

12-30-2019

STUDIES OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF COMPOSITE POLYMERIC MATERIALS OF MACHINE DESIGNATION

Tojiboy O. Almataev

Andijan Machine-Building Institute, Andijan, 170119, str. Bobur Shokh, 56 (Uzbekistan). E-mail: info@andmiedu.uz

Nozimbek T. Almataev

Andijan Machine-Building Institute, Andijan, 170119, str. Bobur Shokh, 56 (Uzbekistan). E-mail: info@andmiedu.uz

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/adu>



Part of the [Engineering Physics Commons](#)

Recommended Citation

Almataev, Tojiboy O. and Almataev, Nozimbek T. (2019) "STUDIES OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF COMPOSITE POLYMERIC MATERIALS OF MACHINE DESIGNATION," *Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research*: Vol. 1 : No. 2 , Article 6.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/adu/vol1/iss2/6>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК 539.5:621.89

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Т.О Алматаев, Н.Т.Алматаев

Мақолада ультратовуш билан ишлов берилган композицион эпоксид ва полипропилен полимер материалларнинг триботехник хоссалари бўлган ёйилиш интенсивлиги ва ишқаланиш коэффициенти тажриба орқали тадқиқ этилган. Ультратовуш билан ишлов берилган эпоксид полимер материалларнинг триботехник хоссаларига тўлдиргичларнинг тури ва миқдорининг таъсирига оид тажриба натижалари олинган. Эпоксид ва полипропилен полимер материалларнинг триботехник хоссалари билан ультратовуш режимлари орасидаги корреляцион боғлиқлик аниқланган.

Калит сўзлар: ультратовуш, ишлов бериш, полимер, композит, тўлдиргич, хоссалар, муштақамлик, триботехника, ёйилиш интенсивлиги, ишқаланиш коэффициенти.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию триботехнических свойств эпоксидных и полипропиленовых композитов таких, как интенсивность изнашивания и коэффициент трения композиционных полимерных материалов, обработанных ультразвуком. Получены основные результаты влияния вида и содержания наполнителя на триботехнические свойства композиционных эпоксидных полимерных материалов в зависимости от режимов ультразвуковой обработки. Установлена корреляционная зависимость интенсивности изнашивания и коэффициента трения композиционных эпоксидных и полипропиленовых покрытий от режимов ультразвуковой обработки.

Ключевые слова: ультразвук, обработка, полимер, композит, наполнитель, свойство, прочность, триботехника, изнашивание, коэффициент трение.

Введение

В настоящее время композиционные материалы на основе полимеров благодаря высокой прочности, твердости и целому ряду других свойств нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства, в том числе и в машиностроении. В области создания и исследования композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе для машиностроения выполнено большое количество научно-исследовательских работ (Ал.Ал.Берлин, С.Ш. Рашидова, С.С. Негматов и др.). Разработан ряд композиционных полимерных материалов, которые рекомендованы для применения в рабочих органах машин и механизмов. Однако, одним из недостатков этих материалов является их низкая долговечность и износостойкость.

Задачей современного материаловедения является создать полимерные композиты с высокими физико-механическими и триботехническими свойствами. Как известно [1-5], для повышения

физико-механических и других свойств полимерных композитов применяют различные методы физической обработки, в том числе и ультразвук. Эффективность ультразвуковой обработки увеличивается, если ее проводить при сравнительно высокой частоте и мощности.

Следовательно, механическое и химическое воздействие ультразвука проявляется особенно при высоких частотах колебания и мощности, что способствует диспергированию и перемешиванию дисперсных систем, дегазации жидкостей и расплавов, интенсификации процесса полимеризации и других технологических процессов [6-10].

В связи с этим исследование физико-механических и триботехнических свойств обработанных ультразвуком композиционных полимерных материалов, и повышение их работоспособности, отвечающие современным требованиям машин и механизмов, является актуальной задачей.

Цель и задачи

Целью данной работы являются исследование и анализ триботехнических свойств композиционных полимерных материалов, обработанных

ультразвуком.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

ТЕХНИКА

- исследовать влияние режимов ультразвуковой обработки на триботехнические свойства (коэффициент трения и интенсивность изнашивания) композиционных полимерных материалов.

Объект и методика исследований

В качестве объекта исследования были выбраны эпоксидные и полипропиленовые композиты, а также наполнители, обеспечивающие одновременно высокие антифрикционные и физико-механические свойства композиционных полимерных материалов (КПМ) такие как графит, каолин, тальк, сажа, фосфогипс, стекловолокно а также удовлетворяющие требованиям высокой износостойкости и твердости покрытий - железный поро-

шок, медный порошок и окись меди.

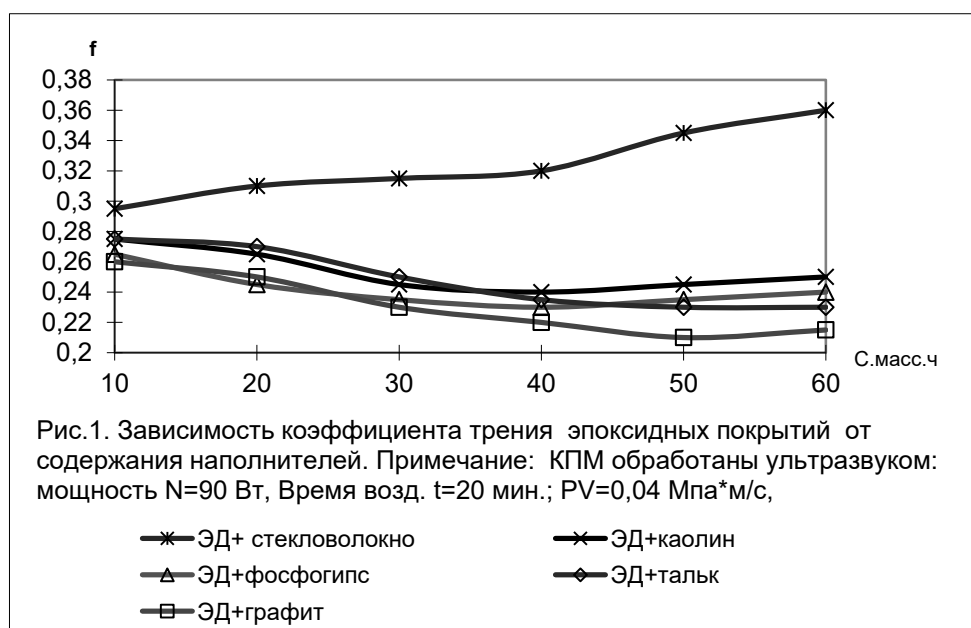
Триботехнические свойства полимерных покрытий определяли на усовершенствованном трибометре (патент РУз №1989). Для физической обработки полимерной композиции выбрана ультразвуковая установка с частотой 1000 кГц, позволяющая обрабатывать композиции, варьируя мощность ультразвуковых колебаний от 80 Вт до 250 Вт.

Полученные результаты

Результаты влияния вида наполнителя, режима трения и ультразвука на триботехнические свойства эпоксидных композитов показаны на рисунках 1 и 2.

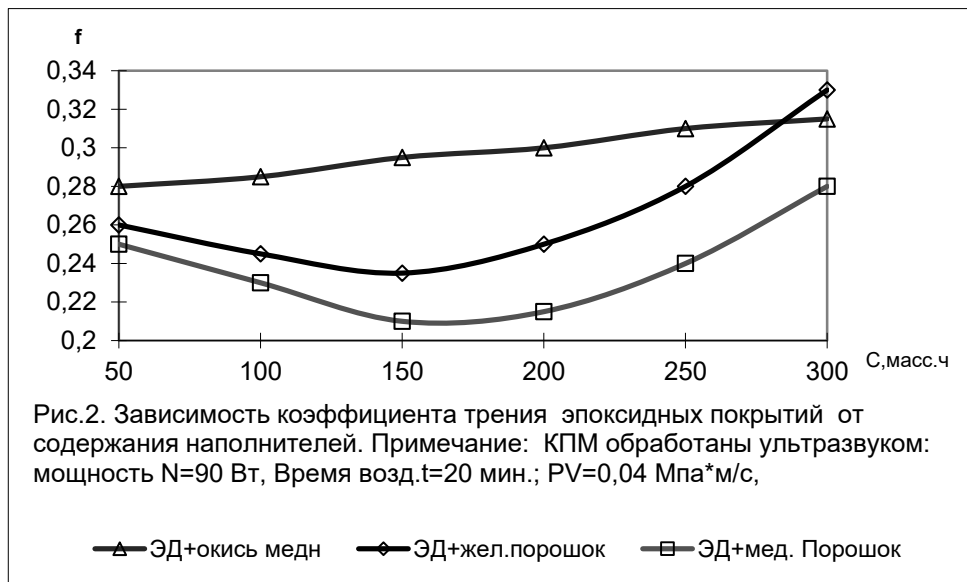
Степень воздействия ультразвука на триботехнические свойства полимерных композитов зависит от вида и содержания наполнителя (рис.1). Оптимальное значение продолжительности обработки ультразвуком эпоксидных композитов, наполненных фосфогипсом составляет 30-35 мин., с графитом она равна 20-25 мин. При этом коэффициент трения эпоксидных компо-

зитов наполненных фосфогипсом, снижается 0,27 - 0,22, а с графитом 0,27 - 0,21. Дальнейшее увеличение продолжительности обработки ультразвуком приводит к увеличению интенсивности изнашивания и коэффициента трения эпоксидных покрытий, наполненных различными наполнителями. Из рисунка 1 видно, что у эпоксидных композитов, наполненных графитом, каолином и фосфогипсом, с увеличением содержания наполнителя коэффициент трения изменяется экстремально с минимумом (при содержании 30-50 масс.ч.).



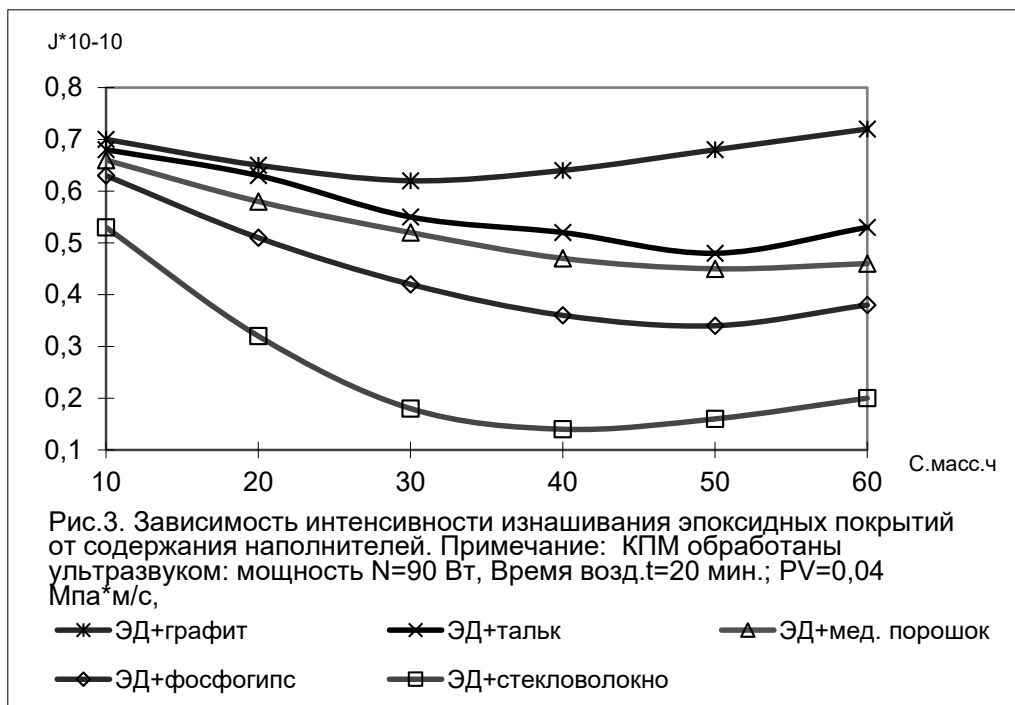
Аналогичный характер изменения триботехнических свойств эпоксидных и полипропиленовых композитов наблюдается при введении метал-

лических наполнителей и их окислов, но при более высоких значениях наполнителей до 150-200 масс. ч. (рис.2).



В работе экспериментально показано (рис.3.), что с увеличением содержания большинства наполнителей интенсивность изнашивания эпоксидных композиционных покрытий вначале снижается, затем, пройдя через минимум, увеличивается. Причем положение минимума и его величина зависят от вида наполнителя. Введение в композиции графита, каолина и сажи вызывает снижение интенсивности изнашивания покрытий, а стек-

ловолокно 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.

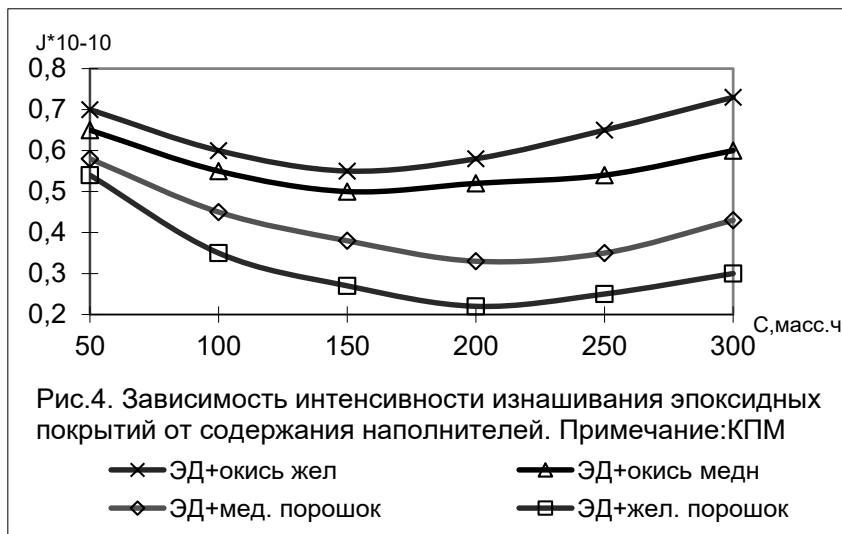


С увеличением содержания металлических наполнителей интенсивность изнашивания композиционных эпоксидных покрытий изменяется экстремально. Например, минимум интенсивнос-

ТЕХНИКА

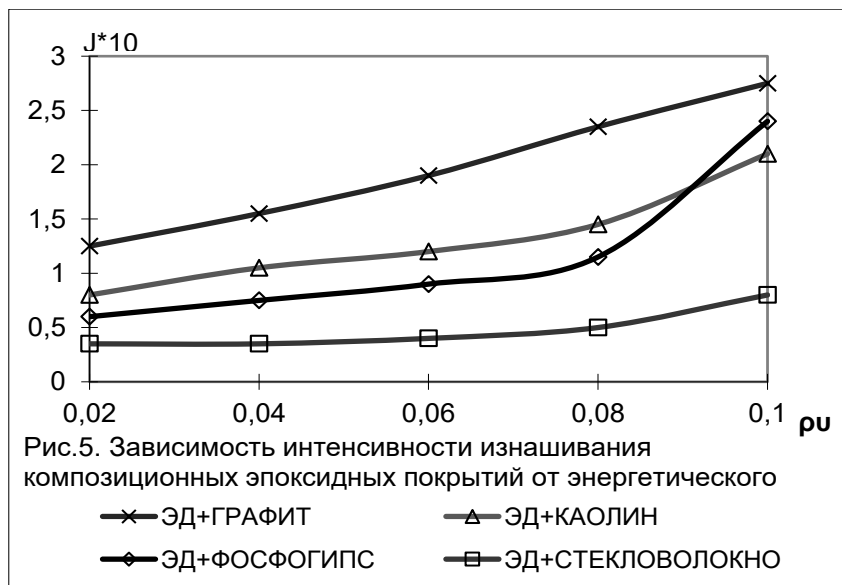
ти изнашивания наблюдается для окислов металла при 100-150 масс. ч., для медного и железного порошков - 200-300 масс. ч. С повышением их

концентрации интенсивность изнашивания увеличиваются (рис.4).



Интенсивность изнашивания полимерных покрытий с ростом фактора PV увеличивается, причем с разной интенсивностью в зависимости от вида материала. Интенсивность изнашивания у всех покрытий имеет сравнительно одинаковую тенденцию до значения PV=0,04МПа·м/с (рис.5),

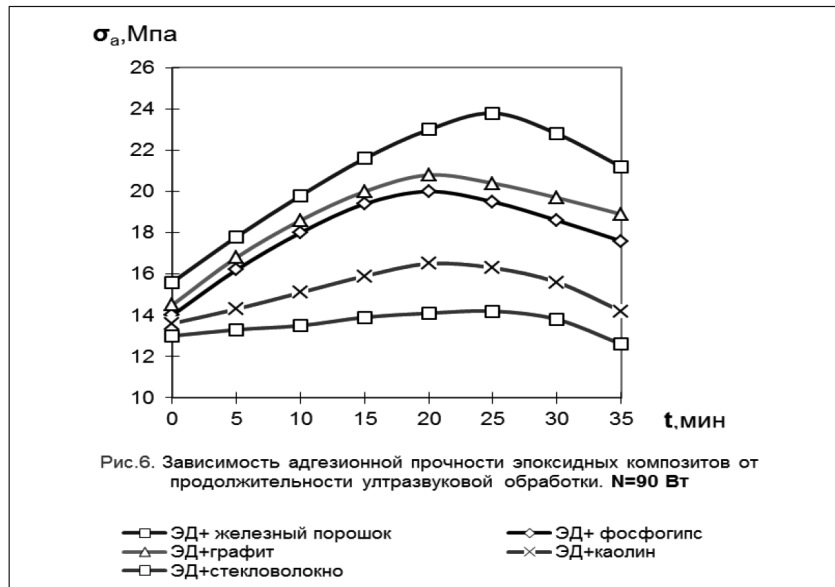
а с увеличением PV до 0,08МПа·м/с и более интенсивность изнашивания резко увеличивается. Высокой износостойкостью обладают покрытия, наполненные стекловолокном и фосфогипсом. Оптимальным значением фактора PV является 0,04-0,05МПа·м/с.



Оптимальным содержанием наполнителей, при котором уменьшается коэффициент трения эпоксидных композиций, является 35-45 масс. ч. графита и фосфогипса, 150-250 масс. ч медного и железного. Минимальное изнашивание эпоксидных композиций, является 35-45 масс. ч. стекло-

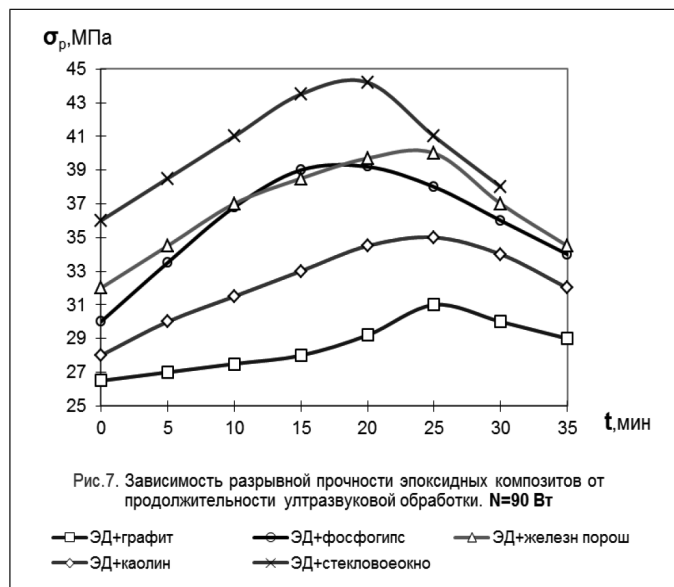
волокна и фосфогипса, 200-250 масс. ч. железного и медного порошка (рис.3-5).

Обработка ультразвуком позволяет получить высоконаполненные композиционные материалы, обладающие достаточно высоким комплексом физико-механических свойств (рис.6).



Модифицированные ультразвуком композиционные материалы и покрытия из них обладают достаточно высокой прочностью при наполнении

30-50 масс. ч., в то время, как немодифицированные - при 20-30 масс. ч. (рис.7.)



Аналогичный характер изменения триботехнических свойств наблюдается у полипропилено-

вых, но при более низких значениях наполнителей до 15-20 масс. ч.

Анализ полученных результатов

На основе анализа результатов исследования получена корреляционная зависимость интенсивности изнашивания и коэффициента трения наполненных эпоксидных и полипропиленовых композиций от режимов ультразвуковой обработки (рис.8).

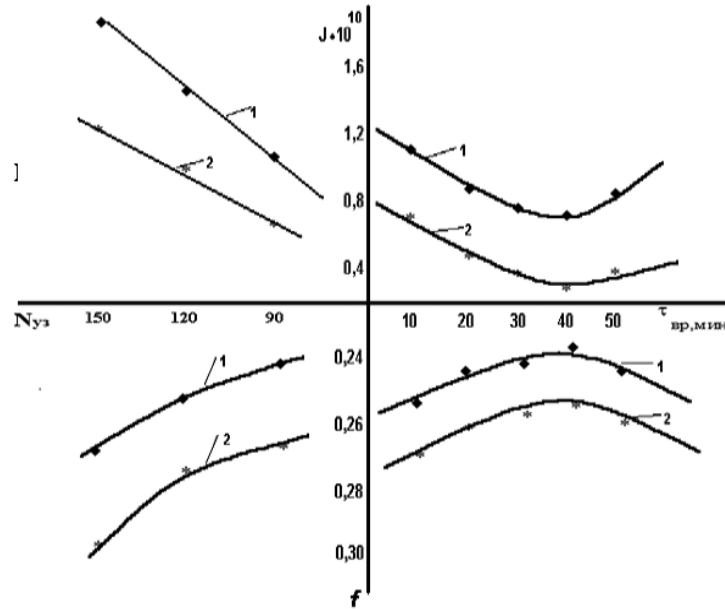
Зависимость интенсивности изнашивания и коэффициента трения от продолжительности

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. Повышение мощности ультразвуковой обработки приводит к пропорциональному увеличению интенсивнос-

ТЕХНИКА

ти изнашивания покрытий. Коэффициент трения композиционных покрытий изменяется незначительно до мощности ультразвука равной 100 Вт, а дальнейшее ее увеличение приводит к резкому увеличению коэффициента трения и, тем самым, снижению износостойкости покрытий. Анализи-

руя эти данные можно заключить, что для всех покрытий изменение интенсивности изнашивания и коэффициента трения коррелируется с изменением физико-механических свойств эпоксидных композитов.



1-графит; 2-железный порошок.

Рис 8. Корреляционная зависимость интенсивности изнашивания и коэффициента трения композиционных эпоксидных и полипропиленовых покрытий от режимов ультразвуковой обработки.

Результаты исследования показали, что ультразвуковое воздействие приводит к снижению интенсивности изнашивания покрытий. При этом для эпоксидных композиционных покрытий максимальное относительное снижение коэффициента трения составляет $Df_{max} = 15-20\%$ и интенсивности изнашивания $DJ_{max} = 30-40\%$. Очевидно, такая эффективность ультразвуковой обработки покрытий объясняется повышением реакционной способности полимерной матрицы и наполните-

лей в ультразвуковом поле. При этом изменение мощности ультразвукового поля оказывает аналогичное воздействие на коэффициент трения и интенсивность изнашивания.

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
	Гр, МПа	15,5	19	20	23	21

Примечание: G_a – адгезионная прочность, $A_{уд}$ – ударная прочность, H_m – микро-твердость покрытий, G_p – разрывная прочность

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

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 физико-механических 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.

Выводы

Таким образом, в работе показано, что с увеличением продолжительности ультразвукового воздействия интенсивность изнашивания и коэффициент трения покрытий уменьшаются. Наилучшие результаты для эпоксидных и полипропиленовых покрытий достигаются при продолжительности ($t_{\text{вп}}$) 25-35 мин. Сравнительный анализ наполненных эпоксидных композиций, обработанных и необработанных ультразвуком, показал, что интенсивность изнашивания покрытий обработанных ультразвуком, снижается до 1,5-2 раз.

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. Повышение мощности ультразвуковой обработки приводит к пропорциональному увеличению интенсивности изнашивания покрытий. Коэффициент трения композиционных покрытий изменяется незначительно до мощности ультразвука равной 100 Вт, а дальнейшее ее увеличение приводит к резкому увеличению коэффициента трения и, тем самым, снижению износостойкости покрытий. Анализи-

руя эти данные можно заключить, что для всех покрытий изменение интенсивности изнашивания и коэффициента трения коррелируется с изменением физико-механических свойств эпоксидных композитов.

1. 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.

2. Под воздействием оптимального режима ультразвука наблюдается дезагрегация частиц наполнителей, уменьшение количества воздушных включений, образуется более однородная структура, равномерное распределение компонентов материала, чистота поверхности.

3. 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.

4. Ультразвуковая обработка композиционных эпоксидных и полипропиленовых покрытий повышает степень наполнения композиций на 30-55%, в зависимости от вида наполнителя.

Литература

1. Гуль В.Е. Структура и прочность полимеров. – Москва: Химия, 1998. – 380 с.
2. Берлин Ал.Ал., Басин В.Ф. Основы адгезии полимеров. – Москва: Наука, 1999. – 325 с.
3. Негматов С.С., Евдокимов Ю.М., Садиқов Х.У. Адгезионные и прочностные свойства полимерных материалов и покрытий на их основе. - Ташкент: Узбекистан, 1980. – 230 с.
4. Негматов С.С., Джумабоев А.Б., Алматаев Т.А. и др. Дисковый трибометр. Патент РУз № 1389. 01.12.1994.
5. Головкин Г.С., Виноградов В.М., Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы. Свойства, структура, технологии. – Москва: Профессия, 2008. – 566 с.
6. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. – Москва: Изд-во Научные основы и технологии, 2008. – 882 с.
7. Негматов Н.С., Халимжанов Т.С., Косимов И.С. Некоторые вопросы ультразвуковой обработки полимерных композитов // Композиционные материалы, 2001. – №3. – С. 80 – 82.
8. Алматаев Т.А. Физико-механические свойства полимерных композитов обработанных ультразвуком // Вестник ТашГТУ, 2004. – №1. – С. 131 – 136.
9. Негматов С.С., Алматаев Т.А., Икромов Н.А. Физическая модификация термопластичного полимерного композиционного материала и покрытий на их основе // Композиционные материалы, 2008. – №1. – С. 82 – 84.
10. Mirzakhmedov V.Kh., Almatayev T.A., 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. – P. 5953 – 5957.
11. Алматаев Т.О., Алматаев Н.Т., Мойдинов Д.А. Исследование триботехнических свойств композиционных полимерных материалов в период приработки // Бюллетень науки и практики, 2019. – №11(48). – С. 242 – 248.

STUDIES OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF COMPOSITE POLYMERIC MATERIALS OF MACHINE DESIGNATION

T.O.Almataev¹, N.T.Almataev¹

Ilmiy xabarнома. Fizika-matematika tadqiqotlari – Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research. 2019. 2. 49 – 57.

¹Andijan Machine-Building Institute, Andijan, 170119, str. Bobur Shokh, 56 (Uzbekistan). E-mail: info@andmiedu.uz

Keywords: ultrasound, processing, polymer, composite, loading, experiment, property, durability, tribo-engineering, wear process, factor a friction.

In the given work tribotechnical properties are experimentally investigated as intensity of wear process and factor of a friction composite epoxy the polymeric materials processed by ultrasound. Results of influence of a kind and the maintenance loading on tribotechnical properties composite epoxy polymeric materials depending on modes of ultrasonic processing are received. Correlation dependence of intensity of wear process and factor of a friction composite epoxy coverings from modes of ultrasonic processing is established.

It is shown in the work that with an increase in the duration of ultrasonic exposure, the wear rate and the friction coefficient of the coatings decrease. The best results for epoxy and polypropylene coatings are achieved with a duration ($t_{\text{сп}}$) of 25-35 minutes. A comparative analysis

of filled epoxy compositions treated and untreated with ultrasound showed that the wear rate of coatings treated with ultrasound is reduced to 1.5-2 times.

The dependence of the wear rate and the coefficient of friction on the duration of exposure to the ultrasonic field are mainly extreme. The optimal change in these properties is observed with a processing time of 25-35 min. A further increase in the duration of exposure leads to a deterioration in the properties of coatings. Increasing the power of ultrasonic treatment leads to a proportional increase in the wear rate of the coatings. The friction coefficient of composite coatings varies slightly to an ultrasound power of 100 W, and its further increase leads to a sharp increase in the friction coefficient and, thereby, a decrease in the wear resistance of coatings. Analyz-

ing these data, we can conclude that for all coatings, a change in the wear rate and friction coefficient correlates with a change in the physicomechanical properties of epoxy composites

Under the influence of the optimal ultrasound regime, there is a disaggregation of filler particles, a decrease in the number of air inclusions, a more uniform structure, a uniform distribution of material components, and a sur-

face cleanliness. Ultrasonic treatment of composite epoxy and polypropylene coatings reduces the coefficient of friction by 15-25%, increases wear resistance by 25-30% i.e. up to 1.5-2.0 times compared with untreated coatings. Ultrasonic treatment of composite epoxy and polypropylene coatings increases the degree of filling of the compositions by 30-55%, depending on the type of filler.

References

1. Gul V.E. (1998) *Struktura i prochnost polimerov* [The structure and strength of polymers]. Moscow: Himiya.
2. Berlin A.I., Basin V.F. (1999). *Osnovy adgezii polimerov* [Basics of polymer adhesion]. Moscow: Nauka.
3. Negmatov S.S., Evdokimov Yu.M., Sadikov H.U. (1980) *Adgezionnyye i prochnostnyye svoystva polimernykh materialov i pokrytij na ih osnove* [Adhesive and strength properties of polymeric materials and coatings based on them]. Tashkent: Uzbekistan.
4. Negmatov S.S., Djumaboev A. B., Almataev T. A. et al. (1994) *Diskovyy tribometr* [friction machine with disc]. RUZ patent No. 1389. 12/01/1994.
5. Golovkin G.S., Vinogradov V.M., Kerber M.L. (2008) *Polimernye kompozicionnye materialy. Svoystva, struktura, tekhnologii* [Polymer composite materials. Properties, structure, technology]. Moscow: Professiya.
6. Mikhaylin Yu.A. (2008) *Konstrukcionnye polimernye kompozicionnye materialy* [Structural polymer composite materials]. Moscow: Nauchnye osnovy i tekhnologii.
7. Negmatov N.S., Halimdjanoev T.S., Kosimov I.S. (2001). Nekotorye voprosy ul'trazvukovoj obrabotki polimernykh kompozitov [Some issues of ultrasonic processing of polymer composites]. *Kompozicionnye materialy*. 3. Pp. 80-82.
8. Almataev T.A. (2004). Fiziko-mekhanicheskie svoystva polimernykh kompozitov obrabotannykh ultrazvukom [Physico-mechanical properties of polymer composites processed by ultrasound]. *Vestnik TashGTU*. 1. Pp. 131-136.
9. Negmatov S.S., Almataev T.A., Ikromov N.A. (2008). Fizicheskaya modifikaciya termoplastichnogo polimernogo kompozicionnogo materiala i pokrytij na ih osnove [Physical modification of thermoplastic polymer composite material and coatings based on them]. *Kompozicionnye materialy*. 1. Pp. 82-84.
10. Mirzakhmedov, B.Kh., Almatayev, T.A., Odilov, F.U., Almatayev, N.T. (2018). Basic Tribotechnical Properties of Modified Composite Polymer Materials. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 5. Issue 5. Pp. 5953-5957.
11. Almataev T.O., Almataev N.T., Moydinov D.A. (2019) Issledovanie tribotekhnicheskikh svoystv kompozicionnykh polimernykh materialov v period prirabotki [Investigation of the tribological properties of composite polymer materials during the running-in period]. *Byulleten nauki i praktiki*. 11(48). Pp. 242-248.

Сведения об авторах:

Алматаев Тожибой Орзикулович – кандидат технических наук, доцент кафедры Автомобилестроение Андижанского машиностроительного института. E-mail: talor58@mail.ru

Алматаев Нозимбек Тожибой ўгли – ассистент кафедры Наземные транспортные системы Андижанского машиностроительного института.