

ラミネートフィルムの引張解析のための材料計測

日大生産工(院)○ 藤田 貴大 日本大学生産工学部 高橋 進

1 緒言

近年、小型・軽量が求められるモバイル機器、大容量が求められる車載用 (EV, HEV 等) や定置用蓄電システムに対して、ラミネートフィルムを使用したセルの採用が拡大している。そのセルのパッケージの外装として、アルミニウム合金と樹脂のラミネートフィルム (複合材) が用いられている。

当該ラミネートフィルムは、パッケージ前にプレス成形されるが、成形ノウハウの蓄積が少なく、金型設計の効率化のために成形シミュレーションの適用が考えられる。そこで本研究ではラミネートフィルムをプレス成形する際に発生する欠陥を FEM 解析で予測する事を目的とする。

既報¹⁾では FEM 解析を行うために必要なアルミラミネートフィルムの材料特性を引張試験から求めた。

本報告では、ラミネートフィルムの材料特性を引張試験計測の高精度化より求めた。またその値を使用して引張解析を行い実験結果と比較したので報告する。

2 材料

材料は直方型バッテリーセルに使用されている4層型ラミネートフィルムを適用した。ラミネートフィルムの断面写真をFig.1に示す。

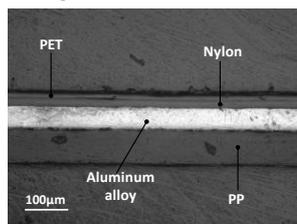


Fig.1 Cross section of laminated film

3 引張試験

3.1 供試材

供試材は板厚0.15mmのロール材を使用した。試験片の寸法は長さ80mm、幅15mmとし標点間距離を15mmとした。標点間距離の位置には幅2mm、長さ7mmの紙の中央に直径1.4mmの白色の円が印刷されている標点マークを両面テープにて接着した。試験片をFig.2に示す。

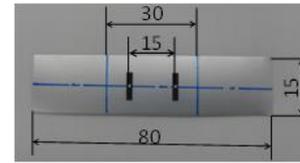


Fig.2 Specimen for tensile test

3.2 実験条件

引張試験機は島津製作所製AG-X-100kNを使用し、試験片を挟むチャックはフィルム用の治具 (島津製作所製: ネジ式平面つかみ具・1kN P/N346-52326-04) を使用した。ロードセルは500N (島津製作所製:N903509) を使用した。試験速度は50から500mm/minとした。試験速度はプラスチック引張試験の試験方法—(JIS K 7127)を参考にした。試験片のロール材からの切り出し方向はロール材の成形方向 (以下 MD) と成形方向に対して直角 (以下 TD) とし、試験片本数は各方向で5本とした。また、供試材の降伏応力を計測するために0.06mmずつ引張量を増加させるサイクリック引張試験も行った。試験評価方法として除荷した時に試験片が座屈をして、圧縮量が標点間距離で計測された以前での最大応力を降伏応力とした。試験速度は50から500mm/minとした。サイクリック引張試験は除荷時に試験片が座屈する方向によって計測精度が変わり、CMOSカメラに対して奥側に試験片が座屈をした時に圧縮量を高精度に計測できる。標点マークは圧縮量を高精度に計測可能なPPの上に接着した。

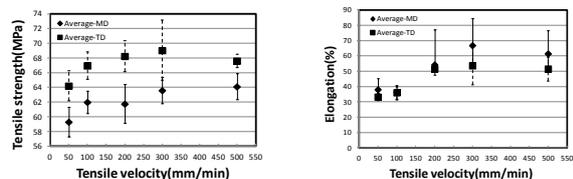
3.3 ひずみ計測方法

供試材の表裏が高分子材料なので試験片の伸びが大であることが考えられるため、CMOSカメラ (KEYENCE社VW-600) を用いて試験片の標点間の伸びを撮影し画像解析ソフト (KEYENCE社Motion Analyzer) でひずみを測定した。既報¹⁾ではフレームレート、シャッター速度を全条件60fps、1/60sとしたが、試験機速度200mm/min以上の場合、引張初期の応力-ひずみ線図が乱れたため、計測精度を上げるため本報告では引張速度200mm/min以上は、フレーム

レート, シャッタースピードをそれぞれ250fps, 1/250sとした.

4 結果・考察

引張速度が引張強さおよび伸びに与える影響を Fig.3 に示す. 伸びは引張強さ時の伸びとした. 引張強さは試験片のどちらの成形方向とも引張速度が増加するにつれて増加し, MD 方向では 300mm/min 以上, TD 方向では 200mm/min 以上で引張強さの変化が少なくなる事がわかった. 引張強さの変化が少ない領域での引張強さの平均値は MD で 64MPa, TD で 68MPa であった. 引張強さ時の伸びはどちらの方向とも 200mm/min 以上でほぼ一定となりその領域での平均値は MD で 61%, TD で 52%だった.



(a) Relationship between tensile strength and tensile velocity (b) Relationship between elongation and tensile velocity

Fig.3 Experimental results of tensile strength and elongation in different tensile velocity

4.2 サイクリック引張試験

サイクリック引張試験における, 引張速度 50mm/min, MD 方向の応力-時間, ひずみ-時間の関係を Fig.4 に示す.

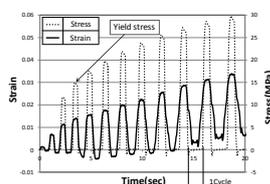


Fig.4 Stress-strain in cycle tensile test in MD

Fig.4 の場合 4 サイクル目で圧縮のひずみが生じたので降伏応力は 15MPa とした. 引張速度 50mm/min の各方向 3 本ずつ試験を行った結果は MD 方向で 14MPa, TD 方向で 13MPa だった. この値をラミネートフィルムの降伏点と仮定し, 引張試験における 50mm/min の応力-ひずみ線図から求めたヤング率は MD 方向で 3.46GPa, TD 方向で 1.10GPa だった.

5 引張解析

引張試験片をモデル化し, 実験結果との比較を行った. 試験片の解析モデルを Fig.5 に示す. 本解析では引張試験から得た材料特性の精度確認とメッシュサイズを変更した時の解析結果との比較を行った. 解析モデルは Shell 要素, メッシュサイズは 0.3,

0.7mm とし, 応力とひずみの関係は式(1)の Swift と式(2)の Ludwick を使用した. 材料モデルを作成する際に使用した供試材は MD 方向, 引張速度は 50mm/min とした. 両式のパラメータの値を Table2 に示す. 解析ソフトは PAM-STAMP 2G を使用した.

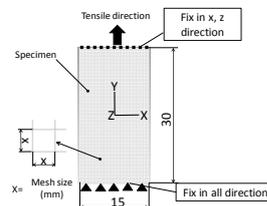


Fig.5 Analysis model

$$\sigma = F(\epsilon_0 + \epsilon_p)^n \quad \dots (1)$$

$$\sigma = A + F(\epsilon_p)^n \quad \dots (2)$$

Table2 Parameters of material model

	Swift	Ludwick
F(MPa)	116	111
n	0.296	0.39
ϵ_0	0.004	
A(MPa)		14

5.1 解析結果

実験結果と解析結果の真応力-真ひずみ線図を Fig.6 に示す. 解析結果の真応力-真ひずみ線図は解析モデル中心部の 1 要素の真応力, 真ひずみの値を用いた. メッシュサイズを 0.7 から 0.3mm に変更した解析結果は, ほぼ等しかったので, Fig.6 にはメッシュサイズ 0.7mm の解析結果を示す. Swift と Ludwick の式を使用した解析結果はどちらも実験結果と近い結果を得られる事がわかった.

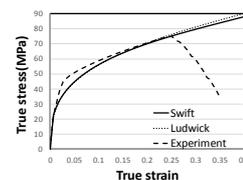


Fig.6 Comparison of true stress-true strain curves between experiment and analysis

6 結言

- 1) 引張強さは引張速度が上がるにつれて増加しその後, 変化は少なくなった. 変化が少なくなった領域での平均値は MD で 64MPa, TD で 68MPa である事がわかった. 引張強さ時の伸びは引張速度 200mm/min 以上でほぼ一定となりその領域での平均値は MD で 61%, TD で 52%だった.
- 2) 引張解析を行った結果, 本報告でのメッシュサイズの範囲は解析結果の変化は少なく, Swift と Ludwick の式を使用した解析結果はどちらも実験結果と良く一致した.

参考文献

- 1) 藤田貴大ほか: 日本設計工学会, H26 年度春季研究発表講演会, (2014 年), 43-44