

## ПОЛИМЕРНЫЕ АНТИФРИКЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ: ИХ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

*Паламарчук А.А., Панов Ю.Т.*

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия*

**Ключевые слова:** полимеры, композиционные материалы, трение, износ, антифрикционные материалы, эпоксидная смола.

**Аннотация.** Трение и износ создают серьезные проблемы в различных отраслях промышленности, включая аэрокосмическую, автомобильную и производственную отрасли. Поиск долговечных материалов с низким коэффициентом трения побудил исследователей изучить новые решения в области материалов, такие как полимерные антифрикционные покрытия. Эти материалы широко используются в различных отраслях промышленности, включая автомобильную, аэрокосмическую и обрабатывающую промышленность.

## POLYMER ANTIFRICTION COMPOSITE MATERIALS BASED ON EPOXY RESIN: THEIR PROPERTIES AND APPLICATION

*Palamarchuk A.A., Panov Yu.T.*

*Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia*

**Keywords:** polymers, composite materials, friction, wear, antifriction materials, epoxy resin.

**Abstract.** Friction and wear pose significant problems in a variety of industries, including aerospace, automotive and manufacturing. The search for durable, low-friction materials has led researchers to explore new material solutions such as polymer antifriction coatings. These materials are widely used in various industries including automotive, aerospace and manufacturing.

Полимерные антифрикционные композиционные материалы играют важную роль в современной промышленности, обеспечивая низкое трение и износ в самых разных механизмах. Эти материалы, имеющие полимерную матрицу, обладают низким коэффициентом трения и химической стойкостью, что делает их идеальным выбором для различных узлов, где трение и износ являются проблемой. Полимерные антифрикционные композиционные материалы на основе эпоксидной смолы являются одними из наиболее эффективных и широко применяемых материалов в различных областях промышленности. Благодаря своим уникальным свойствам, они обеспечивают низкое трение и износ, а также отличную химическую стойкость [1].

Полимерные антифрикционные композиционные материалы на основе эпоксидной смолы обычно состоят из сшитой матрицы с наполнителями или добавками, специально разработанными для улучшения их антифрикционных и износостойких свойств. Обычно наполнители включают фторопласт, дисульфид молибдена и графит в различных аллотропных модификациях, таких как графен и углеродные нанотрубки. Эти частицы не только улучшают

теплопроводность, но и создают пути для миграции смазки, снижая коэффициенты трения и уменьшая износ [2].

Структуру покрытий на основе эпоксидных смол можно дополнительно оптимизировать путем изменения условий отверждения, распределения частиц по размерам и топографии поверхности. Например, наноразмерные наполнители могут образовывать высоконаполненный поверхностный слой, который сводит к минимуму шероховатость поверхности и увеличивает контактное давление, что приводит к снижению коэффициента трения. Также есть разработки микроструктурированных поверхностей, состоящих из массива столбиков или сфер, которые могут образовывать впадины, пропитанные маслом, что повышает эффективность смазывания трущихся поверхностей.

Полимерные антифрикционные композиционные материалы на основе эпоксидной смолы обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными антифрикционными материалами. Материалы на основе эпоксидной смолы имеют низкие коэффициенты трения, обычно в диапазоне от 0,05 до 0,2, что уменьшает усилие, необходимое для преодоления сил трения. Это приводит к плавному, без скачков, движению, снижению шума и уменьшенному тепловыделению.

Эпоксидная смола химически стойка, устойчива к коррозии и не подвержена влиянию влаги, что делает ее идеальным материалом для использования в сложных климатических условиях. Её устойчивость к агрессивным средам обеспечивает минимальную деградацию и сохраняет свои смазочные свойства в течение длительного периода времени [3].

Долговечность является еще одним важным аспектом эпоксидной смолы. Она обладает высокой степенью стабильности и сохраняет свои свойства на протяжении длительного времени. Благодаря этому, изделия, изготовленные из эпоксидной смолы, обладают долгим сроком службы и сохраняют свою функциональность на протяжении длительного времени. Эпоксидная смола может производиться из возобновляемых ресурсов, таких как эпоксины растительного происхождения, что делает ее более экологически чистой альтернативой традиционным синтетическим материалам.

Уникальное сочетание свойств полимерных антифрикционных композиционных материалов на основе эпоксидной смолы делает их пригодными для различных узлов и механизмов. Материалы на основе эпоксидной смолы находят широкое применение в деталях транспортных средств, таких как вкладыши двигателя, компоненты трансмиссии и подшипники ступиц колес. Их низкий коэффициент трения минимизирует расход топлива, снижая выбросы и воздействие на окружающую среду.

Антифрикционные материалы на основе эпоксидной смолы используются в станках, робототехнике и текстильном оборудовании, где они сокращают затраты на техническое обслуживание, время простоя и потери

энергии. Они также улучшают качество обработки поверхности и продлевают срок службы инструмента при металлообработке [4].

Несмотря на многочисленные преимущества, полимерные антифрикционные материалы на основе эпоксидной смолы обладают определёнными недостатками. Изготовление композитов на основе эпоксидной смолы часто включает в себя сложные процедуры, такие как ручная укладка, вакуумная упаковка или трансфертное формование смолы. Разработка более простых методов обработки может расширить их доступность и расширить возможности применения.

Также существуют проблемы с вторичной переработкой композитов на основе эпоксидной смолы. Эпоксидную смолу можно перерабатывать для вторичного использования, но этот процесс сложный и дорогостоящий. Улучшение возможности вторичной переработки будет соответствовать целям устойчивого развития и уменьшит проблемы, связанные с управлением отходами [5].

Полимерные антифрикционные материалы на основе эпоксидной смолы представляют собой перспективный класс современных материалов, обладающих превосходными трибологическими характеристиками, долговечностью и адаптируемостью в различных отраслях промышленности. Благодаря увеличению инвестиций в исследования и разработки, а также сотрудничеству между различными научными школами, промышленностью и государственным сектором полимерные антифрикционные композиционные материалы на основе эпоксидных смол могут сыграть решающую роль в создании более эффективных, экологически чистых и инновационных технологий для будущих поколений [6].

### **Список литературы**

1. Терентьев В.Ф. Триботехническое материаловедение. – Красноярск: Материаловедение, 2003. – 103 с.
2. Кохановский В.А., Больших И.В., Новиков Е.С. Антифрикционные композиционные покрытия с эпоксидной матрицей // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). – 2016. – №1. – С. 21-25.
3. Погосян А.К. Трение и износ наполненных полимерных материалов. – М.: Наука, 1977. – 138 с.
4. Богодухов С.И., Козик Е.С. Материаловедение: учебник для вузов Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2013. – 534 с.
5. Савчук П.П., Южнов Ю.М., Александров Т.Б. Разработка антифрикционных композиционных материалов на основе эпоксидных смол, неорганических и органических наполнителей для динамически нагруженных узлов трения: уч. пособие: Основы триботехники. – М.: МАДИ, 1999. – 143 с.
6. Пилиповский Ю.Л., Грудина Т.В., Сапожникова А.Б. Композиционные материалы в машиностроении. – Киев: Тэхника, 1990. – 141 с.

### References

1. Terentyev V.F. Tribotechnical materials science. – Krasnoyarsk: Materials Science, 2003. – 103 p.
2. Kokhanovsky V.A., Bolshikh I.V., Novikov E.S. Antifriction composite coatings with an epoxy matrix // Bulletin of the Rostov State Transport University (RGUPS). 2016, no. 1, pp. 21-25.
3. Pogosyan A.K. Friction and wear of filled polymer materials. – M.: Science, 1977. – 138 p.
4. Bogodukhov S.I., Kozik E.S. Materials science: textbook for universities. – Stary Oskol: Subtle science-intensive technologies, 2013. – 534 p.
5. Savchuk P.P., Yuzhnov Yu.M., Aleksandrov T.B. Development of antifriction composite materials based on epoxy resins, inorganic and organic fillers for dynamically loaded friction units: textbook: Fundamentals of tribology. – M.: MADI, 1999. – 143 p.
6. Pilipovsky Yu.L., Grudina T.V., Sapozhnikova A.B. Composite materials in mechanical engineering. – Kyiv: Tekhnika, 1990. – 141 p.

<b>Паламарчук Александр Андреевич</b> – аспирант	<b>Palamarchuk Alexander Andreevich</b> – graduate student
<b>Панов Юрий Терентьевич</b> – доктор технических наук, профессор flashlight_on@mail.ru	<b>Panov Yuri Terentieevich</b> – doctor of technical sciences, professor

*Received 20.09.2023*