



**ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЯ**

АЛМАТАЕВ НОЗИМБЕК ТОЖИБОЙ УГЛИ

Андижанский машиностроительный институт, докторант кафедры
“Инженерия машиностроения”.

E-mail: nozim almataev@mail.ru.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7294023>

Ключевые слова:

ультразвук, обработка, полимер, композит, наполнитель, свойство, прочность, триботехника, изнашивание, коэффициент трения.

Как известно, для повышения технологических и эксплуатационных свойств полимерных композитов применяют различные методы физической обработки, в том числе и ультразвук [1,2]. Эффективные методы обработки увеличивается материалов существенно улучшают их коэффициент трения и интенсивность изнашивания в зависимости вида материалов [3,4,5]. Целью данной работы является исследования и анализ коэффициента трения и интенсивности изнашивания композиционных эпоксидных и полипропиленовых материалов, обработанных ультразвуком [6].

Экспериментально установлено, что оптимальным значением продолжительности обработки ультразвуком эпоксидных композитов, наполненных фосфогипсом составляет 30-35 мин., с графитом она равна 20-25 мин. При этом коэффициент трения эпоксидных композитов наполненных фосфогипсом снижается 0,27 - 0,22, а с графитом 0,27 - 0,21 [7,8,9]. Дальнейшее увеличение продолжительности обработки ультразвуком приводит к увеличению интенсивности изнашивания и коэффициента трения эпоксидных покрытий, наполненных различными наполнителями. У эпоксидных композитов, наполненных графитом, каолином и фосфогипсом, с увеличением содержания наполнителя коэффициент трения изменяется экстремально с минимумом (при содержании 30-50 масс.ч.) [10,11,12]. Такой характер изменения коэффициент трения композиционных эпоксидных и полипропиленовых композитов наблюдается при введении металлических наполнителей и их окислов, но при более высоких значениях наполнителей до 150-200 масс. ч. Показано, что с увеличением содержания большинства наполнителей интенсивность



изнашивания эпоксидных композиционных покрытий вначале снижается, затем, пройдя через минимум, увеличивается. Причем положение минимума и его величина зависит от вида наполнителя [13,14,15].

Введение в композиции графита, каолина и сажа вызывает снижение интенсивности изнашивания покрытий, а стекловолокно снижает интенсивность изнашивания эпоксидных покрытий на один порядок. Износостойкость композиционных эпоксидных покрытий уменьшается с увеличением содержания всех наполнителей свыше 40 масс.ч. (кроме фосфогипса и стекловолокна), при этом у покрытий, наполненных графитом, она больше, чем у покрытий без наполнителя [16,17,18,19]. С увеличением содержания металлических наполнителей интенсивность изнашивания композиционных эпоксидных покрытий изменяется экстремально. Например, минимум интенсивности изнашивания наблюдается для окислов металла при 100-150 масс. ч., для медного и железного порошков - 200-300 масс. ч. С повышением их концентрации интенсивность изнашивания увеличиваются. На основе анализа результатов исследования получена корреляционная зависимость интенсивности изнашивания и коэффициента трения наполненных эпоксидных и полипропиленовых композиций от режимов ультразвуковой обработки [20,21,22,23,24].

Зависимость интенсивности изнашивания и коэффициента трения от продолжительности воздействия ультразвукового поля носят, в основном, экстремальный характер. Оптимальное изменение этих свойств наблюдается при длительности обработки 25-35 мин. Дальнейшее увеличение длительности воздействия приводит к ухудшению свойств покрытий [25,26,27,28]. Ультразвуковое воздействие (после твр = 25-30 мин обработки) приводит к снижению интенсивности изнашивания покрытий. При этом для эпоксидных композиционных покрытий максимальное относительное снижение коэффициента трения A_{fmax} составляет $A_{fmax} = 15-20\%$ и относительное снижение интенсивности изнашивания $A_{jmax} = 30-40\%$. Очевидно, такая эффективность ультразвуковой обработки покрытий объясняется повышением реакционной способности полимерной матрицы и наполнителей в ультразвуковом поле. При этом изменение мощности ультразвукового поля оказывает аналогичное воздействие на коэффициент трения и интенсивность изнашивания [29,30]. Анализируя полученные данные можно заключить, что для всех покрытий изменение интенсивности





изнашивания и коэффициента трения коррелируется с изменением адгезионной прочности и микротвердости покрытия (таб.1).

Таблица 1

Свойства композиционных эпоксидных покрытий, подвергнутых ультразвуковой обработке

Состав Композиции	Свойства покрытий	Продолжительность ультразвуковой обработки, мин.				
		0	10	20	30	40
1	2	3	4	5	6	7
ПП+ Фосфогипс	GA, МПа	18	18	20	19	17
	Ауд, Нм	2,70	6,5	7,0	7,5	7,0
	Нм, МПа	150	180	200	230	225
	Gp, МПа	15,5	19	20	23	21

Примечание: Ga - адгезионная прочность, Ауд - ударная прочность, Нм - микро-твердость покрытий, Gf, - разрывная прочность

Ультразвуковое воздействие более эффективно, если эпоксидная композиция наполнена железным порошком и фосфогипсом. Наполнение графитом также дает положительный эффект: где A_{fmax} снижается до 15 % при $A_{jmax}=40\%$, что достигается 30-35 минутной ультразвуковой обработкой [31,32,33,34]. Ультразвуковая обработка эпоксидных композитов дает хорошие результаты при наполнении железным порошком (продолжительности ультразвука твр = 20-25 мин), тальком (твр = 25-30 мин) и графитом (твр = 30-35 мин). Необходимо отметить, что для ненаполненных эпоксидных композитов $A_{jmax} = 80\%$, $A_{fmax} = 32\%$ и для наполненных $A_{j,max} = 50\%$, $A_{fmax} = 20\%$. Это объясняется тем, что наполнители создают определенные ограничения и тем самым снижают эффективность ультразвуковой обработки при больших их содержаниях [35,36].

Увеличение продолжительности воздействия ультразвука более 30-40 мин. приводит к ухудшению свойств полимерных композитов. Это объясняется тем, что при этих режимах в материалах протекают, по-видимому, процессы деструкции, что приводит к снижению физикомеханических свойств полимерных композитов. Улучшение





физико-механических свойств композиционных эпоксидных полимеров после предварительной обработки композиций ультразвуком связано со структурными изменениями в полимере, характером распределения компонентов наполнителей в объеме, изменением величины поверхностного натяжения, вязкости и других физико-химических свойств композиций. Далее, при обработке ультразвуком снижается величина поверхностного натяжения, что улучшает совместимость, взаимную диффузию компонентов, гомогенность наполненных композиций и адгезионное взаимодействие фаз. Улучшение свойств в оптимальных режимах обработки ультразвуком полимерных композитов на основе реактопластов можно объяснить дополнительным структурированием (повышением степени отверждения) и интенсификацией процесса отверждения. Это приводит к ориентации структур, упрочнению полярности полимерных композитов, повышению твердости поверхностных слоев [37,38].

Таким образом, ультразвуковая обработка композиционных эпоксидных и полипропиленовых покрытий снижает коэффициент трения на 15-25%, повышает износостойкость на 25-30% т.е. до 1,5-2,0 раза по сравнению с необработанными покрытиями, а также повышает степень наполнения композиций на 30-55%, в зависимости от вида наполнителя. Триботехнические свойства полимерных покрытий во многом зависят от режима ультразвуковой обработки. После ультразвуковой обработки композиционные материалы и покрытия на их основе отличаются более высокими антифрикционно-износостойкими свойствами за счет улучшения их физико-механических свойств [1,3,7].

Под воздействием оптимального режима ультразвука наблюдается дезагрегатизация частиц наполнителей, уменьшение количества воздушных включений, образуется более однородная структура, равномерная распределения компонентов материала, чистота поверхности.

Литература:

- [1] Алматаев Т. О., Алматаев Н. Т., Мойдинов Д. А. Исследование триботехнических свойств композиционных полимерных материалов в период приработки. //Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №11. С. 242-248. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/27>
- [2] Каримходжаев Н., Алматаев Т.О., Одилов Х.Р. Основные причины, вызывающие износ деталей автотранспортных средств, эксплуатирующихся в различных природноклиматических условиях.





//Universum: Технические науки. Электрон. научн. журн. 2020. № 5(74).

URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9435>

[3] Skotnikova M.A., Krylov N.A. Tsvetkova G.V. Tribological properties of nanostructured diffusion layers of metal coatings. Key Engineering Materials. 2017. T. 721. С. 446450.

[4] Ziyamukhamedova U.A., Bakirov L.Y., Rakhmatov E.A., Bektemirov B.Sh. Structure and properties of heterocomposite polymeric materials and coatings from them obtained by heliotechnological method / International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8, Issue-3S, October 2019

[5] Алматаев Т.О. Исследования триботехнических свойств полимерных материалов в период приработки. //Вестник Курганского государственного университета № 3, 2015, Серия. Технические науки. Выпуск 10. С.93-96.

[6] Mirzakhmedov B.Kh., Almatayev TA., Odilov F.U., Almatayev N.T. Basic Tribotechnical Properties of Modified Composite Polymer Materials. International Journal of Advanced Research in Science//Engineering and Technology. -2018. -Vol. 5. - Issue 5. -С.1953-1957.

[7] Negmatov S.S., Almatayev T.A. Improvement of physico-mechanical properties of thermoreactive and thermoplastic polymeric coverings by physical methods of modification. /IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON TIPS OF POLYMERS (TOP) AND COMPOSITES. Italy 2008 21-24 september, p.67-69.

[8] Алматаев Т. О. Применение сглаживающих сплайнов для автоматизации результатов триботехнических исследований. //Вестник Курганского государственного университета № 2(33) 2014, Серия. Технические науки. Выпуск 9. С.33-35.

[9] Алматаев Т. О. Исследование триботехнических свойств полимерных композитов, обработанных ультразвуком. //Вестник Курганского государственного университета № 2(33) 2014, Серия. Технические науки. Выпуск 9. С.46-51.

[10] Алматаев Т. О., Т.С.Халимджанов. Исследование прочностных свойств полимерных композитов, обработанных ультразвуком //Белорусский государственный университет транспорта. Международный сборник научных трудов. Серия. "Механика". 2014. Выпуск №8. С.34-39.

[11] Алматаев Т. О., И.Сайдалиев, Алматаев Н.Т., Касимов И.С. Разработка и исследования композиционных материалов триботехнического



назначения // Сб. международной научно-практической конференции”
Белорусия, Могилев. 2019-йил, 10-11 октябрь, С. 73-75.

[12] Kayumov, B., & Vokhobov, R. (2019). Amendments to the Design of Cars Based on Test Results. Bulletin of Science and Practice, 5(11), 249-254. (in Russian).

[13] Нурдинов М. и др. БЕЗОПАСНЫЕ ПАРКОВОЧНЫЕ МЕСТА ДЛЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ГРУЗОВИКОВ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНЗИТНЫХ ДОРОГАХ // Models and methods in modern science. – 2022. – Т. 1. – №. 15. – С. 148-157.

[14] Turaev Shoyadbek, Rakhmatov Sukhbatillo. Introduction of innovative management in the system of passenger transportation and automated system of passenger transportation in passenger transportation. Asian Journal of Multidimensional Research. 2022. № 11. P. 34-38. DOI: <https://doi.org/10.5958/2278-4853.2022.00039.8>

[15] Erkinjonov A. et al. OPERATING CONDITIONS OF TRANSPORT VEHICLES // Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences. – 2022. – Т. 1. – №. 4. – С. 32-33.

[16] Mamasoliyev B., Melikuziev A., Sotvoldiyev O. Research of Factors Affecting the Cylinder-Porshen Group Work Process // Texas Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 7. – С. 8-12.

[17] To'yuchiyev X., Soliyev B. Prospects for the use of polymeric materials in machine parts // Asian Journal of Multidimensional Research. – 2022. – Т. 11. – №. 5. – С. 151-156.

[18] Kuchkorov, Isroiljon ANALYSIS OF AVAILABLE PARKING SPACES IN FOREIGN COUNTRIES OF TRANSIT ROADS FOR CARGO TRANSPORTATION BY INTERNATIONAL VEHICLES // ORIENSS. 2022. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-of-available-parking-spaces-in-foreign-countries-of-transit-roads-for-cargo-transportation-by-international-vehicles> (дата обращения: 01.11.2022).

[19] Махкамович Ш. М. и др. Дорожно-транспортный комплекс, и их воздействие на окружающую среду // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – Т. 1. – №. 4. – С. 689-696.

[20] Беккулов Б. Р., Собиров Х. А., Рахманкулов Т. Б. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВО ДЛЯ СУШКИ ШАЛА // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2020. – С. 429-438.





- [21] Рахмонов Х. Н., Исмаилов С. Т., Амиржонов А. А. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ НОВОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПЕРЕДАТОЧНОГО МЕХАНИЗМА С СИММЕТРИЧНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ЦЕНТРОВ ВРАЩЕНИЯ ВЕДУЩИХ И ВЕДОМЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЕГО МОДИФИКАЦИИ //Universum: технические науки. – 2021. – №. 4-1 (85). – С. 56-59.
- [22] Nozimbek A. et al. IMPROVEMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLASTIC PARTS USED IN MACHINE BUILDING //Universum: технические науки. – 2021. – №. 3-4 (84). – С. 52-55.
- [23] Nozimbek A., Kongratbay S., Khasanboy T. MANUFACTURE OF AUTOMOTIVE PLASTIC PARTS UNDER PRESSURE AND THE FACTORS AFFECTING IT //Universum: технические науки. – 2021. – №. 3-4 (84). – С. 56-59.
- [24] Odilov X. R. O. G. L. Analyze the efficiency of alternative fuels //Science and Education. – 2022. – Т. 3. – №. 6. – С. 419-425.
- [25] Рузиматов М. А. У., Маҳмудов Ш. Ф. У. УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН) //Universum: технические науки. – 2021. – №. 5-1 (86). – С. 20-22.
- [26] Жумаев О. А. и др. Задачи разработки и проектирования оптоэлектронных преобразователей для газомерных установок //Вестник Курганского государственного университета. – 2015. – №. 3 (37). – С. 113-116.
- [27] Азимов Р. К. и др. Морфологический метод структурного проектирования оптоэлектронных преобразователей на основе полых и волоконных световодов (ОЭГТВС) //Современные материалы, техника и технологии в машиностроении». III Международная научно-практическая конференция. – 2016. – С. 15-19.
- [28] Kholmatov U. THE POSSIBILITY OF APPLYING THE THEORY OF ADAPTIVE IDENTIFICATION TO AUTOMATE MULTI-CONNECTED OBJECTS //The American Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 4. – №. 03. – С. 31-38.
- [29] Kholmatov U. Intelligent discrete systems for monitoring and control of the parameters of technological processes on the basis of fiber and hollow fiber // Monograph. – 2022. – С. 5-114.
- [30] Rahmonov X., Odilov X. Organization of quality transport service //Asian Journal of Multidimensional Research. – 2022. – Т. 11. – №. 5. – С. 289-293.



- [31] Erkinjonov A. et al. ORGANIZATION OF CARGO TRANSPORTATION //Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences. – 2022. – Т. 1. – №. 4. – С. 34-37.
- [32] Bakirov L. et al. GUARANTEE SAFE MOVEMENT BY DESIGNING DRIVER'S WORK MODE THROUGH VEHICLE KEY IN ORGANIZING INTERNATIONAL TRANSPORTATION. – 2022.
- [33] Мамаев Г. И., Бакиров Л. Ю. ПРОБЛЕМЫ УЛИЧНЫХ ПАРКОВОК И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОК.
- [34] U.A.Ziyamuxamedova, M.A.Nurdinov, L.Y.Bakirov MASHINAZOZLIKDA QO'LLANILADIGAN POLIFUNKSIONAL GETEROKOMPOZIT POLIMER MATERIALLAR UCHUN BOG'LOVCHI TO'LDIRUVCHILARNI TANLASH VA ASOSLASH // ORIENSS. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mashinasozlikda-qo-llaniladigan-polifunksional-geterokompozit-polimer-materiallar-uchun-bog-lovchi-to-ldiruvchilarni-tanlash-va> (дата обращения: 29.10.2022).
- [35] Omadjon M., Xasanboy T. Weight distribution of the machine-tractor unit when lifting universal power equipment //Universum: технические науки. – 2022. – №. 4-11 (97). – С. 60-63.
- [36] Sardor Ulkanov, Fayzulloh Gulomov 3 steps to transport dangerous goods in Uzbekistan // Science and Education. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/3-steps-to-transport-dangerous-goods-in-uzbekistan> (дата обращения: 03.11.2022).
- [37] Almataev Nozimbek, Toychiev Khasanboy, Turgunaliev Elbek, Ulkanov Sardor IMPROVEMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLASTIC PARTS USED IN MACHINE BUILDING // Universum: технические науки. 2021. №3-4 (84). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/improvement-of-physical-and-mechanical-properties-of-plastic-parts-used-in-machine-building> (дата обращения: 03.11.2022).
- [38] Mukimova D. DISTINCTIVE FEATURES OF SOIL TREATMENT BEFORE PLANTING //Science and innovation in the education system. – 2022. – Т. 1. – №. 5. – С. 40-44.

