

熱可塑性エラストマー(TPE)の発泡射出成形

●はじめに

熱可塑性エラストマーTPEは、従来の架橋ゴムに比べて省力化やリサイクル性の点で優位性があり、様々な用途展開が図られている。一例として、TPEを発泡させるとTPEの優れた特性を保ちつつ軽く強靱で柔軟な成形体が得られることから、クッション材、シール材、パット材、緩衝材、衝撃吸収材、制振材、吸音材などへの利用が期待される。TPEの発泡成形は主に押出発泡やビーズ発泡で行われ、使用される発泡剤は、押出法では化学発泡剤、ビーズ法では物理発泡剤が主として用いられる。一方、最近注目されている超臨界流体を用いた発泡射出成形はTPEEを除き、あまり事例がない。

そこで、各種の市販TPE（4種類5サンプル）について超臨界発泡射出成形を試みた。

●使用装置

- ①射出成型機…JSW社製電動射出成型機J110AD-180H(型締力110ton), ②超臨界流体発生装置…トレクセル社製MuCell® T-100J, ③コアバック式平板金型(□150, コアバック可動部2mm→10mm), ④材料試験機…インストロン社製万能試験機Model-5966, ⑤粘弾性測定装置…サーモフィッシャーサイエンティフィック社製HAAKE MARSIII, ⑥走査電子顕微鏡…日本電子社製JSM-6510LA

●使用材料

| 分類(略称) | 商品名(メーカー) | ハードセグメント | ソフトセグメント | ポリマー構造 |
|-------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|---------|
| エステル系(TPEE) | ペルブレンP-40B " P-40BFM | PBT結晶相 (Tm:225℃) | ポリエーテル (PTMG) | マルチブロック |
| オレフィン系(TPO) | エクセリンク3700 (JSR) | PP結晶相 (Tm165℃) | EPDM, EPR | 高分子多相系 |
| ウレタン系(TPU) | ミラクトランE180 (日本ミラクトラン) | MDI/1,4-BD (Tm120~160℃) | ポリエステル (アジベート) | マルチブロック |
| スチレン系(TPS) | セプトンS2002 (クラレ) | PSガラス相 (Tg: 100℃) | 水添IR | トリブロック |

●実験結果

| TPE | 射出成形温度(シリンダ/金型) | コアバック条件(mm) | 成形体外観 | 発泡セル径(μm) | 25%圧縮応力(kPa) | 50%圧縮応力(kPa) | 圧縮永久ひずみ(%) |
|--------|-----------------|-------------|-------|-----------|--------------|--------------|------------|
| TPEE-1 | 180℃/40℃ | 2⇒10 | ○ | 100~500 | 29.3 | 96 | 13 |
| TPEE-2 | " | 2⇒10 | ○ | 100~500 | 35.8 | 101 | 12 |
| TPO | 220℃/60℃ | 2⇒6 | △ | 30~200 | - | - | 36 |
| TPU | 190℃/40℃ | 2⇒8 | △~× | 400~500 | 79.3 | 325 | 23 |
| TPS | 220℃/30℃ | 2⇒6 | △ | - | - | - | 73 |

注) ①発泡剤…窒素, ②成形体外観…成形後の形状(寸法, 表面平滑性)を目視評価, ③発泡セル径…断面SEM写真より求めた概算, ④圧縮試験…試験片:50×50×10, 測定温度:23℃(JIS K6400-2参考), ⑤圧縮永久ひずみ…試験片:50×50×10, 圧縮率:75%, 測定条件:23℃×22h(JIS K6400-4参考), ⑥粘弾性測定…φ20パラレルプレート, ギャップ1mm, ひずみ0.1, 測定温度:各材料の成形温度, 周波数掃引(100rad/s→0.1rad/s)

●まとめ

●発泡成形性

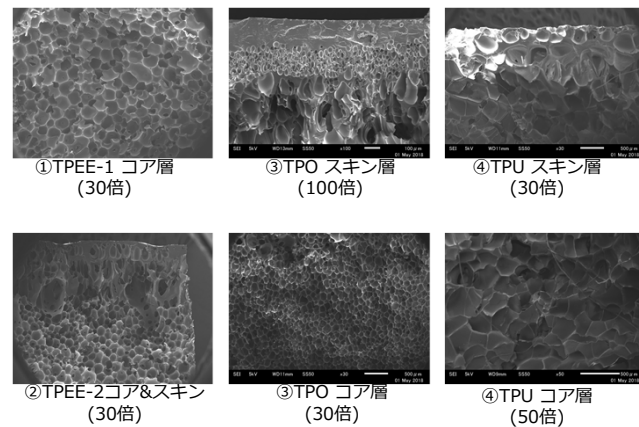
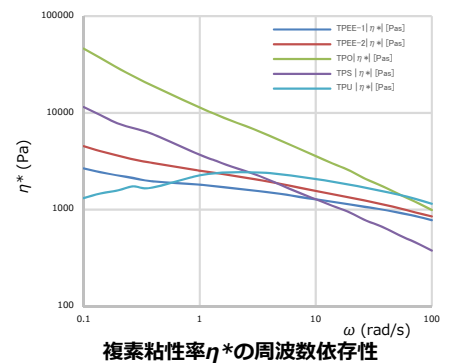
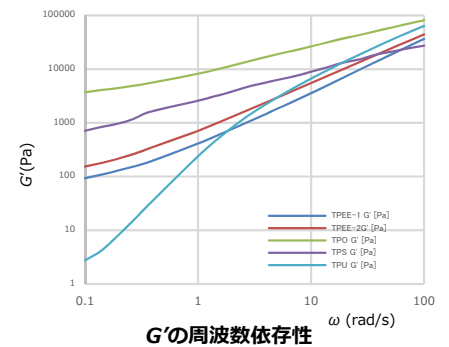
- TPEEは金型上限の5倍発泡(コアバック2⇒10mm)まで安定した形状の発泡成形体が得られた。
- TPUは5倍発泡させると脱型時に大きな収縮がみられたため、4倍発泡させたサンプルを採取。
- TPOおよびTPSは、3倍発泡が上限でそれ以上コアバックさせると内部に大きな空洞が生じ、成形体の形状が崩れた。これらは3倍発泡までは比較的良好な形状を保っていた。

●断面SEM観察

- 断面をSEM観察したところ、TPO発泡体の表面付近にはセルが観察されない厚さ100~200μmのスキン層があり、内部に向かってセル径30~50μm程度の微細セル層、厚み方向に延伸された大きなセルが存在する層、比較的均一に発泡したコア層(セル径100~300μm)の順で観察された。
- TPEE発泡体は非発泡のスキン層は確認されず、表層付近までセルが観察された。セル膜の破れが多数観察された。
- 粘弾性測定の結果、低周波数におけるG'、η*はTPO>TPS>TPEE>TPUの順で高い値となった。成形体形状が良好であったTPEEはTPO、TPSに比べてη*の周波数依存性が低かった。TPUはG'が低周波数側で大きく低下し、η*も周波数の変化に対して最大値を持つような特異な傾向を示した。

TPE発泡成形の動向

| TPE種 | プロセス | 化学発泡 | 物理発泡 | 動向 |
|------|--------|------|------|-------------------------------------|
| TPS | 押出、プレス | ● | | Tgを室温付近にコントロール。室温制振性を付与、化学架橋で発泡体成形。 |
| TPO | 押出 | ● | | 非架橋タイプで均一な発泡が可能 |
| TPU | 押出、ビーズ | ● | ● | ビーズ発泡粒子として既に実用化 |
| TPEE | 押出、射出 | | ● | 超臨界発泡の事例(押出、射出) |



断面SEM写真