

量産車用 CFRTP のリサイクル方法の検討 Study on recycling of CFRTP for mass produced automobile

学籍番号 90862 川島 知也
指導教員 高橋 淳

(平成 23 年 2 月 3 日提出)

Keywords: CFRTP, 量産車, リサイクル, プレス成形, 射出成形

1. 序論

近年, 世界のエネルギー消費量の増大に起因する環境・エネルギー問題が深刻化している. 現在, エネルギーの約半分が人口にしておよそ 15% の OECD 諸国によって消費されている. 今後の非 OECD 諸国の人口増加, 経済発展を考えると対策が急務であることが容易に想像できる.

様々な対策がある中, 自動車の既存材料を新規材料 CFRTP に置き換えて, 軽量化することが効果的な対策として期待されている. しかし, CFRTP は成形速度, コスト, リサイクル性の問題から量産車への導入は難しい. そこで, CFRTP のマトリックスに熱硬化性樹脂ではなく熱可塑性樹脂を利用した CFRTP の研究が進められている.

本研究では CFRTP の量産車への適用を見越して, 工場内で発生する端材を想定した材料を用い, リサイクル材を作成してその性能評価を行い, 各種リサイクル材の性能向上に向けた検討を行うと共に, 将来市場から回収される廃棄部材も含めた望ましいマテリアルループを提言する.

2. 評価方法

2.1 試料

本研究では, 端材 CFRTP として Vf (繊維体積含有率) 20% のシート材と 40% の成形時に出た端材を用いた. 炭素繊維には繊維長 6mm のチョップドファイバーを, 樹脂にはマレイン酸等が付加されて通常のポリプロピレン (PP) よりも繊維接着性が向上した変性 PP を用いた.

なお, これらは東レ・三菱レイヨン・東洋紡から提供いただいた開発途中のものであり, 炭素繊維はいずれも航空機用グレードのものである.

2.2 成形方法

Fig.1 で示すように, 本研究ではプレートリサイクル, 混練プレス成形, 混練射出成形の三通りのリサイクル材成形方法を採用した. さらに比較のため, Vf 20% のフレッシュ材も成形した. プレス成形についてはスクリュウを変えることによって, 混練条件を低せん断と高せん断の二通りに変えて行った. まとめて, Vf 20% のシートを材料としたフレッシュ材 (A), 端材をランダムに並べてプレス成形したプレートリサイクル

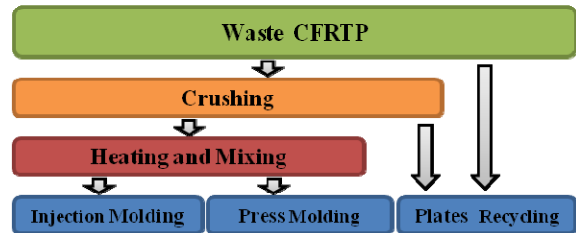


Fig. 1 Methods of CFRTP recycling.

材と最外層を一枚のシートにしたサンドイッチ構造のプレートリサイクル材 (B, C), 低せん断・高せん断混練プレス成形材 (D, E), 混練射出成形材 (F) と Vf 40% 端材に変性 PP を加えて Vf 20% とした低せん断・高せん断混練プレス成形材 (G, H), CF と変性 PP を材料とした低せん断・高せん断プレス成形材 (I, J) の計 10 種類である.

2.3 試験

プレートリサイクル材, プレス成形材は平板を作成し, 試験片を切り出した. 射出成形材は試験片ごとに成形した. 三点曲げ試験, アイゾット衝撃試験を 5 本ずつ行い, 力学特性を求めた. 得られた結果を Fig.2, Fig.3 に示す.

3. 実験結果・考察

3.1 リサイクル方法別の試験結果の考察

まず Vf 20% のシート材を材料とし, リサイクル方法を変えた A~F の結果を比較する. 曲げ試験について, サンドイッチ構造のプレートリサイクル材がフレッシュ材の八割近い強度を示し, 最も高かった. 通常のプレートリサイクル材は, 強度が低せん断混練プレス成形材と変わらず, 破壊した位置が力点とずれていたことから, プレート間の継ぎ目部分が弱くなっていると考えられる. 他の混練材は, 混練時のせん断力が強くなるにつれて強度が下がっていった. これは混練条件によって繊維長が短くなったためと考えられる. 曲げ弾性率は, 高せん断混練プレス成形材が低く, 混練射出成形材は高かった. これは繊維長が短くなると弾性率は下がるが, 繊維が方向性を持つことによって高くなったためと考えられる.

衝撃試験については, 繊維長が短くなるとアイ

ゾット衝撃値が減少していくが、プレートリサイクル材は高い値を示した。これは層ごとに複数回に分けて破壊されたためと思われる。

3.2 混練条件別の試験結果の考察

次に、異なる材料で低せん断・高せん断混練プレス成形を行った D,E,G~J の結果を比較する。曲げ試験については、いずれも混練が高せん断になることによって曲げ強度が下がった。また、曲げ弾性率もまた高せん断混練を行うことによって同程度低下した。これは繊維長が短くなったことに加え、せん断力の増加による発熱によって樹脂が劣化した可能性が考えられる。また、実質フレッシュ材である材料Iと材料Gの強度がほぼ同等であった。これは高 Vf の材料から Vf を落としてリサイクルすると高品位のものが得られるということである。

衝撃試験については、衝撃値が強度と同様に高せん断混練によって下がった。同じ混練条件でも材料ごとに大きく差が出た。この差は樹脂が原因であり、複数回の樹脂の成形によって樹脂が劣化するため、フレッシュな樹脂を用いると衝撃値が大きくなったと考えられる。

3.3 繊維長観察

各試験片の繊維長の様子を観察するため、樹脂部分を焼き飛ばし、炭素繊維を回収して観察した (Fig.4)。繊維長は、A~C が同程度で最も長かった。D も繊維として認識できる程度であったが、E、F はほぼ粉末状であった。各材料の低せん断・高せん断混練材料を比較すると、どれも低せん断混練は長い繊維を維持していたが、高せん断混練はほぼ粉末状であった。以上の結果から、成形方法ごとの繊維長の長さが異なり、その力学特性との相関関係があることが分かった。

4. 結論

本研究では CF RTP の様々なリサイクル方法ごとの力学特性を比較した。その結果、同 Vf 内でのリサイクルでは表面の不連続部を覆ったプレートリサイクルが最も高い力学特性であった。また、高 Vf の材料に樹脂を加えて Vf を落としたリサイクルでも高品位のものができた。一度混練するリサイクルについては繊維長を残さなければ力学特性が大きく失われてしまった。

今後の展望としては、プレートリサイクルできるものは行い、そうでないものはなるべく繊維長が残るようにリサイクルするのが望ましい。また、自動車以外の分野における高品位な廃棄 CF RTP を自動車の部材としてリサイクルすることや、自動車の中でも高品位が要求される部材の廃棄物をそこまでの品位を必要としない部材の材料として用いてマスバランスをとるリサイクル方法などが考えられる。

(紙面の都合上、参考文献は省略する。)

謝辞

本研究は経済産業省-NEDO プロジェクト「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」(平成 20~24 年度)の一環として行われたものであり、開発中の試料ならびに評価装置の提供等、関係各位のご協力に謝意を表します。

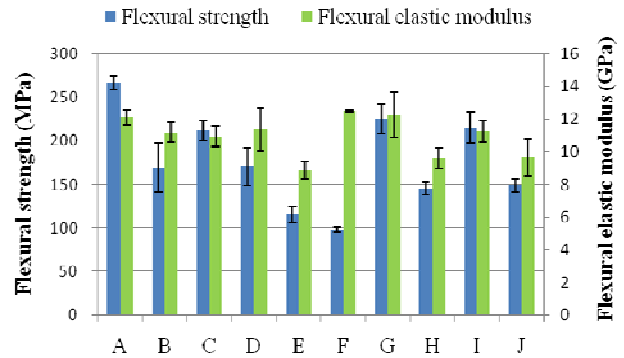


Fig. 2 Flexural strength and modulus of different recycling methods.

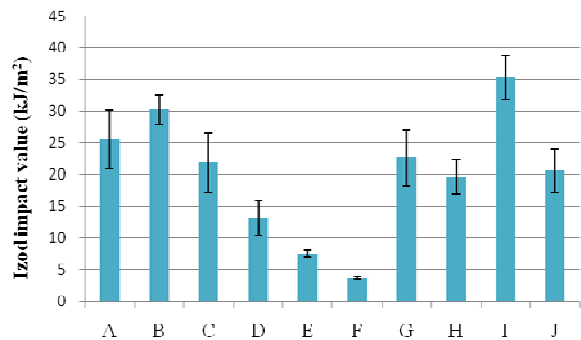


Fig. 3 Izod impact energy absorption value of different recycling methods.

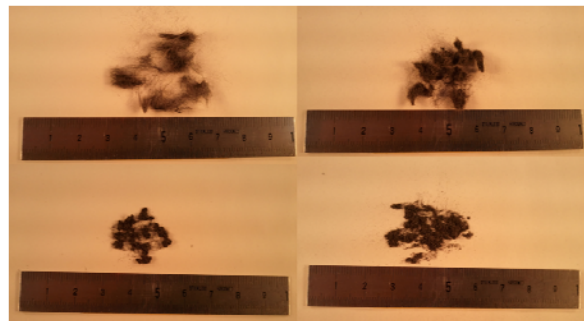


Fig. 4 Fiber length of different recycling methods. (upper left : plates recycling, upper right : press molding after high shear stress mixing, lower left : press molding after low shear stress mixing, lower right : injection molding)