

炭素繊維添加 PEEK の繊維破断による摩擦特性への影響

Friction induced fractur of carbon fiber in PEEK

兵庫県大・工（学）*荒砂心愛 兵庫県大・工（正）松本直浩

兵庫県大・工（正）田中芹奈 兵庫県大・工（正）木之下博

Kokoa Arasuna*, Naohiro Matsumoto*, Serina Tanaka*, Hiroshi Kinoshita*

*University of Hyogo

1. 研究背景

近年、機械部品を軽量で成形が容易であるなどの利点より、金属材料から樹脂材料へ転換する取り組みが展開されている。この取り組みの課題として、樹脂材料の機械特性、摩擦特性、耐熱性の強化が挙げられる。樹脂材料の特性向上のために強化繊維が用いられる。摩擦応用を考えた場合、表面の摩擦により強化繊維の破断が生じる。本研究では耐熱性の高い炭素繊維添加 PEEK 樹脂に対して、炭素繊維の破断による摩擦特性への影響を調査した。

2. 実験方法

炭素繊維を添加することで PEEK 樹脂の耐摩耗性が向上し、本研究では摩擦時間経過における繊維破断と、摩擦係数・摩耗体積の測定、表面観察を行った。これにより、摩擦過程で PEEK 樹脂中の炭素繊維の破断などの挙動と、荷重などの摩擦条件が摩擦特性に与える影響を調べた。

PEEK 樹脂に炭素繊維を 30mass% 添加したものと添加していないものを試料とし、直径 2mm の SUS304 球を用いて、往復摺動摩擦試験を行った。試料は表面粗さが $Sa=0.2 \mu\text{m}$ 以下になるように研磨フィルムを用いて研磨を行った。摩擦条件として、空気中無潤滑で摺動回数は最大 80,000 回、荷重を 1, 3N とした。摩擦力はひずみゲージを用いて測定し、摩耗体積はレーザー顕微鏡を用いて測定した。

3. 試験結果

3. 1 摩擦係数

1N 荷重試験では炭素繊維添加前は摺動回数 50000 回以前で不安定な挙動となる箇所が見られたが、炭素繊維を添加することで推移が安定して減少傾向になると同時に、摩擦係数の値が全体的に低下した。これは荷重を上げた試験でも同様の傾向が見られ、炭素繊維添加前は摺動回数 40000 回以降で不安定な挙動が見られたが炭素繊維添加により安定して低い値の摩擦係数が見られた。

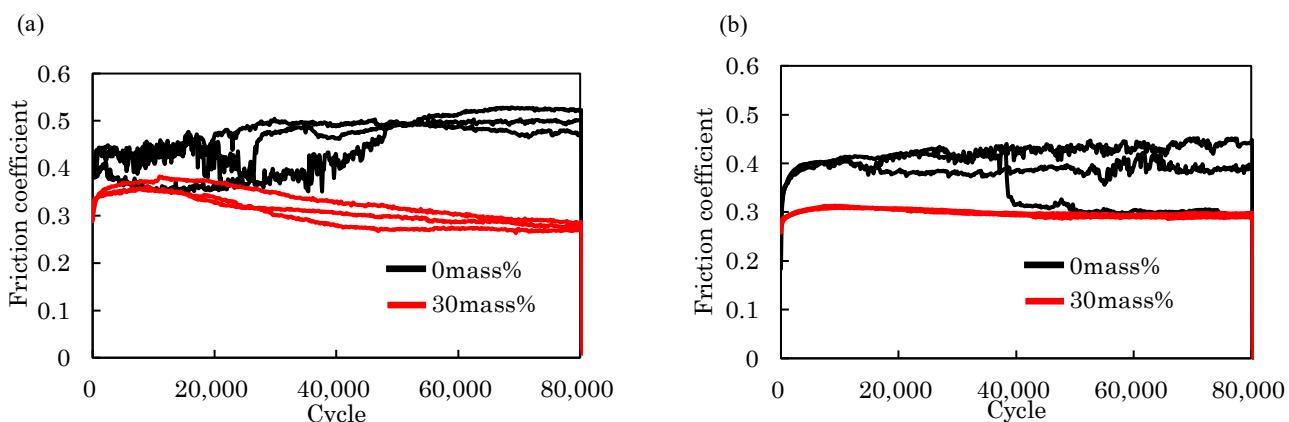


Fig. 1 Coefficient of friction at (a) 1N and (b) 3N

3. 2 摩耗体積

1N 試験では、炭素繊維の有無にかかわらず摺動回数 20000 回以降で摩耗体積の上昇が見られなかった。摺動回数 80000 回の試験で摩耗体積を比較すると、炭素繊維を添加した方が 7 割の低減効果が見られた。

3N 試験では、1N 試験とは異なり炭素繊維の有無にかかわらず摩耗体積は上昇し続けた。摺動回数 80000 回の試験で摩耗体積を比較すると、炭素繊維を添加した方が 8 割の低減効果が見られた。1 往復を 5mm とし、比摩耗量を測定したところ、0mass% 基盤を使用した 1N 荷重試験では摺動回数 20000 回付近で大幅に高い数値が確認された。0mass% 基盤で荷重を上げると、比摩耗量も 20000 回付近の試験以外高い数値を示すことから、荷重を上げると摩耗が促進しやすくなることがわかった。一方で炭素繊維を添加したときの比摩耗量は 1N 荷重試験の 20000 回付近で少し推移が不安定であるものの、荷重による大きな差は見られない。

3. 3 炭素繊維形状

1N の荷重で摺動回数 80000 回の試験を行った後表面を観察すると、炭素繊維が脱落した箇所が見られた。一方で、荷重を上げた際の試験では脱落した炭素繊維の発見頻度が低下した代わりに、炭素繊維が細かく碎ける現象が多く確認された。摩耗痕の一部分で炭素繊維の長さを調べたところ、試験前に確認されていた炭素繊維の位置と試験後の位置で大きく変わらないものの、比較的短い炭素繊維の数が 2 倍ほどに増えており、試験前に確認されていた長い炭素繊維が見られなくなっていた。また、試験前に確認されていた短い炭素繊維があった箇所から試験後少し長い炭素繊維が見られたが、短い炭素繊維が試験後見られなくなることは稀であった。

4. 考察

摩擦界面に炭素繊維が存在することで球と PEEK 樹脂の直接接触を抑制され、摩擦係数が低下し安定したと考える。摺動回数が進むにつれて摩耗も進行し面圧が下がったことで摩擦係数も徐々に低下した。

PEEK 樹脂よりも強度のある炭素繊維が摩擦界面に存在することで樹脂との直接接触が抑制され、摩耗の進行を遅らせたと考える。

1N 試験で炭素繊維が脱落したのは樹脂が摩耗したことにより埋まっていた炭素繊維が支えきれなかったためと考える。一方 3N 試験で炭素繊維の脱落が 1N 試験よりも見られなかつたのは荷重が上がったことで押し込まれて抜けにくかったからと考える。高荷重試験で炭素繊維が細かく割れたことで炭素繊維の接触点が増え、荷重が分散し、比摩耗量が 1N 試験と変わらない程度に耐摩耗性が向上したと考える。試験後で炭素繊維が見られなくなることがなかったことと表面に露出する炭素繊維の太さに差が生じる場合があることから、PEEK 樹脂が摩耗するにつれて炭素繊維も徐々に削れるが強度は炭素繊維の方が高いことから炭素繊維が表面に堆積していくと考える。つまり樹脂内に埋まっていた炭素繊維が摩耗により露出する量が脱落、摩耗する量より多いと考える。

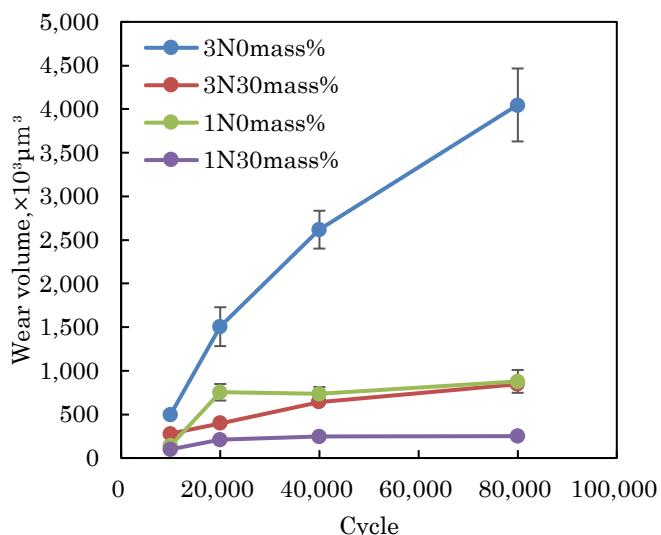


Fig. 2 Wear volume

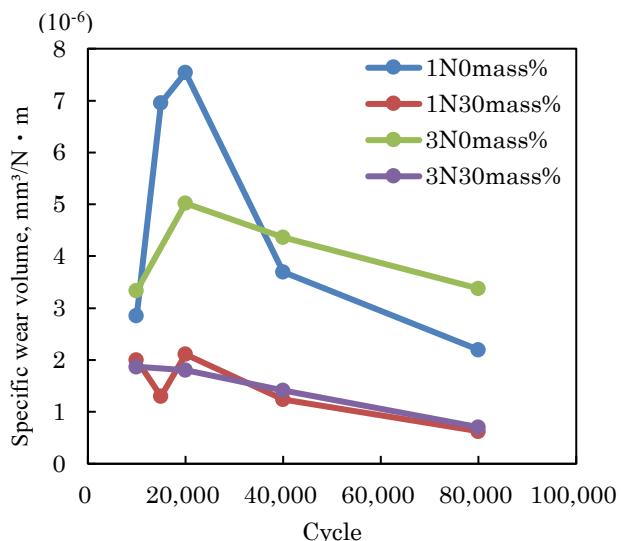


Fig. 3 Specific wear volume

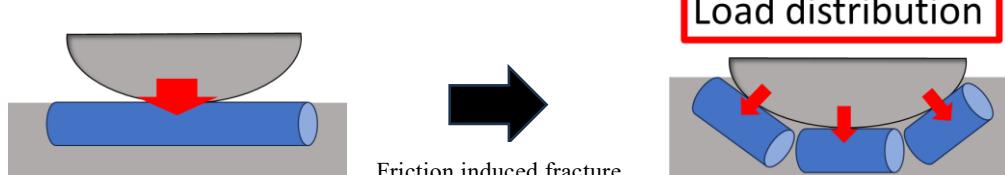


Fig. 4 Differences in contact surfaces when carbon fibers were fractured

5. まとめ

炭素繊維が摩擦界面に存在することで樹脂と球の直接接触が抑制され摩擦係数が低下、安定し、耐摩耗性が上昇することが分かった。高荷重試験で炭素繊維が破断することで球との接触が増え、耐摩耗性がさらに向上したと考えられる。炭素繊維は PEEK 樹脂よりも摩耗しにくいことから、表面に堆積していくと考えられる。

謝辞

本研究の PEEK 樹脂サンプルは、ポリプラ・エボニック株式会社より提供いただいた。