



Title	Advanced Applications of Rigid-Plastic Finite Element Method to Plate and Sheet Forming Processes
Author(s)	Wang, Chan Chin
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39793
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	WANG Chan Chin
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 5 2 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 8 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	Advanced Applications of Rigid-Plastic Finite Element Method to Plate and Sheet Forming Processes (剛塑性有限要素法の板材成形への新しい応用)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小坂田宏造 (副査) 教 授 小倉 敬二 教 授 平尾 雅彦 助教授 森 謙一郎

論 文 内 容 の 要 旨

塑性加工分野では、多品種少量生産、コストとエネルギーの低減、高品質などの要求が強まり、産業界では有限要素法を中心とした計算機支援システムによる工程設計が望まれている。計算効率の観点から塑性加工問題には剛塑性有限要素法がよく用いられるが、本研究では、塑性加工法の一つである板材成形において、剛塑性有限要素法の今までにない新しい適用方法について研究を行った。

剛塑性有限要素法は素材の弾性変形を無視しているため、板材の曲げ加工のような弾性変形の影響が大きい加工への適用が問題となっている。その改善方法として、剛塑性有限要素法に弾性変形の影響を取り込む方法を開発した。そして、本解析法によって板材の平面ひずみ加工のシミュレーションを行い、従来の解析法では計算できなかった初期の弾性変形を再現できた。また、曲げ加工の成否を左右する重要因子であるスプリングバック量は、弾性変形を考慮したためより実験結果に近づいた。

曲げ加工の逆解析問題への応用として、U字曲げ試験から板材の変形抵抗曲線を簡便に求める方法を開発した。本方法では有限要素法によって予め計算された較正曲線を用いて曲げ荷重から変形抵抗曲線を求めた。3~6mmの板厚の炭素鋼とアルミニウム合金に対して本測定法で得られた結果を引張り試験のものと比較し、±7%の誤差で測定を行うことができた。

加工条件を決定する問題として、有限要素シミュレーションによって板材の深絞り加工のしわ押え力履歴を決定する方法を開発した。制御ロジックを有限要素シミュレーションの中に取り込み、シミュレーション中に素材の変形挙動を逐次追跡して加工条件の制御を行い、適切な加工条件の履歴を自動的に決定する。深絞り加工においてしわ押え力は成形限界と製品品質につながる重要な加工因子であるが、しわ押え力履歴は材料特性、加工条件などによって影響され、適切な履歴の決定は一般に容易ではない。そこで、有限要素シミュレーションにおいて素材の変形挙動をモニタリングしながら、加工欠陥となるしわとくびれの両方を発生させないような適切なしわ押え力履歴を計算から求めた。そして、計算で求めたしわ押え力履歴に基づいてアルミニウム板の円筒深絞り実験を行い、絞られた製品の肉厚不均一性、限界絞り比および製品高さなどが改善されることを示した。

ひずみ速度および温度依存性の問題として、熱可塑性プラスチック板の深絞り加工を有限要素法によってシミュレーションした。素板を加熱した状態で加工を行うため、シミュレーションでは加熱温度による素材のくびれ発生を予測し、ポリエチレンの円筒深絞り加工における加熱温度と成形限界の関係を求めた。

論文審査の結果の要旨

剛塑性有限要素法は、素材の弾性変形を無視して剛塑性変形として取扱う計算力学の手法であり、大きな塑性変形を比較的短い時間で計算できるため、塑性加工のシミュレーション方法として盛んに用いられている。しかしながら、板材の成形においては弾性変形の影響が大きく、計算誤差が大きくなる場合がある。また、単なるシミュレーション方法として使用されているのが現状であり、高度な応用に関する研究は十分には行われていない。本論文は、剛塑性有限要素法を板材成形に適用し、問題点の対処方法および新しい応用方法についての研究成果をまとめたものである。

先ず、板材成形においては弾性変形の影響が大きいため、剛塑性有限要素法に弾性変形の影響を取込む定式化を行っている。この定式化では、力学的特性の異なる弾性変形要素と剛塑性要素の節点力を、各変形ステップの最後の状態で釣り合わせてそれらが混在できるようにしている。本方法を用いることによって、曲げ加工における計算精度を向上させている。

次に、板材の変形抵抗を簡便に推定する方法を提案している。この方法では、曲げ加工において測定された荷重を、予め剛塑性有限要素法から求められた較正曲線を用いて変形抵抗曲線に変換するものである。本方法を加工機械に応用すれば、オンラインでフィールドバック制御するシステムが可能になることを示している。

さらに、開発された剛塑性有限要素法を基礎として、深絞り加工におけるしわ押え力履歴を決定する方法を提案している。この方法は、有限要素法で非定常変形を解析し、計算中に結果を逐次参照しながらしわ押え力を自動的に変更することにより、最適なしわ押え力履歴を決定するものである。また、しわ押え力履歴を制御できる実験装置を作製し、得られた履歴に従って実験を行い、より深い円筒を得ている。

金属以外の板材成形法として、加熱した熱可塑性プラスチック厚板の深絞り加工の可能性を、剛塑性有限要素法と熱伝導有限要素法を組合せたシミュレーションで検討している。計算結果を用いてプラスチック厚板の深絞りが可能である条件を示し、実験的に確かめている。

以上の成果は、剛塑性有限要素法の板材成形の応用に関して有益な新しい知見を与えるもので、その手法はより広い工学的応用が可能であると考えられ、生産加工技術の進歩に貢献するところ大であり、博士（工学）論文として価値あるものと認める。