






令和5年2月3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	福島	祥夫	
副査	上月	陽一	
副査	河田	直樹	
副査	長井	力	

学位（課程博士）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 機械工学 専攻

学籍番号：2021001

院生氏名：梁 狄

論文題目：薄肉衝突エネルギー吸収体とその逐次部分塑性加工法に関する研究

上記の学位（博士）論文について、令和5年2月3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、電気自動車や山間部落石防護柵などの衝突エネルギー吸収体として、新しい反転ねじり折紙構造 RTO および部分張り出し成形構造 CAP を提案して、それに関連する薄肉衝突エネルギー吸収構造の加工問題を中心に詳細な検討を行った。具体的には、有限要素法による熱塑性加工解析、応答曲面法による最適設計や実際の成形実験などの検討手段を利用して、今まで解決されていない複雑な形状を持つ三次元折紙構造の加工コスト問題や、薄肉塑性成形部品の成形性能が不安定問題等を解決するための検討を行った上で、新たな加工方法として部分加熱ねじり逐次成形法およびゴム弾性を利用した部分張り出し成形法を提案し、それぞれ専用な逐次塑性加工成形装置を開発した。理論的な面では、大変形熱間成形解析、ゴム弾性による板材塑性加工解析や成形工程パラメータ最適化などを組合わせて、提案した薄肉衝突エネルギー吸収体の加工工程に関する基礎解析と設計問題が解決できた。実用的な面では、実際の使用用途に応じて、提案した加工法の専用成形実験装置として、IH を利用した部

分加熱ねじり逐次加工装置、ゴム弾性を利用した部分張り出し成形加工装置と金型不要の部分張り出し成形加工装置を開発して、それぞれの加工性能と加工法の妥当性が確認できた。さらに、実際に開発した加工装置を使い成形した薄肉衝突エネルギー吸収構造に対して圧潰実験を行い、それぞれの衝突エネルギー吸収性能に関する計測実験結果を用いて、現行の構造の衝突エネルギー吸収性能より改善された結果が検証できた。したがって、本論文は今後の衝突エネルギー吸収体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）の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機械工学専攻 2021001 梁狄から申請がなされた論文「薄肉衝突エネルギー吸収体とその逐次部分塑性加工法に関する研究」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、梁狄に博士（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。

令和4年12月20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
	機械工学専攻	2021001	梁 狄
研究指導教員名	機械工学専攻	趙 希 祿	
研究指導補助教員名	専攻		印
論文題目	薄肉衝突エネルギー吸収体とその逐次部分塑性加工法に関する研究		

要旨の内容

本論文では、「薄肉衝突エネルギー吸収体とその逐次部分塑性加工法に関する研究」を題にして、以下に示すように第1章から第6章まで構成される。

第1章の「序論」では、本研究の研究背景を述べ、薄肉エネルギー吸収体の設計開発と折紙構造に関する従来研究成果を概説し、また、薄肉エネルギー吸収体に適用する角状の反転らせん型折紙構造と円状CAP構造の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研究成果をまとめ、本研究の研究目的、研究内容及び本論文の構成について概説する。

第2章の「薄肉衝突エネルギー吸収体開発とその検討手法」では、本研究第一歩として、薄肉衝突エネルギー吸収体開発に適用する反転らせん型折紙構造とCAP構造の2種類の薄肉構造の幾何学構成、反転らせん型折紙構造とCAP構造の衝突エネルギー吸収性能とそれらの加工方法についてそれぞれ検討を行い、さらに圧潰過程に関する有限要素解析手法と、設計パラメータ分布に関する最適設計法について検討し、次章からの折紙構造とCAP構造について加工工程の実用化およびCAP構造のエネルギー吸収性能の最適化検討のために必要な基礎理論と技術準備を用意する。

第3章の「反転ねじり型折紙構造の提案とその実用化」では、ハイドロフォーミング法が複雑な大型成形設備が必要であることと加工コストが高い問題に対して、新しい反転ねじり型折紙構造とそれを加工する部分加熱回転成形法を提案する。まず、部分加熱回転成形法の成形原理とシステム構成および反転ねじり型折紙構造の幾何学構成を検討し、それから、有限要素法による成形過程のシミュレーションを行い、適切な成形加工パラメータを

求めるために、固定治具と成形素材の滑り変位および成形素材の性質による部分加熱温度の設定について検討を行った上で、実際に部分加熱回転成形装置を開発する。さらに、成形した反転ねじり型折紙構造の板厚分布、部分加熱温度の変化による成形性能への影響、圧潰しわに対する誘導効果および衝突エネルギー吸収性能について詳しく検討を行い。また、有限要素法によるシミュレーションの解析結果に基づき、反転ねじり型衝突エネルギー吸収構造成形用装置を制作する。更に、実際の反転ねじり型衝突エネルギー吸収構造の試作実験を行い、シミュレーションと成形試作実験の結果を比較しながら、本研究の反転ねじり型衝突エネルギー吸収構造による部分加熱回転成形法の有効性と妥当性を検証する。

第4章の「突起部を有するCAP構造とゴム弾性を利用して部分張り出し加工法」では、圧潰時に反転ねじり型折紙構造は不安定な圧潰モードから構造の衝突エネルギー吸収安定性が弱くなる問題を改善するため、独自に提案する円筒素材の軸方向に沿って等間隔で突起部を設ける形で新たなCAP構造とその加工方法及び衝突エネルギー吸収性能などについて検討する。まず、CAP構造の幾何学構成を検討し、それから、部分張り出し加工法によるCAP構造の成形過程をシミュレーションして、その結果により適切な成形加工パラメータを求める。さらに、成形したCAP構造の品質評価および衝突エネルギー吸収性能について詳しく検討を行う。

第5章の「CAP構造のエネルギー吸収性能の最適化」では、第4章で、提出したCAP構造の衝突エネルギー吸収性能を向上する。まず、CAP構造の解析モデルを検討し、それから、汎用有限要素法解析ソフトウェアABAQUSを使い圧潰過程を解析し、さらに応答曲面法による最適化手法を利用して、CAP構造のエネルギー吸収性能の最適な設計パラメータ構成を求め、調整可能なバルジ成形法を使いCAP構造を加工することが可能であることを確認した上で、得られたCAP構造の板厚分布、加工荷重経路による影響、成形品質および衝突エネルギー吸収性能について詳しく検討を行う。

第6章の「結論」では、本研究から得られた結論をまとめる。