

DX 推進に向けたプレス金型設計のデジタル化 および大型電池ケースの開発

山田 佳奈* 村木 智彦* 本田 崇**
小野田 徹*** 木下 昌亮*** 高野 明*** 山田 翔太***

Digital Transformation in Press Die Design and Development of Drawing Technology for Large Battery Cases

YAMADA Kana*, MURAKI Tomohiko*, HONDA Takashi**
ONODA Toru***, KINOSHITA Masaaki***, TAKANO Akira*** and YAMADA Shota***

抄 録

絞り成形による大型電池ケースの実現を目的に、CAE を中心としたデジタルツールを活用したデジタルトランスフォーメーション(DX)により、工程案の検討、各工程の金型設計および成形品の評価を行った。設計した工程案の評価を CAE で行い、最終工程まで割れの発生なく成形可能であることを確認した後、成形試験による検証を行った。併せて、実成形品の評価をデジタルツールで行い、解析精度の検証を行った。

1. 緒 言

近年、世界的な脱炭素化の推進を背景に、電動車両の市場が拡大している¹⁾。航続距離の延伸の需要に応じて電池の大容量化が進んでおり、大型電池ケースの実現が求められている。

電池ケースの代表的な製造方法の一つに絞り成形があるが、車載用途で求められる軽量化と大容量化を両立するためには、①角型、②大型、③アルミニウム合金製といった仕様を満たす必要がある。ただし、これらすべての仕様を満たす成形は難しく、現状国内外のメーカーで量産化を確認できていない。

このような成形に対して、コンピューター上に仮想的な実験環境を構築し、様々な条件下での挙動を検討できる技術(CAE)の活用が進められている。そこで本研究では、大型電池ケースの実現に向け、CAE を中心としたデジタルツールを活用した DX により、工程案の検討、各工程の金型設計および成形品の評価を行った。

* 技術統括センター

** 中越技術支援センター

*** 東芝プレシジョン(株) 新潟事業所

2. 工程設計

単一工程での絞り成形では成形可能な形状に限界があり、大型電池ケースのような深い角筒形状を得るには多工程による段階的な加工が必要となる²⁾。一般的に、多工程の絞り成形では各工程間のワークの周長比および板厚の減肉率の2点を主な指標として設計する。以下に、本研究における設計方針を示す。

(1) 周長比

円筒形状を対象とした絞り成形では、実験結果から、材料ごとに成形可能な全周の周長比として、絞り比・絞り率が把握されている。本研究対象は角筒形状のため、円筒形状と違って場所ごとの変形が大きく異なっている。そこで、短辺・コーナー部・長辺の3か所で周長比を算出し、最も条件が厳しい箇所を基準として設計を行った。成形に余裕がある初期工程では周長比を50%以内、成形が厳しくなる後半の工程では90%以内に抑える方針とした。

(2) 板厚の減肉率

周長比と同様に、短辺・コーナー部・長辺の

3 か所で板厚の減肉率を算出した。本研究では工程間の減肉率を 12%以内に抑える方針とした。

以上の方針に基づき、CAE を用いて工程設計を行った。

3. 材料の評価

本研究の供試材である A3003-H12 の機械的特性を把握するため、引張試験を行った。試験片は JIS Z2241 に規定の 13B 号とした。(株)島津製作所製の AGX-300KNV を用いて、クロスヘッド変位速度 5mm/min にて引張試験を実施した。

引張試験より得られた応力-ひずみ曲線を図 1 に、rankford 値および 0.2%耐力比を表 1 に示す。表 1 において、0°方向は圧延方向とした。また、0.2%耐力比は 0°方向の耐力を 1 とした基準で算出した。

引張試験の結果、0°方向の変形抵抗は他の方向と比べて高く、試験方向に対して rankford 値は大きく異なっている。

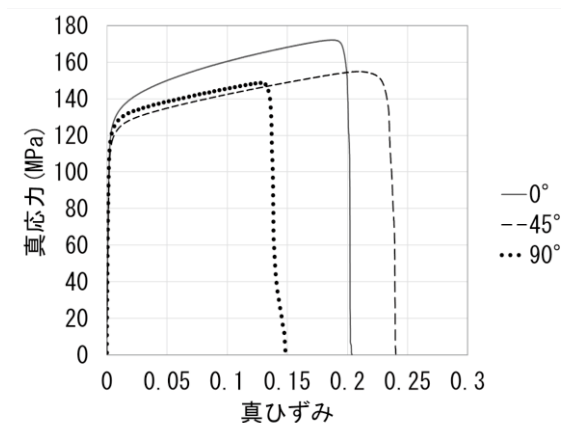


図 1 応力-ひずみ曲線

表 1 rankford 値と 0.2%耐力比

方向	rankford 値	0.2%耐力比
0°	0.44	1.00
45°	0.90	0.94
90°	0.29	0.98

そこで本研究では、供試材の面内異方性の大きさを考慮するため、CAE には、YU モデルと吉田 6 次降伏関数を組み合わせた材料モデルを採用した³⁾。各パラメータについては引張試験の結果をもとに ESI 製ソフトウェア MAT-WIZARD を用いて決定した。

4. 成形解析

4.1 使用ソフトウェア

3 次元 CAD には、Dassault Systemes 製ソフトウェア SOLIDWORKS2010 を使用した。成形解析には ANSYS.Inc 製ソフトウェア ANSYS-dyna の動的陽解法を用いた。

4.2 解析モデル

本研究で対象とした電池ケースおよび金型形状は、容器開口部より見て、長手、短手方向ともに対称である。このため、解析時間の短縮を目的として、解析モデルは全体形状の 1/4 とした。

一般的な成形解析の要素タイプは、ワーク、金型ともにシェルが用いられ、特に金型は剛体とすることが多い。ただし、本研究では板厚を管理するため、強いしごきを行う工程があり、しごきによるワークの板厚方向応力による板厚変化およびダイのたわみの考慮が必要である。

そこで、ワークおよびダイにはソリッド要素を採用するとともに、ダイは変形体とした。要素サイズについては、金型を最大 2mm、ワークを最大 1.6mm とした。

摩擦係数については、金型とワークの接触面の面圧の影響を考慮して、面圧に応じて摩擦係数を設定した。

4.3 解析結果

前節の条件で解析を実施し、工程案の検討および各工程における金型の設計を行った。検討案における最終工程の解析結果を図 2 に示す。

解析の結果、検討案で割れの発生なく成形可能であることを確認した。

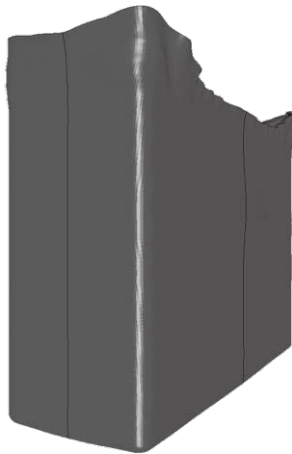


図2 最終工程の解析結果(斜視)

5. 成形試験

検討案の妥当性を確認するため、金型を作製して成形試験を実施した。成形試験はアイダエンジニアリング(株)製の NC2-160 により実施した。最終工程における成形品の形状を図3に示す。割れの発生なく成形できており、検討した工程設計案の妥当性が確認できた。

次に NIKON METROLOGY, LLC 製の MCT225 による成形品の CT 解析を行い、得られた形状と成形解析の結果の比較を行った(図4)。

成形品と解析結果の形状はよく一致しており、解析結果は実成形品を良好に再現できていることがわかる。

以上の検討により、CAE を中心にデジタルツールを活用することで大型電池ケースの成形を実現できた。

6. 結 言

- (1) 要素タイプやメッシュサイズ等の各解析条件を適切に設定し、工程案の検討および金型設計に適用可能な高精度の解析モデルを構築した。
- (2) 設計した工程案に対し、CAE を活用して成形性の確認を行った。また、成形試験を実施し、大型電池ケースの成形を実現した。



図3 最終工程の成形品(斜視)

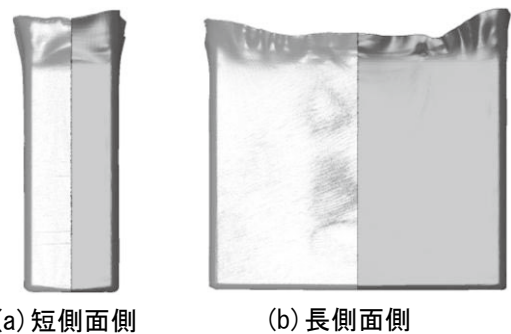


図4 CT 解析結果(左)と
CAE による成形解析結果(右)の比較

参考文献

- 1) 蓄電池産業の現状と今後の方向性, <https://www.aist.go.jp/Portals/0/kansai/images/event/2023/231218lect1r.pdf>, (閲覧 2026-3-31).
- 2) EV バッテリー市場 現状と予測 市場分析, <http://www.fortunebusinessinsights.com/jp/%E6%A5%AD%E7%95%8C-%E3%83%AC%E3%83%9D%E3%83%BC%E3%83%88/%E9%9B%BB%E6%B0%97%E8%87%AA%E5%8B%95%E8%B8%A%E7%94%A8%E3%83%90%E3%83%83%E3%83%86%E3%83%AA%E3%83%BC%E5%B8%82%E5%A0%B4-101700>, (閲覧 2026-3-31).
- 3) 濱崎洋, “アルミニウム合金板の塑性異方性のモデル化と高精度プレス成形 CAE の開発”, 軽金属, vol.65, no.11, 2015, pp.536-541.