

審査の結果の要旨

氏名 岩田 隆道

本研究は、薄鋼板の板成形シミュレーションにおける加工性の予測精度向上を目的とした材料試験法と材料モデルおよびシミュレーションを活用した薄鋼板成形の工程設計を考えるものである。従来、薄鋼板成形に関する材料試験法と材料モデルの研究では、塑性異方性とバウシング効果に関する研究が行われてきたが、張り出し変形部の変形挙動および加工モーションに依存した加工性変化の予測には、高ひずみ領域の変形抵抗とひずみ速度に依存した加工硬化則に着目した研究が必要である。前者の高ひずみ領域の変形抵抗に関して、薄鋼板成形の解析では加工硬化量を高ひずみ領域まで参照しているにも関わらず、その加工硬化モデルは引張試験の結果を外挿した根拠のないものであった。そこで、本論文では薄鋼板に特有の塑性異方性を考慮した高ひずみ域の変形抵抗を測定する方法を考案した。そして、試験結果を FEM 解析に適用することで張り出し加工の解析精度が向上することを示した。後者のひずみ速度に依存した加工硬化則の研究は、従来そのほとんどが衝突解析を対象とした超高速の速度域を対象としたものであり、薄鋼板成形で支配的な中低速のひずみ速度に着目した研究は少なかった。本論文では、中低速のひずみ速度に依存した変形抵抗を最も良く表現できる材料モデルの検討を行った。さらに、このモデルを用いた円筒絞りの解析により、ストローク速度の設計要件を検討した。本博士論文は 8 章で構成される。

第 1 章は論文の背景と目的を示している。生産加工の CAE 適用に関する課題と薄鋼板成形シミュレーションおよびその材料モデルの研究を総括し、本論文の新規性を述べている。

第 2 章はバルク材向けの試験法であったリング圧縮試験による変形抵抗測定手法を薄鋼板に適用するための方法を検討した。同一の厚鋼板から引張試験、端面拘束圧縮試験、および本論文の薄鋼板リング圧縮試験の 3 種類の試験片を切り出して試験を実施し、各結果が一致したことから、開発した薄鋼板リング圧縮試験が試験方法として妥当であることを示した。

第 3 章は圧縮試験による変形抵抗の測定結果に対して、塑性異方性を考慮して通常の引張試験の変形抵抗に換算する方法を考案した。さらに、実際の各種薄鋼板の測定と、その材料特性を用いた FEM 解析を実施することで、張り出し試験の板厚予測精度を向上させた。

第 4 章は引張試験の途中でストローク速度を変化させ、変形抵抗の動的変化を測定する試験を実施した。その結果、材料モデルの検証に必要なデータを取得するとともに、試験途中でストローク速度を変化させ、その後元に戻した場合に、変形抵抗が元の速度の場合と一致することが確かめられた。

第 5 章は、ひずみ速度に依存した変形抵抗を精度良く表現できる材料モデルについて検

討した。その結果、谷村 - 三村モデルが鋼板成形で支配的な中低速のひずみ速度に依存した変形抵抗を最も良く表現できることを見出した。

第6章は谷村 - 三村モデルを動的陽解法 FEM ソフトである LS-DYNA に実装した。さらに、動的陽解法の解析を高速に行うための、時間スケールの変更が解析結果に与える影響を検証した。その結果、時間スケールの変更が解析時間と解析精度の関係に及ぼす影響を円筒絞り解析の例を用いて定量的に示すことができた。

第7章は様々なプレスモーシオンに対して円筒絞りの解析を実施することで、割れ限界と相関のある板厚減少率のピーク値を抑制できるプレスモーシオンを提案できた。具体的には、被加工材が金型に巻き付いて材料流入が開始されるタイミングからストローク速度を大きくすると、板厚減少率のピーク値が抑制されることがわかった。

第8章は結論を述べている。本論文の成果を簡潔にまとめ、今後の研究課題を記している。

本論文の新規性として、塑性異方性を考慮した薄鋼板の高ひずみ域の変形抵抗の測定法を考案したこと、その測定結果を FEM 解析に適用することで張り出し加工の板厚予測精度が向上したこと、薄鋼板成形で支配的な中低速のひずみ速度に依存した変形抵抗を測定したこと、近年提案された谷村 - 三村モデルが実験結果を最も良く表現できること、さらに、そのモデルを用いることで板厚減少率を抑制できるプレスモーシオンを提案できたことがあげられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。