

CF/PPS 複合材料の摩擦摩耗特性に及ぼすアニーリング処理の影響

Influence of Post Annealing on the Friction and Wear Properties of CF/PPS Composites

工学院大・工(正)*森野 麻衣子 (非)川合 優作 (非)古谷 泰基 (正)西谷 要介

Maiko Morino, Yusaku Kawaai, Taiki Furuya, Yosuke Nishitani

Kogakuin University

1. 緒言

高強度・高弾性率・高耐熱性などの優れた物性を有するスーパーエンジニアリングプラスチック（スーパーエンブラ）は、高荷重・高温環境・真空環境などの厳しい条件下における機械しゅう動部材（トライボマテリアル）として利用されている。スーパーエンブラに分類されるポリフェニレンサルファイド（PPS）は、スーパーエンブラの性質を有しながら、他のスーパーエンブラよりも安価なことから、近年生産量も増えており、第6のエンジニアリングプラスチック（エンブラ）とも呼ばれ、注目を集めている。PPSは各種フィラーや強化繊維に対する安定性に優れ、比較的多く充填できる特徴を有するため、トライボマテリアルのマトリックス樹脂として多用されている。著者らの研究室でも、これまでに炭素繊維（CF）強化をはじめとした各種PPS複合材料のトライボロジーの性質について検討してきた。特に、CFに表面処理を施すことにより室温下における機械的性質および耐摩耗性を改質できることを明らかにした²⁾。一方で、PPSは結晶化速度が比較的遅いため、射出成形の金型内では十分に結晶を成長させることができず、寸法安定性や本来有する各種物性を発揮できないことがあるため、アニーリング処理を施すことが一般的に知られている³⁾。しかしながら、CF強化PPS複合材料の摩擦摩耗特性に及ぼすアニーリング処理の影響については不明な点が多く、厳しい要求に応えつつ、用途拡大を目指すためには、これらを明らかにする必要がある。本研究では、炭素繊維（CF）強化ポリフェニレンサルファイド（PPS）複合材料の更なる高性能化を目的に、CF強化PPS複合材料の摩擦摩耗特性に及ぼすアニーリング処理の影響について実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験方法

本研究では、母材としてポリフェニレンサルファイド（PPS, DIC（株）, FZ-2100）を用い、強化繊維として炭素繊維（CF, 帝人（株）, Tenax-J IMC702, 初期繊維長 $L=6$ mm, 繊維径 $\phi=11$ μm ）を用いた。CFはウレタン系サイジング剤処理が施されている市販品であり、充填量 V_f は20 vol.%一定とした。CF/PPS複合材料の成形は、密閉した樹脂容器内でドライブレンドした後、二軸押出機（（株）日本製鋼所, TEX30HSS）による熔融混練（シリンダ温度：300 $^{\circ}\text{C}$, スクリュー回転数：85 rpm）および射出成形機（日精樹脂工業（株）, NEX30IV-2EG）を用いた射出成形（シリンダ温度：300 $^{\circ}\text{C}$, 射出率：2.5 cm^3/s , 金型温度：130 $^{\circ}\text{C}$ ）により成形した。射出成形後の試験片については、アニーリング処理（200 $^{\circ}\text{C} \times 3\text{h}$ ）も施した。物性評価として、引張り試験およびすべり摩耗試験を実施した。引張り特性はダンベル型試験片を用い、万能型材料試験機（（株）東洋精機製作所, ストログラフ V10-C）により測定した。測定はJIS K7161準拠し、クロスヘッド速度は50 mm/min, チャック間距離35 mm, 室温下にて測定した。すべり摩耗試験は、リングオンプレート型すべり摩耗試験機（ORIENTEC（株）, EFM-III-EN）を用いて、一定荷重（ $P=100$ N）, 一定速度（ $v=0.5$ m/s）および室温環境下において実施し、すべり距離 L は3000 mとした。また、相手材として機械構造用炭素鋼（S45C）を用いた。摩耗量は、レーザーマイクロスコープ（（株）キーエンス, VK-X200）を用いた断面プロファイル法にて測定した。

3. 実験結果および考察

CF強化PPS（CF/PPS）複合材料の摩擦摩耗特性に及ぼすアニーリング処理の影響について論じる。Figure1にアニーリング処理を施したCF/PPS複合材料の引張り特性を示す。ただし、Fig. 1(a)に引張り強さ σ_t , Fig. 1(b)に引張り弾性率 E_t , およびFig. 1(c)に引張り破断伸び ϵ_t を示す。CF/PPS複合材料の σ_t は、CFを充填することにより上昇する。アニーリング処理による影響としては、PPSおよびCF/PPS複合材料ともに σ_t は上昇するものの、CF/PPS複合材料のほうがより上昇率が高いことがわかる。Fig. 1(b)に示す E_t は基本的には σ_t と同様な傾向を示す。Fig. 1(c)に示す ϵ_t はCFを充填することにより低下し、アニーリング処理によっては若干上昇するものの、大きな変化は認められない。次に、Fig. 2にアニーリング処理を施したCF/PPS複合材料の摩擦摩耗特性を示す。ただし、Fig. 2(a)に摩擦係数 μ , およびFig. 2(b)に比摩耗量 V_s を示す。各材料の μ はすべり距離 $L=2000 \sim 3000$ m区間における平均値より算出した。PPSにCFを充填することで μ は低下することがわかる。また、PPS単体（100%）の μ はアニーリング処理を施すことにより若干上昇するのに対して、CF/PPS複合材料の μ はアニーリング処理によって低下する。一方、Fig. 2(b)に示すCF/PPS複合材料の V_s については、CF充填効果により低下する。また、アニーリング処理を施すことによりPPS単体およびCF/PPS複合材料の V_s は低下する。これらの結果より、引張り特性および摩擦摩耗特性において、アニーリング処理効果が得ることがわかる。これらは、結晶化度などの複合材料の内部構造が変化するため、またそれに伴い摩擦摩耗モードが変

化するためと考えられる。

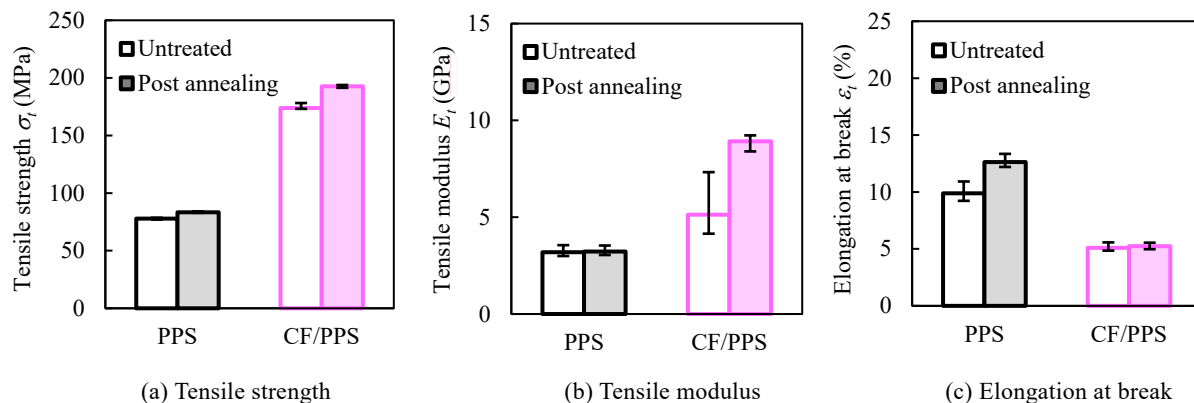


Fig. 1 Influence of post annealing on the tensile properties of CF/PPS composites:

(a) Tensile strength, (b) Tensile modulus and (c) Elongation at break.

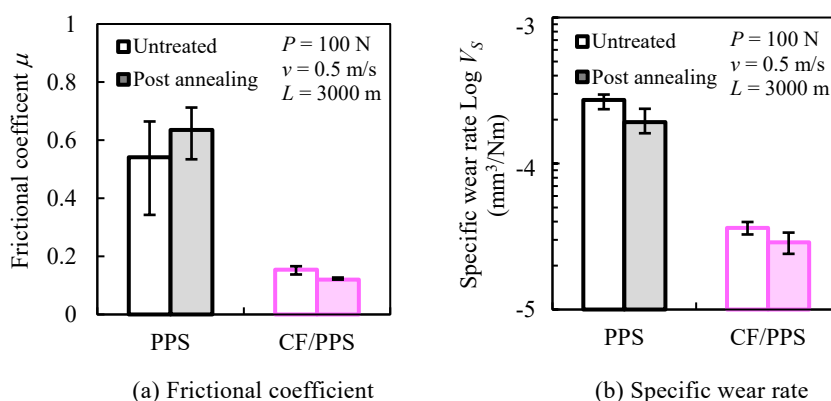


Fig. 2 Influence of post annealing on the friction and wear properties of CF/PPS composites:

(a) Frictional coefficient and (b) Specific wear rate.

4. 結言

本研究では、炭素繊維 (CF) 強化ポリフェニレンサルファイド (PPS) 複合材料の更なる高性能化を目的に、CF 強化 PPS (CF/PPS) 複合材料の摩擦摩耗特性に及ぼすアニーリング処理の影響について実験的に検討した結果、アニーリング処理を施すことにより、CF/PPS 複合材料の引張り強さおよび弾性率は上昇し、摩擦係数および比摩耗量は低下することがわかった。

文献

- 1) S. Bahadur & C. Sunkara: Effect of transfer film structure, composition and bonding on the tribological behavior of polyphenylene sulfide filled with nano particles of TiO₂, ZnO, CuO and SiC, *Wear*, 258, 9 (2005) 1411.
- 2) 森野・川合・西谷：種々の温度における炭素繊維強化 PPS 複合材料のトライボロジー的性質，第 36 回高分子加工技術討論会，17 (2024).
- 3) N.L. Batista, P. Olivier, G. Bernhart, M.C. Rezende & E.C. Botelho: Correlation between degree of crystallinity, morphology and mechanical properties of PPS/carbon fiber laminates, *Materials Research*, 19, 1 (2016) 195.