

## 自動車電池用ラミネートフィルムの高速摩擦特性に関する研究

日大生産工(院) ○塚本 一輝

日大生産工 高橋 進 鈴木 康介

## 1. 緒言

地球温暖化が国際的に問題視されており、その対策が求められている。また、化石燃料の枯渇に対応するために、省エネルギーとともに太陽光や風力発電などの再生可能なエネルギー源へのシフトが本格的に検討されている。そのため、自動車メーカーでは電気自動車の開発が進められている。電気自動車の動力源としてリチウムイオン2次電池（バッテリーセル）が搭載されている。それをパッケージする外装材にラミネートフィルムが用いられている。ラミネートフィルムはパッケージされる前にプレス成形を行うが、成形のノウハウが少ないために、成形中に鋼板では発生しない欠陥が出現している。この欠陥を金型製作前やプレス成形前に予測するために FEM 解析の適用が期待されている。この解析には、ラミネートフィルムの摩擦特性と引張特性が必要となる。

そこで本研究では、自動車用バッテリーセルのラミネートフィルムと金型間の成形速度での摩擦特性を金型への荷重を変化させて計測したので報告する。

## 2. 試験方法

## 2.1 実験装置

摩擦試験には、株式会社アマダプレスシステムのサーボプレス機（アマダプレスシステム社 SDE-2025 2000 [kN]）を使用した。このプレス機に摩擦試験治具を取り付け、実験を行った。通常の方法試験機では、最大のクロスヘッド速度が約 15mm/s でラミネートフィルムの成形速度より遅い。成形速度での試験のために、プレススライドの速度と位置を任意に制御可能なサーボプレスを動力として使用した。本サーボプレス機ではスライドの速度を 5 から 500mm/s まで設定可能である。

## 2.2 試験片

供試材にはバッテリーセルに使われている 4 層構造のラミネートフィルムを使用した。その断面図を Fig.2-1 に示す。PET, Nylon, アルミニウム合金および PP の厚さはそれぞれ、12, 13, 36, 80[μm]で全体の厚さ

は 141[μm]ある。

試験片はバッテリーセルに使われているラミネートフィルムのロール材から成形方向に対して直角方向に切断して使用した。試験片の引抜き長さを充分にとるために、この切り出した試験片を 2 枚使用しそれらの端同士を溶着させた。溶接後の試験片の寸法は試験片図とした。

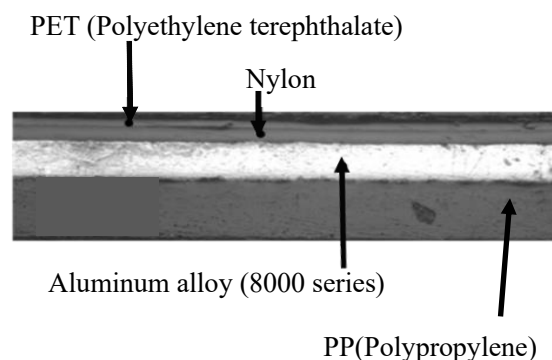


Fig.2-1 Materials for each layer of laminate film

## 2.3 摩擦試験治具

荷重を付加した金型間に挟まれた試験片を引き抜いて、摩擦を計測する摩擦試験治具を Fig.2-2 に示す。試験治具はサーボプレス機（アマダプレスシステム社 SDE-2025 2000 [kN]）に固定して使用する。スライドにフィルム専用チャック（ねじ式平面つかみ具）で試験片の上端を挟み、スライドの上昇とともに試験片が引っ張られて、金型とフィルムの間で摩擦が発生する。その時の引張荷重をチャックに取り付けたロードセル（共和電業社 LUX-B-ID-500N）で計測する。摩擦係数の面圧依存性を検討するために上部のボルトを回すことで容易に圧縮荷重を変化させることができる。金型に付加された荷重を計測するために上金型の上にロードセル（共和電業社 LMA-A-500N-P）を設置した。

## 2.4 試験方法

Fig.2-3 の試験の概要が示すように、試験機のチャックが上昇し、ラミネートフィルムが引き抜かれる。その際、摩擦試験治具の金型とラミネートフィルム間で

摩擦が発生する。そのときの引抜力をチャックに取り付けられたロードセルで、ラミネートフィルムに付加した荷重を金型に取り付けられたロードセルで測定する。



Fig.2-2 Friction test jig

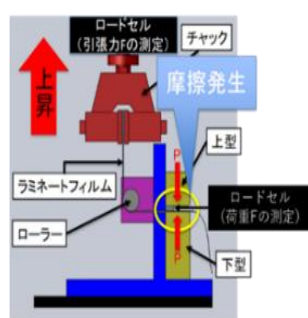


Fig.2-3 Schematic view of friction test

## 2.5 摩擦係数の導出方法

Fig.2-3 に示すロードセルで測定した引抜力  $F$  と荷重  $P$  を下式に代入して摩擦係数を導出する。

$$\mu(\text{摩擦係数}) = \frac{F(\text{引抜力})[\text{N}]}{2P(\text{荷重})[\text{N}]} \quad \dots (1)$$

## 3. 結果及び考察

### 3.1 試験条件

摩擦試験の試験条件を Table 3-1 に示す。それぞれの条件で 3 回試験を行なった。ラミネートフィルムを引き抜く距離を引き抜き長さとし、平均摩擦係数を導出する区間を評価長さとした。スライドが停止した時点で金型が挟み込む距離を考慮し評価距離を 115[mm]とした。

Table 3-1 Conditions of friction test

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| Test speed [mm/s]      | 15, 50, 100 |
| Load [N]               | 5, 20, 50   |
| Drawing length [mm]    | 175         |
| Evaluation length [mm] | 115         |

### 3.2 結果および考察

Fig. 3-1 に試験速度 100mm/s、荷重 20N の時の摩擦係数とストロークの関係を示す。この条件では摩擦係数が約 0.3 で安定した計測結果になっていることがわかる。他の条件でも安定した摩擦係数の計測ができた。

引張速度が 15, 50, 100mm/s の時の荷重に対しての摩擦係数を Fig. 3-2 に示す。

図より、すべての引張速度において、荷重が増加す

ると摩擦係数は減少する傾向がみられた。100mm/s の場合およそ 0.4 から 0.2 まで摩擦係数が減少している。これは荷重が増加すると金型にラミネートフィルムの凹凸が押しつぶされ金型との接触面積が大きくなり、面の圧上昇率が減少するため摩擦係数が減少したと考えられる。

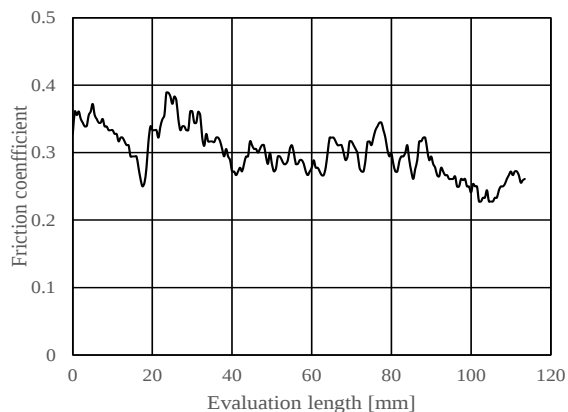


Fig.3-1 Friction coefficient at drawing speed 100mm/s and load 20N

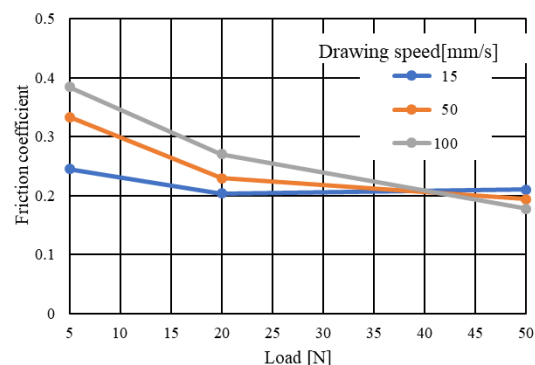


Fig.3-2 Relationship between friction coefficient and load with different drawing speed

## 4. 結言

- 1) 全ての実験条件で評価長さの摩擦係数が安定して計測できた。
- 2) 摩擦係数は引張速度に関係なく、荷重が増加するに伴って減少する傾向がみられた。
- 3) 引抜き速度が大きくなると、荷重の増加に対する摩擦の減少力が大きくなった。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、株式会社アマダプレスシステム様にプレス機を使用させていただきました。厚く御礼を申し上げ、感謝いたします。