

(様式 11)

学位論文審査要旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員 主査 桑原 利彦 印
副査 高橋 徹 印
副査 長岐 滋 印
副査 佐久間 淳 印
副査 山中晃徳 印

学位申請者	機械システム工学専攻 平成 20 年度入学 学籍番号 08833102
	氏名 花房泰浩
申請学位	博士 (工学)
論文題目	缶用硬質アルミニウム合金板の二軸引張試験方法の開発 Development of A Biaxial Tensile Testing Method for Hard Aluminum Alloy Sheets for Beverage Cans

論文審査要旨 (2000 字程度)

飲料用アルミニウム缶 (以下アルミ缶) 側壁の塑性異方性と二軸応力下における塑性変形挙動の解明を最終的な目的として, 桑原らによって提案された十字形試験片による二軸引張試験方法の応力測定精度の向上に取り組んだ. また, 産業界で導入しやすくかつ簡便に利用可能な二軸引張試験方法の開発を目標として, 単軸引張試験機を駆動源とする二軸引張試験方法を開発した. 本試験方法は, 新開発のリンク機構 (特許出願中) を試験装置として使用するものであり, 板厚が薄くかつ加工硬化の小さいアルミ缶用材料の試験に特に適合するように設計仕様を定めたものである.

本論文は以下の 5 章から構成される.

第 1 章「緒言」では, 本研究の社会的背景を述べ, 十字形試験片を用いる二軸応力試験に関連する従来研究を概観している. さらにそれらを踏まえた上で, アルミ缶に用いる板材料の塑性変形特性を精密に測定するための実験手法に関して, 現状の問題点を整理し, 研究の目的を示している.

第 2 章「十字形試験片を用いた二軸応力試験の数値解析的検証」では, 二軸負荷状態にある十字形試験片の有限要素解析を行い, 応力の測定誤差を最小限にするための最適ひずみ測定位置や十字形試験片の形状因子を特定している. 材料モデルには等方性のミーゼス材料を用いた. 具体的には, 局所ひずみと対応すべき局所応力と, 実験的に測定可能な平均応力の差を最小にすることで, 試験法の測定精度を定量的に評価する手法を提案した. この手法を用いて, 最適ひずみ測定位置および応力の測定精度を向上させるための十字形

試験片の形状因子を定量的に明らかにした。これにより、等方性材料においては、提案した試験片形状および最適ひずみ測定位置を利用することで、応力の測定誤差が2%未満に抑えられることを明らかにした。

第3章「異方性材料における最適ひずみ測定位置の検討」では、第2章で提案した応力の測定誤差の評価手法を、代表的な異方性降伏関数に基づく材料モデルに拡張している。具体的には、塑性異方性を表現できる材料モデルとして、次数 $M=2$ のHillの二次異方性降伏関数(Hill, 1948)と、次数 M を24まで変化させたYld2000-2d異方性降伏関数(Barlat et al., 2003)において、 r 値を0.5~2.0まで変化させた材料を想定して、数値解析による仮想実験を行った。高次のYld2000-2d降伏関数を用いた場合、応力測定誤差を最小とする最適なひずみ測定領域は、ミーゼス材料に比べて狭くなるものの、第2章で提案したひずみ測定位置および試験片形状が、塑性異方性を持つ一般的な材料に対しても有効であることを示した。結果、供試材が塑性異方性を有する場合においても、応力の測定誤差を2%未満に維持できることを示した。

第4章「薄肉超小型試験片に適した二軸引張試験装置の開発と検証」では、アルミ缶用の薄肉かつ加工硬化の小さい素材である、板厚0.3mmの硬質アルミニウム3104-H材を対象として、二軸引張応力下における塑性変形特性が測定可能な試験方法と試験装置の開発を行っている。この試験装置は、汎用の単軸引張試験機を駆動源とし、チャックの変位比を変更可能なリンク機構を特徴とする。さらに、供試材の降伏点と二軸応力-ひずみ曲線を正しく測定する方法として、チャック変位比一定条件下での二軸引張試験の結果に基づいて、応力空間とひずみ空間における負荷経路を図示する「負荷経路全図」を考案した。これを用いて3104-O材の等塑性仕事面を測定した結果、応力比一定試験により測定されたそれとほぼ一致することを確認した。また、同試験手法をA3104-H材に適用した結果、最大で0.0012の相当塑性ひずみに対応する等塑性仕事面の測定に成功した。以上により、アルミ缶用素材であるA3104-H材の二軸引張変形挙動を測定し、その変形挙動を定量的に評価するための実験手法を確立することができた。

第5章「結論」では、以上の結果を踏まえて本研究を総括し、得られた知見をまとめた。

以上まとめると、本研究では、十字形試験片を用いた二軸引張試験方法における応力測定精度の定量的評価方法およびアルミ缶用薄肉超小型試験片に適した新しい二軸引張試験装置と試験方法を提案した。さらに、開発した試験手法をアルミ缶用薄肉素材である硬質アルミニウム薄板に適用した。その結果、二軸引張応力下における塑性変形特性が高精度に測定・評価可能であることを立証した。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。