

平成 30 年 1 月 18 日

埼玉工業大学大学院工学研究科長殿

学位論文審査委員会

主 査 趙 希 禄



副 査 小 西 克 享



副 査 福 島 祥 夫



副 査 上 月 陽 一



副 査 高 坂 祐 顕



学位（博士）論文及び最終試験の審査結果について（報告）

専 攻 名：博士後期課程 システム工学 専攻

学籍番号： 1521001

院生氏名： 孔 呈海

論文題目： 電気自動車車体に適用する折紙構造の実用化に関する研究

上記の学位（博士）論文について、平成 30 年 1 月 15 日に審査および最終試験を行い、その結果を下記のとおり報告します。

記

1 学位論文の内容の要旨 *別添の通り

2 審査意見：

本論文は、最近注目されている電気自動車の車体開発に適用する折紙構造の実用化問題を解決することを研究目的とする。まず、車体強度部材のサイドメンバーの衝突エネルギー吸収性能向上のために開発される反転らせん型折紙構造の加工問題に対して、ハイドロフォーミング成形過程における加工パラメータに関する最適化問題と、加工された反転らせん型折紙構造の衝突エネルギー吸収性能向上問題について詳細な検討を行い、従来の加工法より品質の良い反転らせん型折紙構造が得られた。次に、反転らせん型折紙構造の加工コストが高い問題を解決するため、独自に部分加熱回転加工法とそれによって得られる反転ねじり型折紙構造を提案して、今まで十分に解決されていない複雑な形状をもつ折紙構造の加工困難な問題を解決することが確認できて、折紙構造を衝突エネルギー吸収

体として実製品に組み込む目的に一歩前進できた。最後に、車体のフロー構造に適用するトラスコアパネルの成形品質と成形安定性を向上するために、独自に最大板材面積設計法と六角錐台中間モデルによる多段階プレス成形法を提案して、得られたトラスコアパネルの板厚分布と成形品質が良好であり、本加工法の成形性能が実試作実験で確認できた。したがって、本論文は電気自動車の新しい車体構造の研究開発と技術発展に寄与するものがあり、学術面にとどまらず、応用的価値を有するものと認められ、また論文の最終審査および口頭試問により、本人は当該分野に関する学力も博士（工学）学位に相応しいものであることを確認し、本審査委員会は本論文を博士（工学）の学位論文として合格と判定した。

3 学位に付記する専攻分野の名称（いずれかを○で囲む）

工学 学術

4 学位を授与できるか否かの意見

1) 審査結果（いずれかを○で囲む）

① 学位論文及び最終試験の判定 合格 不合格


2) 意見

本審査委員会は博士後期課程システム工学専攻 1521001 孔呈海から申請がなされた論文「電気自動車車体に適用する折紙構造の実用化に関する研究」について、厳正な審査を行い、全員一致で学位論文および最終審査を合格と判定し、孔呈海に博士（工学）学位を授与することが適当であるとの結論に達した。

平成 30 年 1 月 18 日

埼玉工業大学大学院工学研究科博士後期課程

学位（博士）論文要旨

所属・氏名	専攻名	学籍番号	氏名
	システム工学専攻	1521001	孔呈海
研究指導教員名	システム工学専攻	趙希祿	
研究指導補助教員名	工学専攻		(印)
論文 題目	電気自動車車体に適用する折紙構造の実用化に関する研究		

要旨の内容

本論文では、「電気自動車車体に適用する折紙構造の実用化に関する研究」を題にして、以下の 7 章からなる。

第 1 章は序論であり、本研究の背景を述べ、電気自動車設計開発と折紙構造に関する従来の研究成果を概説し、またビーム形状部品に適用する反転らせん型折紙構造とパネル形状部品に適用するトラスコアパネルとの 2 種類の折紙構造に分けて、それぞれの実用化研究の重要性と従来の研究成果をまとめ、本研究の研究目的と研究内容を述べた。

第 2 章では、本研究第一歩として、折紙構造の幾何学形状構成と基本力学特性及びその加工問題について述べて、さらに折紙構造の成形過程に関する有限要素法によるシミュレーション手法と、加工パラメータ分布に関する最適設計法について検討を行い、次章からの折紙構造の加工工程のシミュレーションおよび最適化検討のために必要な基礎理論と技術準備が用意できた。

第 3 章では、自動車のサイドメンバーの衝突エネルギー吸収性能を向上するために開発した反転らせん型折紙構造とそれを製造するハイドロフォーミング法について検討を行い、まず反転らせん型折紙構造の幾何学構成を検討し、それから、汎用有限要素法解析ソフトウェア LS-DYNA を用いハイドロフォーミング法の成形過程を解析し、応答曲面法による最適化手法を利用して、反転らせん型折紙構造のハイドロフォーミング加工法の最適な成形パラメータ構成を求めて、ハイドロフォーミング法を利用して反転らせん型折紙構造を加工する可能性が確認できた。

第4章では、ハイドロフォーミング法で加工した成形品の板厚分布が不均一となる特性を活かして、加工された反転らせん型折紙構造の衝突エネルギー吸収性能向上に関する検討を行った。本章の提案する加工法で得られる不均一な板厚を有する反転らせん型折紙構造の衝突エネルギー吸収性能を確認するため、従来のハイドロフォーミング法で得られた反転らせん型折紙構造と均一板厚の反転らせん型折紙構造に対してそれぞれ衝突解析を行い、得られた衝突エネルギー吸収性能を比較して、本研究の提案した不均一な板厚を有する反転らせん型折紙構造のエネルギー吸収量は従来の構造より7.87%向上したことを確認できた。

第5章では、従来のハイドロフォーミング法を利用して反転らせん型折紙構造を加工するコストが高い問題を解決するため、新たに反転ねじり型折紙構造を提案する。まず、複雑なハイドロフォーミング法に対して、本章の提案する部分加熱回転加工法は、角筒素材を軸方向に沿って段に分けて、段毎に単純な捩じり成形を繰り返すだけで成形品を得ることができる。また、ねじり塑性変形部分だけに対し加熱する方法を適用することによって、小さな加工荷重でも加工できると同時に角筒素材を固定する治具の簡素化も実現できる。もう一つ大きな利点としては、高圧の油圧システムなど複雑な加工設備は不要で、部分的に単純な捩じり成形だけで済むので加工コストの大幅な節減が得られ、さらに内部の高い液圧による張り出し変形しないため局所的に肉厚が大幅に薄くなる問題も回避できることが明らかになった。

第6章では、自動車のフロアー構造の軽量化及び力学特性向上のために開発したトラスコアパネルの加工問題を取扱い、従来の半球型中間モデルによる多段階プレス成形法に対して、新たに六角錐台中間モデルによる多段階プレス成形法を提案して、また有限要素法を利用し提案した六角錐台中間モデルによるトラスコアパネルの多段階プレス法の成形過程を解析して、従来の半球型中間モデルによるプレス成形法で得たトラスコアパネルより均一な板厚分布である結果が得られた。そして、多段階プレス成形用金型を開発して、実際にトラスコアパネル試作実験を行い、試作実験と数値解析で得たトラスコアパネルの板厚分布の結果が良く一致することが確認でき、今まで懸案になっていたトラスコアパネルの成形問題が解決できた。

第7章では、本研究から得られた結論をまとめた。