塑性樹脂（以下、CFRTP）は再熔融により数分単位での高速成形が可能であり¹⁾、さらにリサイクルが容易であることから、持続可能性の観点からも期待されている。

一般的なCFRPの成形では、あらかじめ繊維に樹脂を含浸させた中間基材であるプリプレグが用いられる。しかし、熱可塑性樹脂は、再熔融時の粘度が非常に高いため、繊維に樹脂を十分に含浸させ、繊維含有率の高いプリプレグを製造するには、大規模な設備が必要になるという課題があった。

先行研究では初期状態が低粘度のモノマーの現場重合型ウレタン樹脂（以下、PU樹脂）を用いて、一方炭素繊維プリプレグの連続成形法が提案された²⁾。しかし、この手法では金型内での加熱によってPU樹脂の重合が進行し、プリプレグが固まることで長時間の成形が困難であった。

そこで本研究では、熱可塑性プリプレグシート連続成形の開発目的とし、フィルムとロールプレス機構を用いた新たなプリプレグ成形法を提案する。そして、本成形法で作製した熱可塑性プリプレグの品質と熱可塑性プリプレグで成形したCFRTPの機械的特性を明らかにした。

2. 成形方法

2.1 構成材料

CFRTPの成形には現場重合型ウレタン樹脂（第一工業製薬(株)製、H-6FP17）を用いた。また、

強化繊維には炭素繊維レギュラートウ(東レ(株), T700SC-12K-60C)を使用した。

2.2 プリプレグの成形

プリプレグの成形は、Fig.1に示す連続引抜成形装置を用いた。

初めにA剤とB剤の二液からなるPU樹脂を、それぞれ定量送液ポンプで所定の配合比となるよう送液し、スタティックミキサーで均一に混合した。混合した樹脂をフィルム上に滴下し、その上に炭素繊維束を配置した後、さらに上面からフィルムを被せて挟み込んだ。次に、PU樹脂が繊維束内部まで均一に含浸するように、ロール機構を用いた。さらに、遠赤外線ヒーターを用いて120℃で加熱し、樹脂の重合を促進させた。最後に、引抜ローラーで連続的に引き抜くことにより、幅約10 mm、厚さ0.1～0.2 mmのプリプレグを得た。

また、成形したプリプレグは、PU樹脂を十分に重合させるために、乾燥炉で120℃×1時間のアフターキュアを行った。

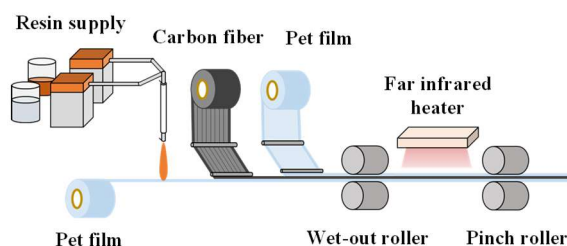


Fig.1 Schematic diagram of continuous molding machine.

本研究では、熱可塑性プリプレグの連続成形を実施するために、Fig.2に示す2種類のロールプレス式を検討した。Fig.2に示すように、Type Aは一对のロール間に材料を直線的に通過させ、圧力を加える方式。Type Bは材料をロールに沿わせてS字状に通過させる方式とした。

Continuous Molding of Thermoplastic Prepreg Sheets Using a Roll-Press Impregnation Method

Hayate SUGIYAMA, Norio HIRAYAMA, Masato SOMEMIYA,
Kazuhiro SAKATA, Yudai SHIOJI and Akira HAMADA

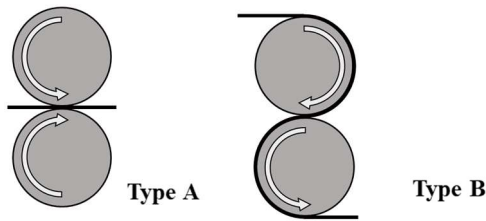


Fig.2 Overview of Impregnation Rollers.

2.3 CFRTPの積層板のプレス成形

成形したプリプレグを所定の長さにカット積層させ、平板状の金型でTable1に示す成形条件でホットプレス成形を行った。

Table1 Molding conditions.

	Prepreg [mm/Ply]	Total layer [Ply]	Pressure [MPa]	Temperature [°C]	Time [min]
Type A	0.1	20	6.7	200	10
type B	0.2	10	6.7	200	10

3. 断面観察および試験方法

3.1 断面観察

成形したプリプレグおよびCFRTPの断面を（株）Keyence製デジタルマイクロスコープ使用して観察を行った。

3.2 静的3点曲げ試験

作製したCFRTP積層板の機械的特性を評価するために、JIS K7074 に準拠した静的3点曲げ試験を実施した。試験片寸法は全長100 mm、幅15 mm、高さ2 mm とした。また、試験機には（株）島津製作所製オートグラフを使用した。

4. 試験結果および断面観察

4.1 断面観察

成形したプリプレグの繊維に樹脂が含浸しているかを評価するため、プリプレグの断面を500倍で観察した図と積層板の断面を200倍で観察した図をFig.3に示す。Fig.3に示すように、Type A、Type BともにPU樹脂が繊維束内部まで十分に含浸していることが確認された。一方で、Type A、Type Bともに層間にボイドが多く確認された。

4.2 静的3点曲げ試験の結果

静的3点曲げ試験により得られた曲げ強度をFig.3に示す。Fig.3に示すように、Type Aの曲げ

強度は433 MPa、Type Bの曲げ強度は566 MPaであった。これは、プリプレグシートをS字状に沿わせるロール機構の場合、加圧面積が増加し、余分な樹脂と内在する気泡を押し出すことでCFRTPの強度が向上したのではないかと考えられる。

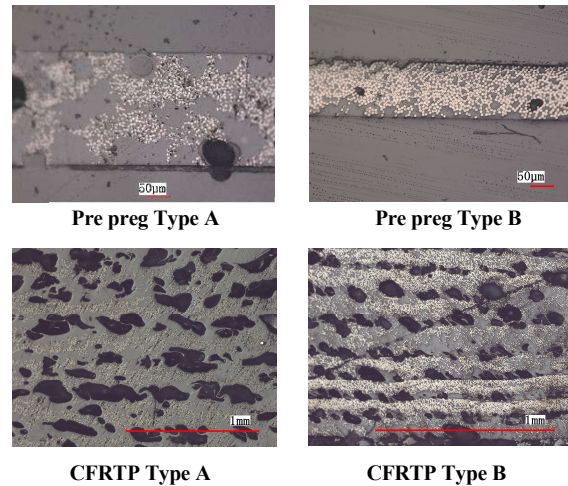


Fig.3 prepreg and CFRTP cross-section

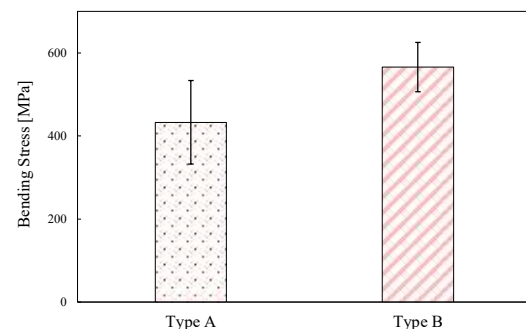


Fig.4 Bending strength of CFRTP

5. 結言

本研究では、フィルムとロールプレス機構を用いて長時間プリプレグの成形が可能な成形法の提案した。その結果、プリプレグシートをS字状に沿わせるロール機構の方が、CFRTPの強度が高くなることを確認した。

参考文献

- 1) 寺田幸平，精密工学会誌，Vol.81.No.6 (2015),pp485
- 2) 平山紀夫，西田裕文，杉田勇史，鶴澤潔，山田欣範，竹川淳，強化プラスチック，Vol.66, No.11(2020), pp.519-526.