

環境対応車の技術講座 (第12講)

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 98 [10], 272-276 (2025)

マルチマテリアル車体を想定した熱可塑性樹脂複合材料の成形・接合技術の最新動向

松本 紘宜^{*,†}

^{*}九州工業大学大学院工学研究院機械知能工学研究系 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 (〒804-8550)

[†] Corresponding Author, E-mail: matsumoto.koki231@mail.kyutech.jp

(2025年6月26日受付, 2025年8月13日受理, 2025年10月20日公開)

要 旨

近年、特性の異なる材料を適材適所に配置して接合するマルチマテリアル化とモビリティ車体のトポロジーの最適化に注目が集まっている。その中で熱可塑性樹脂複合材料においては、オーバーモールド成形法によって複雑形状と強度を兼ね備えた部材を成形する試みが見られる。これは繊維長に応じて異なる成形法をハイブリッド化し、熱可塑性樹脂の特性を利用して複合材料を溶着接合する手法であるため、接合強度が課題となっている。そこで、本稿ではオーバーモールド成形法の技術動向と溶着接合の原理について、材料および成形の観点から解説する。また、シミュレーションによる接合強度の予測手法およびナノフィラーを用いた界面強化手法についても紹介する。

キーワード：マルチマテリアル、熱可塑性樹脂複合材料、溶着接合、オーバーモールド成形、レプテーション理論

1. はじめに

2020年10月、わが国では2050年にカーボンニュートラルを目指すことを宣言し、2050年カーボンニュートラルにともなうグリーン成長戦略が策定された¹⁾。各方面でCO₂排出量削減の取組が行われている中、軽量でありながら比強度・比剛性に優れているプラスチック複合材料は、航空機や自動車等の機体構造の軽量化による燃費改善に大きく貢献することが可能である。それだけでなく、炭素繊維においては高圧水素タンクや燃料電池のガス拡散層への適応等、水素社会への貢献にも期待されている。近年では、適材適所による各種材料の最適配置および異取材接合によるマルチマテリアル化に注目が集まっている。一方で、複合材料を取り巻く環境は今も変動し続けており、2023年7月には欧州委員会により、「自動車設計の循環性要件および使用済み自動車 (ELV) の管理に関する規則案」が公表された。2025年2月に出された修正案では新車に使用される再生プラスチックの割合が20%へ下方修正されたが、炭素繊維の使用について言及されている²⁾。繊維強化プラスチックの力学的信頼性の向上およびその成形方法の確立や、マルチマテリアルによるトポロジー最適化や異種材接合技術の確立だけ

でなく、接合体の分離技術や素材のリサイクル技術の確立が必須となっている。

熱可塑性樹脂を用いたプラスチック複合材料 (FRTP) は熱硬化性樹脂と比べて成形性やリサイクル性に優れ、接合においては締結部品や接着剤が不要で熱可塑性樹脂の特性を活かした熱による溶着接合が利用可能である。また、FRTPの機械的特性は繊維長に大きく依存するため、オルガノシートやUD (一方向) テープ、連続繊維強化フィラメント等の連続繊維強化形態の中間基材の開発が進んだ。長繊維化にともなって成形性が低下するため、従来の短繊維強化ペレットを用いた押出・射出成形技術の利用が困難となり溶着接合技術を用いたオーバーモールド法やテーププレースメント法等の成形法の開発が進み、異取材接合を意識したFRTPの成形法の開発が進められている。本稿では、形状の複雑性と強度の両立が可能なFRTPのオーバーモールド成形方法の技術動向と溶着接合の原理を中心に解説する。また、接合強度を予測するシミュレーション技術およびナノフィラーを用いた接合界面強化手法について紹介する。

2. 溶着接合を用いたオーバーモールド成形法

FRTPの強化形態は、非連続繊維強化形態または連続繊維強化形態に大別される。連続繊維強化形態のFRTPのほうが力学特性に優れる一方で、成形自由度が低下する。各中間基材とそれらを用いた成形法についてはほかの解説を参照されたい^{3,4)}。近年では異なる成形法を組み合わせることで、異なる繊維強化形態の中間基材を適材適所に配置し、高い力学特性を維持しながら複雑形状の成形品を得る試みがなされている。これは、異なる成形法をハイブリッド化することで溶着接合により成形体を得る手法であり、オーバーモールド成形法と呼ばれる。



【氏名】 まつもと こうき
【現職】 九州工業大学大学院工学研究院機械知能工学研究系 准教授
【趣味】 クラシック音楽演奏・鑑賞
【経歴】 2018年同志社大学大学院理工学研究科機械工学専攻博士課程 (後期課程) を修了し、博士 (工学) 取得。同年同大学研究開発推進機構先端複合材料研究センター特別研究員。2019年神奈川大学工学部機械工学科特別助教、2022年福岡大学工学部機械工学科助教、2024年現職。

【図表について】 電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai/-char/ja/