

氏 名	さいとう たいが 齋藤 大賀
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 1 0 0 6 号
学位授与の日付	令和 3 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	c-FRTP 成形用繊維状中間材料の形態が量産成形プロセスにおける含浸性および成形品の力学的特性に及ぼす影響
審 査 委 員	(主査)教授 佐久間淳 教授 横山敦士 教授 鋤柄佐千子 准教授 大谷章夫

論文内容の要旨

成形用材料のコストの低さや成形サイクルの短さなどから、連続繊維強化熱可塑性樹脂複合材料 (c-FRTP) に注目が集まっている。特に、生産性に優れ、成形サイクルを短縮できる含浸性に優れた繊維状中間材料を新たに開発できれば、c-FRTP の成形サイクルの改善や低コスト化が達成可能となる。そこで本論文では、成形加工性と力学的特性に優れ、低コストを実現する c-FRTP 成形用の繊維状中間材料の開発を研究の目的とする。

第 1 章では、本研究における研究背景と本論文の目的および構成について記述した。

第 2 章では、新規繊維状中間材料の基本的な含浸メカニズムを明らかとする事を目的として、異なる繊維状中間材料を一方向に引き揃えてプレス成形を行い、含浸距離および樹脂粘度の違いが含浸特性および力学的特性に及ぼす影響について検討した。この結果、インターレース系においては含浸距離が短く樹脂粘度が低い場合において含浸性が優れる一方で、コーティング系においてはインターレース系には劣るが高い含浸性を示すことを確認した。これは、樹脂が被覆された強化繊維が集束し含浸距離が短くなった結果であるとの考えを示した。また、繊維状中間材料作製時のガラス繊維の損傷および樹脂の違いによる繊維/樹脂界面の特性低下が、力学的特性の低下に影響していることを明らかとした。さらに、インターレース系では、交絡点において含浸距離が短く含浸が進みやすいため非交絡領域に樹脂の含浸が起こり、より短時間で含浸が完了したことを示した。

第 3 章では、同一断面形状を有する c-FRTP パイプの引抜成形において、繊維状中間材料の含浸距離および樹脂粘度の違いが引抜成形品の含浸特性、力学的特性に及ぼす影響について検討した。この結果、含浸距離が短く樹脂粘度が低い中間材料を用いた成形品が力学的特性に優れることを確認した。またこれは、含浸距離が短く樹脂粘度が低い中間材料を用いた場合、強化繊維が均一に分散した結果であり、この分散性向上は含浸距離が短く低粘度の樹脂を用いた時に引抜抵抗力が減少することで強化繊維の凝集が抑制された結果であることを示した。

第 4 章では、インターレース系を用いた織物状の成形用中間材料の急速加熱冷却プレス成形において、成形用中間材料の金型設置時の温度の違いが力学的特性に及ぼす影響を検討した。この結果、金型設置時の温度が樹脂の融点より 15℃以上低い 250℃未満では強度を保持した成形品が

得られる一方で、250℃以上の樹脂繊維の融点に近い温度では強度低下が生じることを確認した。ここでは、金型設置時に繊維の延伸が急速に解かれて収縮が発生し、これに伴って強化繊維がクリンプする事を明らかとし、これでプレスの荷重が負荷されて強化繊維が部分的に破断した結果、強度低下が生じることが分かった。また、コーティング糸を使用した織物状中間材料では、樹脂の延伸がないため熱収縮による強化繊維のクリンプは発生せずに高い温度で成形できるが、樹脂の流動により強化繊維の配向が乱れることも分かった。

第5章では、前章で検討した織物状中間材料のプレス成形において、賦形性について検討を行った。さらに、加熱冷却プレスと射出成形を組合せたハイブリッド成形時における c-FRTP と射出樹脂との界面接合性についても検討した。この結果、インターレース糸を用いた織物は常温でも優れた柔軟性を示すために、高さ、形状の異なる深絞り部の成形やリブ部の成形が可能である事を明らかとした。プレス成形と射出成形を組み合わせたハイブリッド成形では、金型温度を樹脂繊維の融点以上に設定した状態で射出成形の樹脂と接合をさせることにより、良好な界面強度が得られることを明らかとした。これは、インターレース糸を用いた織物状中間材料の強化繊維に射出成形の樹脂が入り込んでいることが確認されたことから、これが良好な界面強度が得られた要因であるという考察を示した。

第6章では、本研究で得られた知見をまとめ、今後の展望について述べた。

論文審査の結果の要旨

本博士論文は、連続繊維強化熱可塑性樹脂材料(c-FRTP)の成形ハイスサイクル化を目的として、成形金型の温度条件を変更した場合に、成形品の力学的特性に及ぼす影響について検討し、その成果について報告したものである。

成形基材にはガラス繊維(GF)とポリアミド 66(PA66)繊維の混織糸を用いた織物を使用した。成形方法は、成形基材を投入した金型の温度を急速加熱、急速冷却し、成形品を得た。この成形基材を金型へ投入する温度を高温化し成形サイクルを短縮した場合の、成形時間および省エネルギーの効果について検討を行った。加えて成形基材や成形品の構造、および力学的特性に及ぼす影響について検討した。その結果、成形基材の投入温度を高温化することで、顕著な成形サイクルの短縮および省エネルギーの効果が実証された。しかし、成形基材の金型への投入温度が 250℃を超えると力学的特性が低下することが判明した。詳細な観察の結果、成形基材が高温の金型に投入されると、成形基材中の PA66 繊維に収縮が生じ、これに伴って強化繊維の配向が乱れる事がわかった。その状態で型締めによる圧力が加わると GF が破損、損傷することで力学的特性が低下することが明らかとなった。この結果より、力学的特性の低下原因、および成形基材の設計指針が明らかとなった。

本論文の基礎となっている学術論文は、レフェリー制度の確立した雑誌に掲載された、申請者を筆頭著者とする次の2編である。

1. Taiga Saito, Asami Nakai, Akio Ohtani, Effects of fabrication method of composite yarn intermediate material and resin melt viscosity on the impregnation properties and mechanical properties of PA66 fiber and glass fiber composites, Journal of Thermoplastic

Composite Materials, 2020.

2. 齋藤大賀, 仲井朝美, 大谷章夫, 混織糸織物を中間材料とした GF/PA66 複合材料ハイサイクル成形における成形条件が力学的特性に及ぼす影響, 成形加工 Vol. 32(5), pp.183-189, 2020.

以上の結果より, 本論文の内容は新規性と独創性, さらに学術的な意義があり, 博士論文として十分な内容を備えていると審査員全員が認めた.