

(平成 19 年 2 月 7 日提出)

Keywords: CFRP, リサイクル, 破碎材, 熱処理, 薬品処理

1. 序論

世界のエネルギー消費量は年々増え続けているが、部門別に見ると運輸部門、民生部門の伸びが著しい。特に、運輸部門の大部分を占める自動車によるエネルギー消費は、中国等のモータリゼーションを考えると、ますます増加することが予想され、早急な対策が必要である。そこで、比剛性・比強度の高い CFRP (炭素繊維強化プラスチック) による超軽量自動車の研究開発がなされている。だが、従来の CFRP はコスト、成形速度、リサイクル性に課題がある。そこで CFRP 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リサイクル CFRTP (炭素繊維強化熱可塑性プラスチック) の研究が進められている。

本研究では、CFRP リサイクルの中でも、破碎処理を行い繊維の短くなった CFRP (以下、破碎 CFRP) のリサイクル材について、前処理が力学特性に及ぼす影響を評価し、破碎 CFRP リサイクルの確立を目指す。

2. 評価方法

2.1 試料

本研究では、炭素繊維に東レ株式会社製 T700S を、破碎 CFRP はマトリックスがエポキシ樹脂で繊維体積含有率 (以下、 V_f) 60% のものを用いた。また、成形の母材として、熱可塑性樹脂ポリプロピレン (カルプ社製, J3000GP、以下、PP) を用いた。

2.2 処理方法

本研究では、破碎 CFRP の処理方法として、破碎のみ、薬品処理 (常圧溶解)、熱処理 (単純気相熱分解) を比較した。薬品処理、熱処理の中でも、エポキシ樹脂除去率の違う処理条件を用意した。また、リサイクル材としての評価のため、CF/PP (以下、Fresh) も成形した。まとめると Fresh、破碎のみ (Crush)、薬品処理 A、B (処理時間: A5 分、B180 分) 熱処理 a、b、c (条件: a 窒素雰囲気 700 °C・2 時間、b 酸素雰囲気 500 °C・2 時間、c 窒素雰囲気 700 °C・2 時間 酸素雰囲気 500 °C・2 時間) の計 7 種類である。

2.3 試験

破碎 CFRP は各処理をした後、マトリックスに PP を用いて混練後、プレス成形で平板を作成した。

なお、PP との接着性向上のため、マレイン酸を添加した。さらに、作成した平板から曲げ試験片、衝撃試験片を 5 本ずつ切り出し、3 点曲げ試験、アイゾッド衝撃試験を行い力学特性を求めた。Fig.1 に本研究の実験の流れを描いた図を示す。

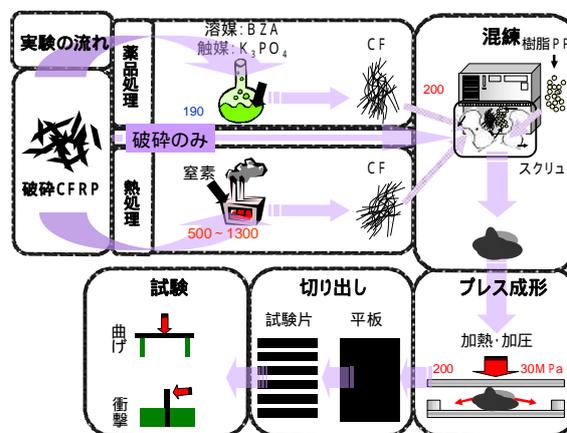


Fig.1 The flow of an experimental study

3. 試験結果

3.1 曲げ試験結果

曲げ試験の結果より、曲げ弾性率、曲げ強度、曲げひずみを求めた。値の算出は ASTM D790-03(2002)に準拠した。得られた結果を Fig.2、Fig.3 に示す。

3.2 衝撃試験結果

衝撃吸収エネルギー試験の結果から、アイゾッド衝撃吸収値を求めた。得られた結果を Fig.4 に示す。

4. 考察

4.1 試験結果の考察

まず Fig.2 から、曲げ弾性率を見ると、Crush、Chemical.A、Heat.a の値が高い。これは、残存エポキシ樹脂が繊維を束ね、部分的に V_f の高い一方向材の特徴を現し、強化されたと考えられる。

一方、完全にエポキシ樹脂が除去された Chemical.B, Heat.b, c の弾性率は相対的に低い。その原因として、繊維が処理過程で一本一本ばらけてランダム配向性が強まったことが考えられる。また、強度の値はどの処理も Fresh の 75% 程度の値を示した。これは、Crush, Chemical.A, Heat.a では、残存エポキシ樹脂の塊の在るところに応力が集中し、破断が進んだことが考えられる。Fig.3 の曲げひずみ結果を見ると、Heat.b が高く誤差も大きい。これは成形時から試験片が若干湾曲していたことが影響したと思われる。また Crush も破断片の位置のばらつきの影響により変動が大きい。曲げひずみはエポキシを除去したほうが大きく変動も少ない傾向にある。

次に、Fig.4 の衝撃試験の結果を見ると、エポキシが完全に除去されているほど衝撃吸収能力が高い。衝撃吸収値は試験片が破断する時に、繊維が樹脂から抜ける、繊維が切れるといったエネルギーの総和として考えられる。従って、Crush, Heat.a は衝撃を受けた時に残存エポキシ樹脂がまとまって抜けてしまうため、衝撃吸収値が小さいと考えられる。

曲げ、衝撃試験結果から薬品処理と熱処理を比較すると、エポキシ樹脂の除去率が同程度ならば、どちらの処理でも同程度の力学特性を示すと言える。だが、薬品処理の方が繊維を傷つけずに取り出せるため、繊維長が長く、強度、バランスの面で熱処理に優った。

4.2 破断面の観察

衝撃試験片の破断面を SEM で観察した。Fig.5 はその一部であるが、Crush の破断面にエポキシ樹脂の塊が抜けた穴が確認できる。Heat.a の繊維表面にエポキシ樹脂と思われる樹脂が付着していることも確認した。

5. 結論

本研究では、破砕 CFRP リサイクルにおいて前処理が力学特性に及ぼす影響を評価してきた。

本研究では、破砕のみ、薬品処理、熱処理を比較したが、どの処理もエポキシ樹脂の除去率が力学特性に大きな影響を及ぼすことが分かった。エポキシ樹脂が多少残存している方が、剛性の向上に繋がる結果を得た。だが、一方で衝撃吸収値は、エポキシ樹脂の影響で低下することも確認した。

薬品処理では超短時間で繊維を傷つけずに回収することができた。

破砕処理のみでも他の処理と同等の力学特性が得られた。リサイクルスピード、コストを考えると、破砕処理だけでリサイクルすることが望ましい。

今後の展望として、本研究では、Vf15%、プレス成形で評価したが、Vf を上げ、射出成形で繊維配向を揃えれば更なる力学性能向上が見込め

る。そこで実用用途に必要な材料特性値と比べて、十分な性能を得られるか調べる必要がある。また、実用化に際しては、求められる特性、生産量、処理速度、コスト、を総合的に判断して最適な処理法、処理条件を検討するべきである。(紙面の都合上、参考文献は省略する)

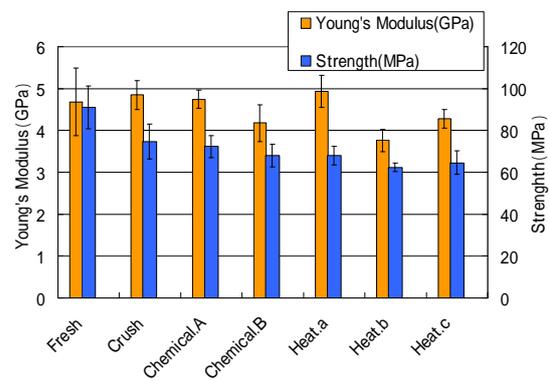


Fig.2 Flexural Modulus and Strength

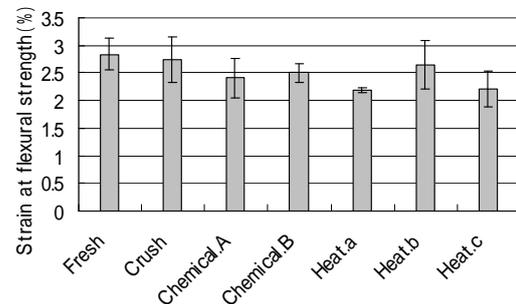


Fig.3 Strain at flexural strength

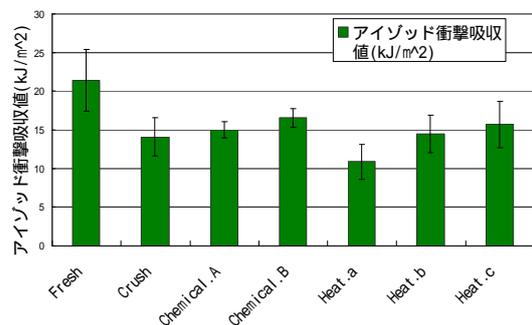


Fig.4 Izod impact energy absorption test

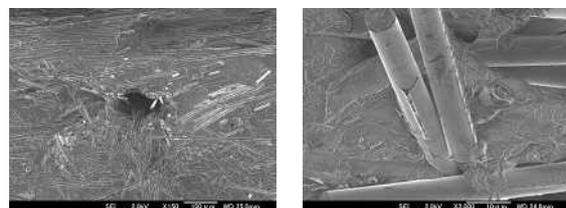


Fig.5 SEM

(左: Crush ×150、右: Heat.a ×2000)