

論文審査の結果の要旨

氏名 東田 拓平

修士（工学）東田 拓平 提出の論文は、「厚板熱可塑複合材のその場ひずみ計測に基づく成形時残留応力分布の同定と力学特性に及ぼす効果」と題し、8章より構成される。

比強度・比剛性に優れる炭素繊維強化プラスチック (Carbon Fiber Reinforced Plastics, CFRP) は、航空宇宙分野の構造部材として適しており、母材にエポキシ樹脂のような熱硬化性樹脂が多く用いられているが、大型の成型設備を必要とするなど低コスト化、高生産性には課題を残している。一方、母材に熱可塑樹脂を用いるCFRTP (CFRThermoPlastics) は、熱硬化CFRPと比較して、生産性に優れることや破壊靱性・衝撃特性に優れることから、航空機構造部材への適用も進みつつある。しかしながら、成形条件の自由度が高く、最適成形条件の決定や品質一様性を保証するための、成形中の内部状態や成形メカニズムについては、十分に明らかとなっていない。

本研究では、CFRTP 成形中の不均一温度/冷却速度分布に起因して残留応力/ひずみ分布を発生させるメカニズムに着目し、光ファイバセンサの一例である Fiber Bragg Grating (FBG) センサを用いたその場ひずみ計測及び計測結果に基づく成形解析を通して、残留応力/ひずみ分布発生メカニズムの解明及び分布状態の同定を論文の主目的とし、残留応力分布が力学特性に及ぼす効果についても検討した。

第1章は「序論」であり、研究の背景についてまとめ、本論文で扱う結晶性 CFRTP に関する既存研究とその問題点について総括し、本研究の目的と論文の構成について述べている。

第2章は「CF/PPSの結晶化挙動に及ぼす冷却速度の影響」であり、代表的な結晶性熱可塑樹脂であるPPS (ポリフェニレンサルファイド) を用いたCF/PPSを対象に、残留応力/残留ひずみと密接な関係にある結晶化挙動と冷却速度の関係性を調べ、結晶化挙動を熱的・形態的に明らかにしている。

第3章は「薄板CF/PPS成形中のその場ひずみ計測」であり、冷却速度が異なる3種類の冷却条件下で、埋込みFBGセンサを用いた成形内部ひずみモニタリングを行い、熱転移温度付近で特有のひずみ変化が発生することを確認した。冷却速度の上昇に伴い、残留圧縮ひずみが低下しており、残留圧縮ひずみの発生時期と発生量に大きな影響を与えていることを明らかにした。

第4章は「薄板材のその場ひずみ計測に基づく成形解析」であり、異なる端部長を有するFBGセンサ間のせん断遅れに伴うひずみ応答差を利用することで、ガラス転移温度付近までの温度領域でPPS樹脂弾性率と、CF/PPS複合材としての繊維直交方向熱膨張率が推定できることを示した。また、ガラス転移温度付近の高弾性領域では、従来の動的粘弾性計測に基づく物性値計測を補完的に併用する手法を提案している。

第5章は「厚板材成形時の残留応力/残留ひずみ分布同定」であり、板厚方向に温度の不均一分布が発生するような冷却条件下での内部のひずみ計測、前章で確立した成形解析、さらには残留応力分布評価用の3点曲げ試験を実施した。冷却過程時に発生する不均一温度分布に起因するThermal Skin-Core効果をもたらす残留応力/残留ひずみ分布を定量的に明らかにしている。

第6章は「直交積層及び擬似等方性厚板成形時に発生する残留応力分布」であり、実用上重要な多軸方向に積層された厚板材成形時に発生する内部応力履歴並びに残留応力分布を、成形解析から明らかにした。同時に、Thermal Skin-Core効果由来の残留応力分布と熱の異方性に起因する熱残留応力分布の割合についても評価することに成功した。

第7章は「アニール処理中のその場ひずみ計測による残留応力分布同定」であり、成形品の後熱処理であるアニール処理の効果を定量的に明らかにしている。

第8章は「結論」であり、結晶性CFRTPの厚板成形時に発生する残留応力/残留ひずみ分布を、その場ひずみ計測に基づく成形解析を通して高精度に同定し、力学特性に与える効果を定量的に明らかにしている。以上より、成形条件の自由度が高いCFRTPの場合、本研究で提案した成形解析やモニタリング技術を応用していくことで、生産性と品質を両立可能な成形条件の最適化にも繋げられると考えられ、先端エネルギー工学、とくに次世代複合材料工学、極限材料工学の発展に大いに寄与する有益な知見を与えている。

なお、本論文第2章は、武田真一、武田展雄、水口周、岩堀豊との共同研究、3-7章は水口周、武田展雄との共同研究、であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1,822 字