

博士学位論文審査要旨

2018年2月13日

論文題目： 熱可塑性 CFRP のハイブリッド射出成形技術に関する研究

学位申請者： 富岡 正雄

審査委員：

主 査：同志社大学大学院理工学研究科 教授 田中 達也

副 査：同志社大学大学院理工学研究科 教授 藤井 透

副 査：徳島大学大学院社会産業理工学研究部理工学域機械科学系
教授 高木 均

要 旨：

熱可塑性 CFRP は優れた機械特性に加え、2次加工性や耐衝撃性、リサイクル性が期待され、盛んに研究が行われている。そして近年、高い機械特性と複雑形状成形性を両立させる技術として、ハイブリッド射出成形が注目されている。しかしこの技術は、材料面および成形条件等に関しては十分に検討されていない。そこで本論文では、ハイブリッド射出成形用の材料研究および、インサート部と射出部の界面接着性に着目し、最適成形条件の把握を目的とした。

本論文は全7章で構成され、第1章では背景および目的を述べている。第2章では、ハイブリッド射出成形に用いるインサート材としてスリット積層式スタンパブルシートを提案し、そのスリット形状が物性に及ぼす影響について明らかにした。第3章では、スリット積層式スタンパブルシートのスリットプリプレグの積層枚数の割合が、ハイブリッド射出成形品のインサート部と射出部の界面強度およびその破壊機構に及ぼす影響について明らかにした。第4章では、ハイブリッド射出成形品のインサート材と射出材の界面接着強度に関して、成形条件の観点から調査し、界面温度の上昇とインサート材加熱が界面強度向上に有効であることを見出した。第5章では、インサート材作製時に発生するプリプレグの端材を原料として、バージン材料と同等の物性を発現する射出材料の製造プロセスについて提案した。第6章では、第5章で提案したリサイクル材料を用いる際の好適な成形条件を示し、またリサイクル材料はインサート材の材料としての同一性から優れた界面接着性を発現することを見出した。そして第7章では、本研究で得られた知見を総括している。

以上のように本論文では、ハイブリッド射出成形用の新たな材料を提案し、界面接着性を向上させる最適成形条件について多くの知見が得られている。また加えて、リサイクル材料の活用についても検証を行っており、これらは工学的ならびに工業的有用性を発揮するものと評価できる。よって本論文は、博士(工学)(同志社大学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

総合試験結果の要旨

2018年2月13日

論文題目： 熱可塑性 CFRP のハイブリッド射出成形技術に関する研究

学位申請者： 富岡 正雄

審査委員：

主 査：同志社大学大学院理工学研究科 教授 田中 達也

副 査：同志社大学大学院理工学研究科 教授 藤井 透

副 査：徳島大学大学院社会産業理工学研究部理工学域機械科学系
教授 高木 均

要 旨：

本論文の提出者は、2014年4月に同志社大学大学院 理工学研究科 機械工学専攻 博士課程（後期課程）に入学し、2017年3月単位取得後に退学している。

本論文の主たる内容は、材料、Journal of Composite Materials に各1編の論文として掲載され、また SPE Automotive Composites Conference & Exhibition Proceedings 2013 の査読付き国際会議にて査読付き論文発表を行っている。加えて、20TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPOSITE MATERIALS の国際会議においても2件の論文発表を行っており、国内外において十分な評価を受けている。また、成形加工学会誌に2件の論文を投稿しており、内1件は掲載が決まっている。

2018年1月20日午前10時より約2時間にわたり、提出論文に関する博士論文公聴会が開かれ、種々の質疑応答が行われたが、提出者の説明により十分な理解が得られた。さらには公聴会終了後、審査委員により、論文に関する諸問題について口頭試問を実施した結果、本人の十分な学力を確認することができた。なお、提出者は、英語による口頭発表および論文提出を何度か経験していることに加え、語学試験にも合格しており、十分な語学能力を有すると認められる。以上より、本論文提出者の専門分野に関する学力並びに語学力は十分であることが確認出来た。よって、総合試験の結果は合格であると認める。

博士學位論文要旨

論文題目： 熱可塑性 CFRP のハイブリッド射出成形技術に関する研究

氏名： 富岡 正雄

要 旨：

本論文は、序論と結論を含めて全7章から構成される。

第1章の序論では、CFRP の従来技術をまとめ、熱可塑性 CFRP のハイブリッド射出成形技術の有用性について記述し、更にはハイブリッド射出成形の現状の課題を整理した上で、本研究の目的と構成について述べている。

第2章では、ハイブリッド射出成形に用いるインサート材として、スリット積層式スタンパブルシートを提案し、さらには実験的および CAE 解析の観点から、そのスリット形状が物性に及ぼす影響について調査・検証した。その結果、スリット形状が流動性および機械物性に及ぼす影響について明らかにし、求められる物性に応じて適切なスリット形状を提案できる技術を確立した。

そして第3章では、スリット積層式スタンパブルシートをインサート材として用いてハイブリッド射出成形を行い、スリット積層式スタンパブルシートのスリットプリプレグの積層枚数の割合が、ハイブリッド射出成形品におけるインサート材と射出材の界面であるリブ根本部の強度および、その破壊機構に及ぼす影響について調査した。その結果、リブ根本部分の強度に最適なプリプレグの積層枚数の割合についての知見を得ると共に、リブの長手方向とスリットの角度が平行に近いほど、リブ部へのインサート材の入り込み量が多く、高いリブ根本部分の強度を発現することを見出した。

第4章では、ハイブリッド射出成形品のインサート材と射出材の界面接着強度に関して、ハイブリッド射出成形の成形条件の観点から調査した。その結果、成形条件としては、射出樹脂の温度上昇、射出速度の上昇、およびインサート材の加熱が、界面接着性の向上に有効であることを見出した。射出樹脂の温度上昇および射出速度の上昇による接着性の向上は、接着時の界面温度の上昇に起因していることがわかった。またインサート材の加熱は、インサート材のスプリングバックによって界面が荒れることによるアンカー効果であることが示唆された。

第5章では、第3章で提案したスリット積層式スタンパブルシートを製造する際に生じるプリプレグの端材を原料として、これを二軸押出機で混練して射出成形に用いる短繊維強化ペレットの製造プロセスを提案し、検証した。その結果、原料のプリプレグは既に強化繊維に樹脂が含浸しているため、低せん断な条件で混練可能なことを見出し、繊維長の長い短繊維強化ペレットを作製することができた。またこのリサイクル材料は、バージン材料の短繊維強化ペレットと同等の物性を発現すると共に、原料の含浸性の良さに起因して、優れた強化繊維とマトリックス樹脂の接着性を発現することが示唆された。

そこで第6章では、第5章で提案したプリプレグのリサイクルにより製造されたものを射出材料に、リサイクル材料の原料であるプリプレグを積層して作製されたものをインサート材に用いて、ハイブリッド射出成形を行い、この実質的に同じ材料から製造されたハイブリッド射出成形品の界面特性に着目し評価することで、リサイクル材料の利点を見出すことを検討した。その結果、同一材料に由来するインサート材および射出材をハイブリッド射出成形に用いることで優れた界面接着性を発現することを確認した。またハイブリッド射出成形品の界面接着性の観点から、リサイクル材料を用いる際に好適な成形条件を把握することができた。

第7章では、本研究の総括として、各章で得られた結論をまとめて、本論文の締め括りとした。