

転がり摩耗に対する PPS の物性と添加剤の影響

Effect of Properties of PPS and Additives on Rolling Wear

DIC(株) (非) *高橋良尚, (正) 黒川隆平, (非) 松尾信吾, (非) 森耕太郎, (非) 倉田地人, (非) 岡田恭幸

Yoshihisa Takahashi*, Ryuhei Kurokawa*, Shingo Matsuo*, Kotaro Mori*, Kunito Kurata*, Takayuki Okada*

*DIC corporation

1. はじめに

ポリフェニレンサルファイド (PPS) 樹脂は、ベンゼンと硫黄の繰り返し構造からなる結晶性の熱可塑性樹脂である。融点は約 280 °C、連続使用温度 200~240 °C と高い耐熱性を有し、フッ素樹脂に次ぐ耐薬品性を持つため、様々な溶剤、オイルや水の存在下でも使用できる。また、広い温度範囲で良好な機械強度、クリープ特性、寸法安定性や電気特性を示す他、自己消火性を持つため難燃剤を使用せず高い難燃性 (UL94 V-0) を示す等、多くの優れた特性を有する。これらの特性を活かして、軸受、ギヤに代表されるような摺動材料のマトリックス樹脂として用いられている。近年、金属が使用できない薬液中で使用可能な樹脂製ベアリングの需要が高まっている。PPS 樹脂製ベアリングはその優れた耐薬品性から、めっき装置や半導体製造装置で使用されているが、摩耗が大きく寿命が短いという課題がある。ベアリングの摩耗形態である転がり摩耗について、樹脂材料ではこれまでに PPS 樹脂の水中での転がり摩耗について調査した研究¹⁾や、ポリエーテルエーテルケトン樹脂等で繊維強化材の転がり摩耗への影響を調査した研究²⁾はあるものの、PPS 樹脂の物性についての言及はなかった。本研究では、転がり摩耗に対して PPS 樹脂の物性が与える影響について調査した結果を報告する。

2. 実験方法

本研究では、PPS 樹脂の重合条件を調整しつつ、重合後に高温で架橋処理を施すことで分子量、架橋度が異なる複数の PPS 樹脂を合成した。PPS 樹脂の物性として、分子量、およびフローテスターによる粘度を評価した。これらの PPS 樹脂をスクリー径 30 mm の二軸押出機で熔融混練 (シリンダー温度 320 °C、スクリー回転数 200 rpm) した後、射出成形機で成形 (シリンダー温度 310 °C、金型温度 140 °C) することでシート状、またはダンベル状の成形品を得た。材料の物性は引張特性を評価した。転がり摩耗試験は、円状に 11 個の凹みを有するジルコニア製の土台に直径 3.2 mm のジルコニア製の球を配置した試験治具を製作し、これにシート状の PPS 樹脂成形品を押し付けて鈴木式摺動試験機にて一方を回転させることで実施した。試験条件として、押付荷重 20 N、回転数 300 rpm、ちょう度 0 のリチウムグリス塗布下にて実施した。摩耗量は試験片の重量変化を測定し、マイクロスコープを用いて摩耗痕を観察した。

3. 結果および考察

本研究で用いた PPS 樹脂の物性取得結果を Table 1 に示す。

Table. 1 Physical properties of PPS

	PPS A	PPS B	PPS C	PPS D
Molecular weight	Low	Middle	High	High
Cross linking treatment	-	-	-	✓
Viscosity	Low	Middle	High	Very high
Tensile strength, MPa	86	85	84	86
Tensile elongation, %	4	34	40	68

PPS A、PPS B、PPS C は重合条件を調整することで分子量を変化させた PPS 樹脂である。なお、PPS A、PPS B は主に射出成形に、PPS C は射出成形と押出成形に用いられている。分子量の増加に伴い、引張破断伸びの増加を確認した。PPS D は PPS C を基に架橋処理を施した開発品である。架橋処理によって粘度が増加するだけでなく、引張破断伸びも増加した。PPS C と PPS D の応力-ひずみ曲線を Fig. 1 に示す。架橋処理前の PPS C は降伏後に大きく応力が低下したのに対し、架橋処理した PPS D は降伏後の応力低下が抑えられ、ひずみ硬化性を有していた。これは、架橋することで分子鎖間の結びつきが強くなった結果と考えられる。

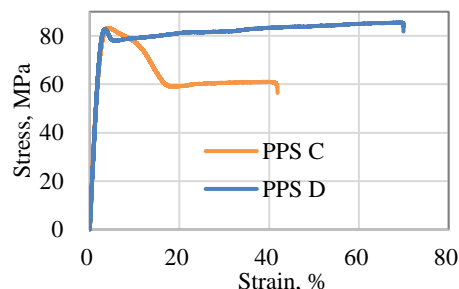


Fig. 1 Stress-strain curve

これらの PPS 樹脂を用いて転がり摩耗試験を実施した。転がり試験治具の写真を Fig. 2 に、PPS B の試験片の表面状態を観察した結果を Fig. 3 に示す。時間経過とともに $100\ \mu\text{m}$ 程度の複数の凹みが PPS 樹脂の摺動面に生じ、やがて摺動面全体を覆う形で摩耗が進行した。これは、球で加圧されることによる繰り返し疲労によって PPS 樹脂材料内部から剥離していると考えられ、本研究で構築した試験系で転がり摩耗を評価できることが分かった。次に、各種 PPS 樹脂の摩耗量の経時変化を Fig. 4 に示す。分子量と摩耗には明確な相関が見られ、5 mg の摩耗量に達するまでの回数は低分子量の PPS A と高分子量の PPS C の間では 6 倍以上の開きがあった。架橋処理を施した PPS D は、50 万回時点ですでにほとんど摩耗しておらず、耐久性が高いことが示唆された。



Fig. 2 Testing fixture

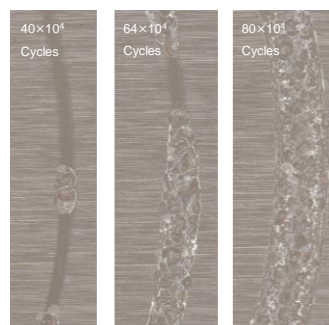


Fig. 3 Surface after testing

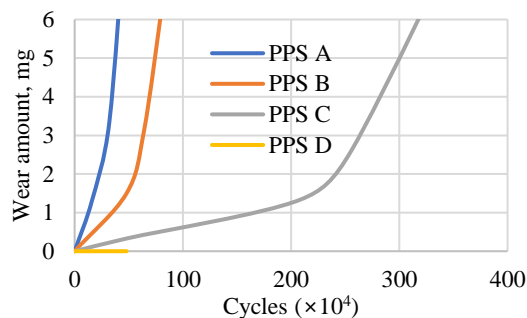


Fig. 4 Rolling wear amount

4. 結言

本研究では、PPS 樹脂製ベアリングの高耐久化を目指し、転がり摩耗に対して PPS 樹脂の物性が与える影響を調査した。転がり摩耗における摩耗量は PPS 樹脂の引張破断伸びと相関があり、それは PPS 樹脂の分子量と架橋度に大きく依存することが分かった。高分子量かつ高架橋の PPS 樹脂開発品は、樹脂ベアリング材料として有望である。

文献

- 1) A. Almajid & K. Friedrich: Rolling Contact Fatigue of Various Unfilled and Fiber Reinforced Polymers, AIP Conf. Proc., 1400, 1 (2012) 503.
- 2) S. Kajiware & K. Kida: Effect of Number of Cycles on Thin Film of PPS Thrust Bearings Under Rolling Contact Fatigue in Water, Springer Proc. Phys., 296 (2023) 45.