



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

板材のプレス成形を対象としたFEM解析の高機能化に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-02-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 岩田, 徳利 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/1778

板材のプレス成形を対象としたFEM解析の
高機能化に関する研究

1996年7月

岩田 徳利

氏名(本籍)	岩田徳利(愛知県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第57号
学位授与年月日	平成8年9月4日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	板材のプレス成形を対象としたFEM解析の高機能化に関する研究
学位論文審査委員	(主査)教授 後藤 學 (副査)教授 藤井 洋 教授 戸梶 恵郎

論文内容の要旨

自動車業界を中心として、板材成形における金型の早期設計、材料の適正な選択による試行程の短縮化及び最適ブランク形状予測による歩留まり向上を目的に、CAD/CAEシステムの開発・導入の検討及び評価が行なわれている。このCAEを活用した型設計のためには、高精度な成形不良予測技術の開発が必要である。板成形における成形不良としては、破断、面ひずみ、しわ、そしてスプリングバックなどの形状精度不良が挙げられ、これら不良の高精度な予測技術開発のためには、材料構成式、境界条件などの物理現象のモデル化、モデルの数式化や解析手法などの計算技術、それぞれの適正化が必要である。成形不良の中で破断は、成形不良の多くの部分を占めている。また、その他の形状不良には成形中の変形履歴が影響するため、成形中の変形挙動を精度高く予測することが重要である。

本論文では、こうした観点から、板材のプレス成形を対象としたFEM解析(有限要素法解析)の高機能化に関する研究を行った。

解析手法としては、板成形では除荷過程の成形不良への影響が大きいため弾性ひずみは無視できず、さらに成形中の弾性的なたわみが大いことから弾塑性FEMを用いた。その中で解の信頼性が最も高いとされる静的陰解法を用いた、汎用の非線形構造解析用弾塑性FEMプログラム'JNIKE3D'を利用した。これをベースにして、その高機能化を図った。

まず、材料構成式の適正化のために、現在破断予測に成功しているJ2G塑性構成式と、局部くびれが発生した時を破断発生と見なす後藤の理論を用いて、1次及び2次成形限界の予測を検討した。この時、軟鋼板及び高強度鋼板はひずみ速度依存性係数が小さいため、材料構成式はひずみ速度非依存とし、また自動車のパネル成形のほとんどは単段成形であるため等方硬化則を用いた。また、破断予測には応力、ひずみ、応力増分、ひずみ増分が絡むので、これらが正しく計算できる4次降伏関数を用いた。そして、汎用ソフト'JNIKE3D'への、材料構成式の改良及び、破断判定機能の組み込み方について研究した。

次に、境界条件の適正化のため、板材のプレス成形で最も影響が大きいと考えられる摩擦条件について検討した。その結果、しわ押え面での初期面圧分布及び成形に伴う不均一

さの拡大を考慮する機能を付加し、解析に入力する摩擦係数については摩擦面の摩擦条件に即したモデル試験により実測した。以上の改良されたプログラムを用いて、基本的な板成形である正四角筒深絞り成形におけるひずみ及び破断予測を行った。計算結果と実験結果を比較して、本解析手法を用いて、材料移動、ポンチ荷重、各ひずみ分布、破断発生位置、破断発生成形深さが高精度に予測できることを示した。

さらに、本解析手法の実成形への適用例として、自動車車両の軽量化のために採用されている、高強度鋼板のリング状プレス成形を対象に、成形条件の最適化を行った。また、伸びフランジ部の破断位置には30MPa以上の面圧がかかっており、面外応力の影響が無視できないレベルと考えられた。そこで、面圧負荷効果を考慮するために、4次降伏関数に板厚方向の応力も考慮できるように変更し、それを本解析法に導入した。さらに、本解析法を用いてその破断抑制条件について検討し、適正ブランク形状を予測した。そして、この予測形状を用いれば、冷延鋼板よりプレス成形性が劣る熱延鋼板でも成形可能なことを実成形により確認した。

以上の結果、次の成果を得た。

自動車のパネルや小物部品の一般的な材料である軟鋼板および高強度鋼板の材料構成式としては、4次降伏関数とJ2G塑性構成式が適切であり、これに基づき後藤の理論により成形限界が高精度に予測可能なことがわかった。また、板材のプレス成形に大きな影響を及ぼす摩擦条件は、しわ押さえ面での面圧分布と加工状態に即した摩擦係数の実測値を使用することにより適正化されることを、以下の事例における実験結果との比較により示した。

現象モデルを適正化したFEM解析システムを用いて、正四角筒絞りおよびリング状プレス成形を解析し、このシステムにより、材料移動、ポンチ荷重、ひずみ分布、破断発生位置、破断発生成形深さが高い精度で予測できることがわかった。また、FEM解析システムに用いている4次降伏関数に面外応力を考慮できるように改善し、破断、ひずみに対する面外応力負荷の効果を計算できるように改良した。なお、面外応力には適正值が存在することもわかった。さらに、本解析システムを用いて、リング状プレス成形の破断抑制成形条件の適正化が可能となり、したがって、提案しているFEM解析システムが、一般の板材のプレス成形の最適化に十分役立つことを示すことができた。

論文審査の結果の要旨

自動車業界を中心として、板材成形における金型の早期設計、材料の適正な選択による試行程の短縮化及び最適ブランク形状予測による歩留まり向上を目的に、CAD/CAEシステムの開発・導入の検討及び評価が行なわれている。このCAEを活用した型設計の重要な要素技術である、高精度な成形不良予測技術の開発のためには、材料構成式、境界条件などの物理現象のモデル化、モデルの数式化や解析手法などの計算技術、それぞれの適性化が必要である。

本論文では、こうした観点から、板材のプレス成形を対象としたFEM解析（有限要素法解析）の高機能化に関する研究を行っている。解析手法としては、静的陰解法を用いた、汎用の非線形構造解析用弾塑性FEMプログラム'JNIKE3D'を利用して

る。これをベースにして、その高機能化を図っている。まず、材料構成式の適正化のために、4次降伏関数、J2G塑性構成式と、後藤の理論を用いて、成形限界の予測を検討している。そして、汎用ソフトへの、材料構成式の改良及び、破断判定機能の組み込み方について研究している。次に、境界条件の適正化のため、しわ押え面での初期面圧分布及び成形に伴う不均一さの拡大を考慮する機能を付加し、解析に入力する摩擦係数については摩擦面の摩擦条件に即したモデル試験により実測している。以上のように大幅に改良したプログラムを用いて、正四角筒深絞り成形におけるひずみ及び破断予測を行っている。計算結果と実験結果を比較して、本解析手法を用いて、材料移動、ポンチ荷重、各ひずみ分布、破断発生位置、破断発生成形深さが高精度に予測できることを示している。さらに、本解析手法の実成形への適用例として、高強度鋼板のリング状プレス成形を対象に、成形条件の最適化を行っている。また、伸びフランジ部の破断位置には高面圧がかかっているため、面圧付加効果を4次降伏関数で考慮できるように変更することによって本解析法に導入している。さらに、本解析法を用いてその破断抑制条件について検討し、適正ブランク形状を予測している。そして、この予測形状を用いれば、冷延鋼板よりプレス成形性が劣る熱延鋼板でも成形可能なことを実成形により確認している。

以上の結果、鋼板の材料構成式としては、4次降伏関数とJ2G塑性構成式が適切であり、これに基づき後藤の理論により成形限界が高精度に予測可能なことを明らかにしている。また、板材のプレス成形に大きな影響を及ぼす摩擦条件は、しわ押え面での面圧分布と加工状態に即した摩擦係数の実測値を使用することにより適正化されることを実験結果との比較により示している。さらに、本解析システムを用いて、リング状プレス成形の破断抑制成形条件の適正化が可能となり、したがって、提案しているFEM解析システムが、一般の板材のプレス成形の最適化に十分役立つことを示すことができた、としている。

以上のように、本論文の内容は学術的に高い達成を示しているのみならず、実際の板材のプレス成形にも有効に適用できるものであり、工学の博士論文として十分価値があるものと判定された。