

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	澄川 智史
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論 文 題 目 金属薄板のスプリングバックに及ぼす弾塑性特性の影響とその予測精度向上に関する研究 (Effect of Elasto-Plastic Properties on Springback of Sheet Metals and Its Highly Accurate Prediction)			
論文審査担当者			
主 査	特任教授	吉田 総仁	印
審査委員	教 授	菅田 淳	印
審査委員	教 授	佐々木 元	印
審査委員	准教授	日野 隆太郎	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>地球温暖化の原因となる温室効果ガスの削減のためには自動車車体の軽量化は必要不可欠である。部品の薄肉化と衝突安全性という相反する要求を満足できる高張力鋼板は、各鉄鋼メーカーにより精力的に開発が進められ、自動車の骨格部品への適用が進んでいる。高張力鋼板のプレス成形において、スプリングバックによる寸法精度不良は、高張力鋼板の適用を実現する上で最も重要な課題の一つである。本論文では、スプリングバック予測に及ぼす材料特性の影響を実験的および解析的に明らかにし、さらにスプリングバックの予測精度を向上させること目的とし、材料特性の詳細な実験観察と材料モデルによるモデル化に関する研究を行った。</p> <p>第1章では、本研究に関わる社会的背景を述べ、材料特性およびスプリングバック予測に関する過去の研究を概説した。それらを踏まえた上で、本研究の目的および意義を示した。</p> <p>第2章では、本研究に用いる弾塑性構成式、とりわけ硬化則、異方性降伏関数、見かけのヤング率、弾性異方性について説明した。さらに、FEM ソフトウェア導入にあたり必要となる弾塑性マトリクスを導出した。</p> <p>第3章では、強度の異なる2種類の高張力鋼板(590R, 980Y)の種々の材料試験を行いバウシinger効果、見かけのヤング率、弾性異方性、塑性異方性の実験観察およびこれらのモデル化を行った。さらにそれら4つの材料特性を全て考慮できる材料モデルを開発し、汎用FEMソフトウェアに組み込んだ。そして、プレス成形試験およびスプリングバック解析を行い、種々の材料特性(LS-DYNA)がスプリングバック予測結果に与える影響と予測精度について検証した。バウシinger効果を考慮した解析によりスプリングバックは小さく、見かけのヤング率を考慮した解析によりスプリングバックは大きくなる傾向となった。弾性および塑性異方性の影響度はスプリングバックの形態によって異なるが、590Rでは10%以上の変化率となり、異方性の大きな材料においては無視できない材料因子であることがわ</p>			

かった。さらに、各材料特性を全て考慮した弾塑性構成式を用いることで 590R および 980Y ともにスプリングバック予測精度は大幅に向上することを示した。

第 4 章では、応力状態による除荷特性の違い、つまり除荷特性の応力状態依存性を明らかにすることを目的とし、4 つの応力状態；①単軸，②平面ひずみ，③等二軸，④せん断での除荷特性を種々の材料試験により系統的に測定した。試験で得られた除荷応力-ひずみ曲線から、平均勾配と非線形性を各応力状態で比較することで、除荷特性の応力状態依存性を検証した。見かけの弾性率（除荷平均勾配）は応力状態によらず予ひずみの増加に伴い低下する傾向となり、さらに応力状態によって見かけの弾性率は異なることが分かった。これにより、多軸応力除荷での見かけの弾性率は等方性を仮定したフックの法則に従わないことが明らかとなった。除荷応力-ひずみ関係の非線形性も応力状態によって異なり、応力状態依存性が確認された。特に、せん断除荷は最も顕著な非線形性を示したのに対し、等二軸除荷は最も小さな非線形性となった。また、材料の強度や強化機構によって非線形性が異なることが分かった。

第 5 章では、高張力鋼板の面内応力反転試験により除荷および再負荷特性を詳細に調査した結果、応力反転後の応力-ひずみ関係は、変形形態（除荷/再負荷）や反転応力、予ひずみ量に関わらず、応力反転からの応力の変化量によって決まることが明らかにした。この傾向を元に、2 曲面モデルの枠組みを採用した新たな材料モデルを提案した。提案材料モデルを市販の FEM へ導入し、ドロー成形のスプリングバック解析により提案材料モデルの高い予測精度を示した。

以上のように、金属薄材のプレス成形で発生するスプリングバックを高精度かつ効率的に予測するためには、その材料の材料特性を把握し、影響度の大きい材料特性を考慮した材料モデルをスプリングバック解析に用いることが重要であると言える。本論文で示した結果は、材料モデルの観点でスプリングバックを高精度に予測するための指針となることから、学術的かつ工業的に大きな意味を持つと考えられる。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。