

自動車電池用ラミネートフィルムの高速引張特性に関する研究

日大生産工(院) ○永井 優希 日大生産工 高橋 進

日大生産工 鈴木 康介

1. 緒言

近年、自動車業界では電気自動車の開発が進められており、政府が 2050 年カーボンニュートラルの一環として、2030 年半ばに純ガソリン車の新車販売の禁止を検討していることから、電気自動車の技術開発が急務である。電気自動車の課題として航続距離が挙げられ、バッテリーに使用されているリチウムイオン電池の大容量化と軽量化が求められている。バッテリーのセル形状は従来の円筒型から角型ラミネートに変更され、その特徴は表面積が大きく冷却性能向上による長寿命化、薄くて軽い構造であるためレイアウトの自由度が高いことである。しかし、ラミネートを使用したセルのプレス成形において、鋼板のプレス成形では発生しない角部でのしわが見られ、その対策を検討する必要がある。そこで本研究ではラミネートフィルムをプレス成形した際に発生する成形不良を FEM 解析で予測することを目的とする。

本報告では基礎的な研究として、FEM 解析で成形不良を予測するために必要である正確な材料の引張特性の測定方法を検討したので報告する。

2. 引張試験

2.1 試験装置

本研究の試験では引張速度が低速域 1mm/s から高速域 100mm/s と幅広い速度で試験を行うため 2 つの試験機を使用する。低速域では万能材料試験機(島津製作所製, AG-X-100kN)、高速域ではサーボプレス機(アマダプレスシステム社製, SDE-2025 2000kN)を使用する。各試験機を Fig.1, Fig.2 に示す。



Fig.1 低速用引張試験装置 Fig.2 高速用引張試験装置

2.2 試験片

自動車バッテリーケース用のアルミラミネートフィルムを使用し、ロール状フィルムから長さ 120mm、幅 25mm に切り出して試験片とする。厚さは 0.147mm である。フィルムは PP、アルミニウム合金、Nylon、PET の 4 層構造となっており、それぞれの厚さは 0.08, 0.04, 0.015, 0.012mm である。試験片の形状と寸法を Fig.3 に示す。評点間距離は 20mm とし、試験片の端から

30mm はチャック取り付け部分である。

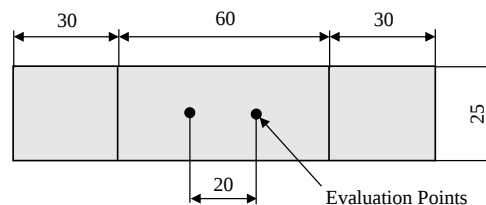


Fig.3 Test Pieces

2.3 試験方法

引張試験は、1, 5, 15, 50, 100mm/s の速度で行った。フィルム用のチャック(島津製作所社製, ねじ式平面つかみ具-1kN)で試験片を挟み、試験機のクロスヘッドを垂直方向に上昇させて引張試験を行った。荷重の測定は、万能材料試験機ではロードセル(島津製作所社製, SLBL-500N)、サーボプレス機では引張圧縮両用小型ロードセル(共和電業社製, LUX-B-ID-500N)を使用した。速度域によって試験機とロードセルが異なるが、引張速度 15mm/s の試験結果を比較したところ、同様の結果が得られたことから整合性があるとした。また、試験機のクロスヘッドの変位が 25mm に達すると設定した速度になることを考慮し、試験片を約 25mm たわませた状態から試験を行った。

2.4 ひずみ計測方法

試験片が良く伸びる材料であることから、ひずみゲージを使用した測定はできない。そのため、評点の移動を高解像度高速度カメラ(nac 社製, MX-5)で撮影し、画像解析ソフト(Keyence 社製, VW-9000)で 2 点間距離を測定し、ひずみを導出した。また、評点マークを張り付けて試験を行った場合、剥がれる可能性が高いため試験片に油性ペンで直接評点を書いた。評点の直径は 0.6, 0.8, 1mm の 3 種類とし、マイクロスコープ(MicroLinks 社製, UM10)で大きさの確認をした。

3. 試験結果

各引張速度において、3 種類の評点径(0.6, 0.8, 1mm)の引張試験を 3 回ずつ行い、試験結果より得られたデータをもとに応力ひずみ線図を導出した。引張速度 15mm/s において、3 種類の評点径による違いを比較した応力ひずみ線図を Fig.4, ひずみと時間の関係を Fig.5 に示す。Fig.4, Fig.5 は各評点径を比較するためにグラフ線をずらして表示している。応力ひずみ線図から評点径による違いを見出すことは困難であるが、ひずみと時間の関係を示した Fig.5 ではひずみの値に上下のばらつきがあり、評点の大きさによって上下のばらつきの数や大きさの違いが見て取れる。それを定量的に評価する必要がある。

試験片に評点を直接書き込んでいることにより試験片の伸びとともに評点が楕円状に伸ばされる。Fig.6 に

試験前後の評点の形状変化を示す。そのため、解析時に評点内で追尾点が左右に移動することがある。特に、引張方向とは逆方向に移動した際は前の数値よりも低い値が出ることがある。その数値をエラーとして検出し、引張開始から試験片が破断するまでのデータ数に対するエラー数の割合で適切な評点径について検討した。各引張速度、各評点径におけるデータ数とエラー数の関係を Fig.7 に示す。データ数に対するエラー数の割合は 15mm/s と 100mm/s の 2 つの引張速度において評点径 0.6mm が最も小さい結果となった。総合的に見て適切な評点径は 0.6mm であると判断した。

評点径 0.6mm の 3 回分の応力ひずみ線図を Fig.8 に示す。複数回試験を行い、同様の結果が得られたことから試験結果に再現性があることが確認できた。次に、すべての引張速度における応力ひずみ線図を Fig.9 に示す。引張速度の上昇とともに応力が上昇し、本材料の引張特性には速度依存性があることがわかった。

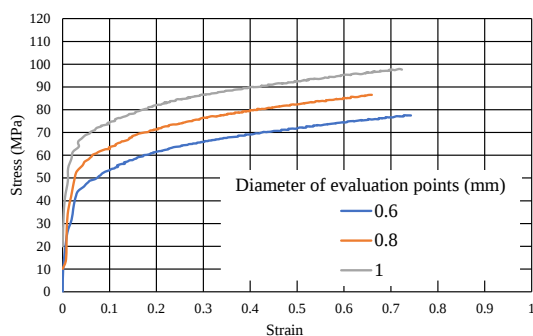


Fig.4 Stress-strain curves at tensile speed 15mm/s

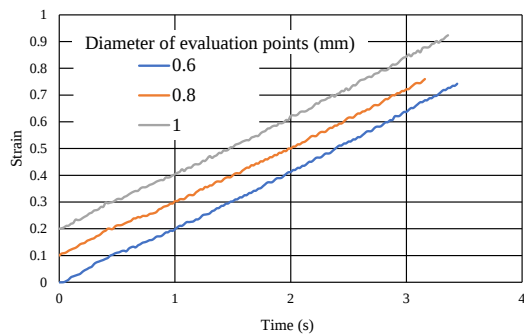


Fig.5 Strain-time curves at tensile speed 15mm/s

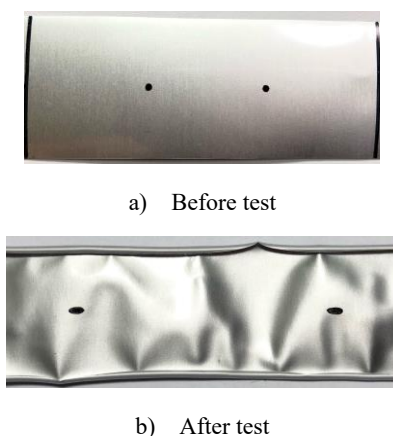


Fig.6 Gauge marks before and after tensile test

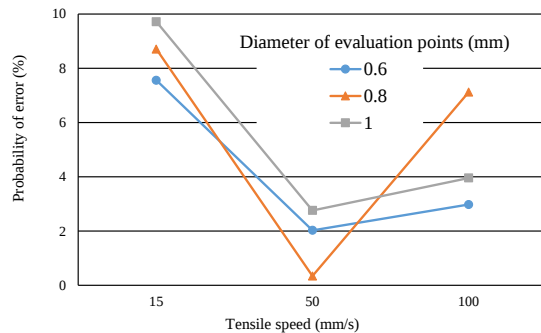


Fig.7 Probability of error

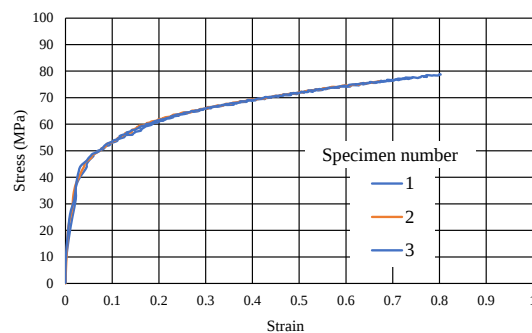


Fig.8 Stress-strain curves with diameter of evaluation points 0.6mm at tensile speed 15mm/s

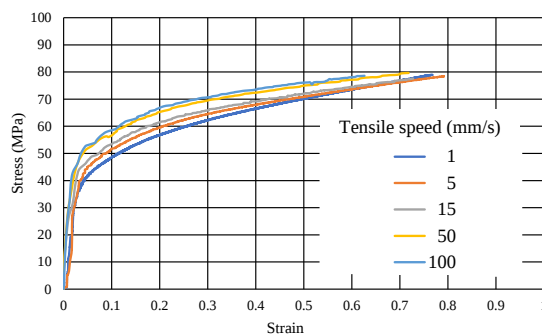


Fig.9 Stress-strain curves with diameter of evaluation points 0.6mm at different tensile speed

4. 結言

ラミネートフィルムのプレス成形の FEM 解析に必要な特性を得るために引張試験を行い、以下の結論を得た。

- 1) 引張試験における評点径は 0.6mm が適切である。
- 2) 引張速度が速くなると強度が向上することがわかった。FEM 解析をする際に、各要素の成形時のひずみ速度によって、応力とひずみの関係を変化させることにより解析の高精度化が期待できる。
- 3) 試験片に評点を書き込むと試験片の伸びとともに評点が伸ばされるため、試験片が伸びても剥がれずに大きさが変わらない評点を検討する必要がある。