

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-49-84-87>

ОЦЕНКА ЗАДИРОСТОЙКОСТИ ИСХОДНОГО И МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА В ПАРЕ СО СТАЛЬЮ ПРИ СМАЗКЕ

Бирюков В.П., Горюнов Я.А.

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук,
Москва, Россия*

Ключевые слова: стойкость к заеданию, давление заедания, скорость скольжения, полифенилсульфид, полимер, микрорезание.

Аннотация. Данная работа посвящена оценке задиростойкости и морфологии поверхностей трения образцов исходного и модифицированного полиамидом полифенилсульфида в паре со стальным контробразцом. Испытания проводились на машине трения с вертикальной осью вращения по схеме: «торец стальной втулки контробразца – плоская поверхность образца полимера, композита» при смазке гидравлическим маслом. Усилие нагружения и скорость скольжения изменяли ступенчато от минимальных к максимальным значениям. Результаты испытаний показали, что образцы исходного полифенилсульфида имеют наибольшую стойкость к заеданию, чем образцы модифицированного полифенилсульфида. Основным механизмом изнашивания было микрорезание.

EVALUATION OF SCOURING RESISTANCE OF ORIGINAL AND MODIFIED POLYPHENYLENE SULFIDE IN PAIR WITH STEEL DURING LUBRICATION

Biryukov V.P., Goryunov Ya.A.

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

Keywords: jamming resistance, jamming pressure, sliding speed, polyphenyl sulfide, polymer, microcutting.

Abstract. This work is devoted to the assessment of the abrasion resistance and morphology of the friction surfaces of samples of the initial and modified polyamide polyphenyl sulfide paired with a steel countersample. The tests were carried out on a friction machine with a vertical axis of rotation according to the scheme: "the end of the steel sleeve of the counter sample is a flat surface of a polymer or composite sample" when lubricated with hydraulic oil. The loading force and sliding speed varied stepwise from minimum to maximum values. The test results showed that the samples of the original polyphenols sulfide have the highest resistance to jamming than the samples of the modified polyphenols sulfide. The main mechanism of wear was micro-cutting.

Полимеры и композиты с полимерной матрицей нашли широкое применение в различных областях промышленности. В ряду специальных инженерных полимеров полифенилсульфид (ПФС) привлек значительный интерес инженеров и исследователей из разных отраслей промышленности благодаря повышенной термостойкостью, хорошей адгезией к металлам, низкому коэффициенту трению, стойкостью к различным агрессивным средам и высокой совместимостью с фторуглеродными полимерами. В исследовании [1] было изучено, как добавление 0-9 мас. % бентонитовой глины (БГ) влияет

на износостойкость ПФС, армированного 30 мас. % стекловолокном (СВ). Трибологические испытания выполнялись на установке, которая реализует схему трения «палец – диск» при нагрузке 20-60 Н, скорости скольжения 2,04-9,23 м/с в течение 20-80 минут. Пальчиковый образец имел диаметр 10 и высоту 40 мм. Диск, изготовленный из стали 41MoCr11 (55-58 HRC), имел диаметр 300 и толщину 12 мм. Путь трения составил 33 км. При увеличении скорости скольжения было замечено увеличение глубины лунок износа образцов. Минимальная глубина лунки износа 112 мкм при нагрузке 60 Н наблюдалась у образцов с содержанием 3 мас. % БГ, что в 3,76 раз меньше, чем у образцов из исходного ПФС 422 мкм.

В качестве матрицы для изготовления образцов [2] был выбран композит из полифенилсульфида, армированный 30 мас. % углеволокном диаметром 7 мкм и длиной 8 мм (ПФС+30%УВ) и наполнителей: порошкообразного политетрафторэтилена (ПФС+30%УВ+ПТФЭ), перфторалкоксииалкана (ПФС+30%УВ+ПФА) и волокна ПТФЭ длиной 6 мм (ПФС+30%УВ+ПТФЭв). Трибологические испытания выполнялись по схеме: «колодка (композит) – ролик (сталь)» при нагрузке 100-300 Н, частота вращения ролика 100-200 мин⁻¹ в течение 2 часов. Перед началом эксперимента образующая поверхность ролика была обработана наждачной бумагой марки 800 для обеспечения равномерного контакта между колодкой и роликом. По завершении испытаний получено, что наименьший коэффициент трения 0,10 наблюдался у образцов ПФС+30%УВ+ПФА, что в 1,4 и 2,6 раз ниже, чем у образцов ПФС+30%УВ+ПТФЭв 0,14 и ПФС+30%УВ+ПТФЭ 0,26, соответственно. Минимальная скорость изнашивания $1,4 \cdot 10^{-4}$ мм³/с также получена у образцов ПФС+30%УВ+ПФА, что в 1,42 раза меньше, чем у образцов ПФС+30%УВ+ПТФЭв $2 \cdot 10^{-4}$ мм³/с. Отмечено, что при максимальной нагрузке образцы ПФС+30%УВ+ПТФЭ показывали наибольшую скорость изнашивания $7,5 \cdot 10^{-4}$ мм³/с. Установлено, что композиты ПФС+30%УВ+ПФА обеспечивали наименьшую скорость изнашивания и пониженный коэффициент трения в сравнении с образцами ПФС+30%УВ+ПТФЭ и ПФС+30%УВ+ПТФЭв.

В работе [3] были изучены трибологические свойства образцов из ПФС, армированного 30 мас. % углеродным волокном (УВ) диаметром 5 мм и высотой 18 мм. Для сравнения были изготовлены пальчиковые образцы из графита, пропитанного сурьмой (ГПС). Испытания для определения трибологических характеристик проводились по схеме: «палец – диск» при 100-250 Н, частоте вращения диска 300 мин⁻¹ в течение 50 минут. Диск диаметром 34 мм и высотой 10 мм был изготовлен из стали 4Cr13. По результатам испытаний самый низкий коэффициент трения 0,06 при нагрузке 200 Н был замечен у образцов ГПС, что на 40% ниже, чем у образцов ПФС 0,1. Однако, в условиях сухого трения коэффициент трения образцов ГПС 0,2 оказался в 1,3 раза больше, чем у образцов ПФС 0,15.

Целью нашей работы являлось определение зависимости давления заедания исходного и модифицированного полифенилсульфида при различных скоростях скольжения в условиях смазки гидравлическим маслом МГЕ-10а.

Образцы диаметром 25 мм и высотой 15 мм были изготовлены из исходного (ZX530) и модифицированного (ZX530EL63) полифенилсульфида. Машина трения была оснащена шпинделем с вертикальной осью вращения. Трибологические испытания проводились по схеме: «торец стальной втулки – плоская поверхность образца полимера» в среде гидравлического масла МГЕ-10а. В качестве основных режимов были выбраны давление на поверхность полимерного образца 2,2-10,3 МПа и скорость скольжения стального контробразца 0,09-1,0 м/с. Давление и скорость скольжения изменялись ступенчато, увеличиваясь от минимальных до максимальных значений.

На рисунке 1 представлены снимки поверхности трения образцов. Исследование морфологии поверхностей трения полимерных образцов выявило, что основным механизмом изнашивания являлось микрорезание.

На рисунке 2 изображена диаграмма, отображающая связь между критическими давлениями заедания и скоростью скольжения пары трения сталь – полимер. Из представленных данных видно, что стойкость к заеданию у образцов ZX530 была в 1,6-2,3 раза выше, чем у образцов ZX530EL63.

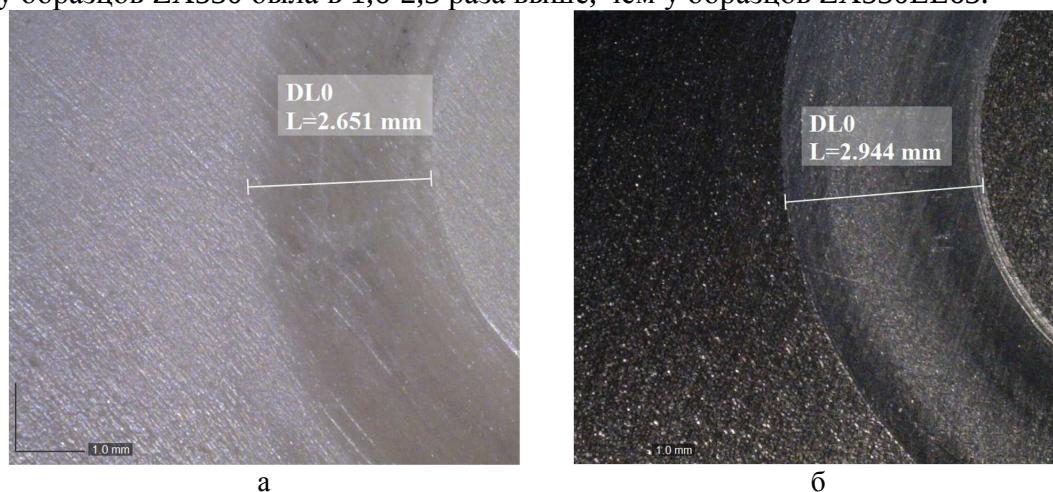


Рис. 1. Снимки поверхности трения образцов: а – ZX530, б – ZX530EL63

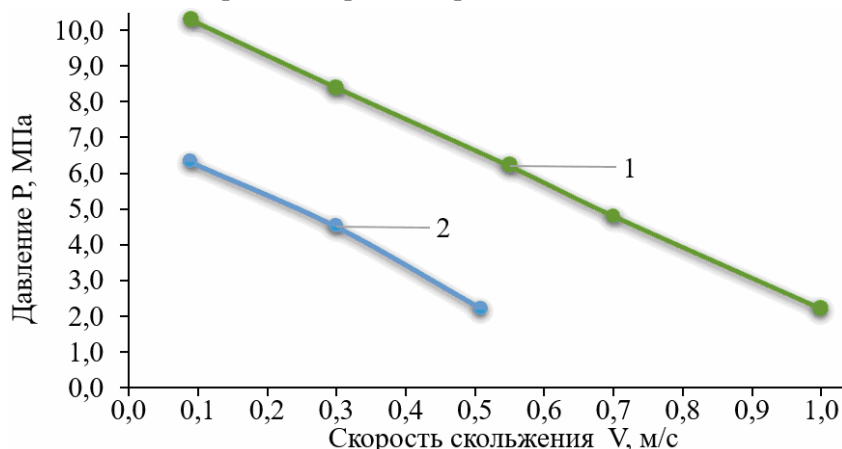


Рис. 2. Зависимость давления заедания пары трения сталь-полимер от скорости скольжения: 1 – ZX530, 2 – ZX530EL63

Выводы

Исследование показало, что образцы ZX530 в сравнении с ZX530EL63 продемонстрировали наибольшую стойкость к заеданию. Установлено, что основным механизмом изнашивания являлось микрорезание.

Список литературы / References

1. Bhanavase V., Jogi B., Dama Y. Wear behavior study of glass fiber and organic clay reinforced poly-phenylene-sulfide (PPS) composites material // Metal Working and Material Science. 2025, vol. 27, pp. 203-217. doi.org/10.17212/1994-6309-2025-27.1-203-217.
2. Qiu X., Luo B., Gu A., Tang W., Xie M., Tang S., Yu Z. Tribological properties of perfluoropolymer fiber filled carbon fiber/polyphenylene sulfide composites: Effect of in-situ fibrillated fiber or split fiber // Polymer Composites. 2025, vol. 46, pp. 679-691. doi.org/10.1002/pc.29016.
3. Meng G., Han S., Cheng M., Zhou X., Tao L. Experimental study on friction and wear of sliding bearing materials for automobile electronic water pump // Journal of Physics: Conference Series. 2025, vol. 3080, p. 012008. doi.org/10.1088/1742-6596/3080/1/012008.

Бирюков Владимир Павлович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Biryukov Vladimir Pavlovich – candidate of technical sciences, leading researcher
Горюнов Ярослав Алексеевич – младший научный сотрудник laser-52@yandex.ru	Goryunov Yaroslav Alekseevich – junior researcher

Received 11.09.2025