

УДК 541.3: 621.89

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/27>

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЕРИОД ПРИРАБОТКИ

©Алматаев Т. О., Ph.D., Андижанский машиностроительный институт, г. Андижан,
Узбекистан, talor58@mail.ru

©Алматаев Н. Т., Андижанский машиностроительный институт, г. Андижан, Узбекистан

©Мойдинов Д. А., Андижанский машиностроительный институт, г. Андижан, Узбекистан

RESEARCH OF THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITE POLYMER MATERIALS DURING THE BREAKING-IN PERIOD

©Almataev T., Ph.D., Andijan Machine Building Institute,
Andijan, Uzbekistan, talor58@mail.ru

©Almataev N., Andijan Machine Building Institute, Andijan, Uzbekistan

©Moidinov D., Andijan Machine Building Institute, Andijan, Uzbekistan

Аннотация. Приведены результаты исследования и разработки композиционных полимерных материалов. Целью данной работы стало изучение и разработка новых композиционных полимерных материалов с оптимальными эксплуатационными свойствами для рабочих органов машин и механизмов. Притирку поверхности образцов производили с помощью эксцентриковой ротационной щетки по методике ранее представленной авторами. Триботехнические свойства полимерных материалов и покрытий определяли на трибометре. Результаты исследования показали, что степень влияния наполнителей на прочностные и антифрикционные свойства композиционных полимерных материалов зависит от вида и природы наполнителя и связующего.

Abstract. Results of research and development of composite polymer materials are presented. The aim of this work was the study and development of new composite polymer materials with optimal performance properties for the working bodies of machines and mechanisms. The surface grinding of the samples was carried out using an eccentric rotary brush according to the procedure previously presented by the authors. Tribological properties of polymeric materials and coatings were determined on a tribometer. The results of the study showed that the degree of influence of fillers on the strength and antifriction properties of composite polymer materials depends on the type and nature of the filler and binder.

Ключевые слова: полимеры, фураноэпоксидная композиция, триботехника, коэффициент трения, приработка.

Keywords: polymers, furanoepony composition, tribotechnology, coefficient of friction, breaking-in.

Введение

В настоящее время в автомобилестроении широкое применение находят полимерные материалы, что обусловливается их высокими технологическими и эксплуатационными свойствами, возможностью регулирования свойств и др. Наиболее перспективным для обеспечения функционально важных свойств поверхностей рабочих органов машин является применение композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе.

Применение композиционных полимерных материалов значительно улучшает технико-экономические показатели продукции, снижая их массу, трудоемкость изготовления и себестоимость, а также повышая коррозионную стойкость [1-4].

В области создания и исследования композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе в настоящее время выполнено большое количество научно-исследовательских работ и разработаны композиционные полимерные материалы, которые рекомендованы для применения в рабочих органах машин и механизмов [5-7].

Такие недостатки, как низкая механическая прочность, недостаточная теплопроводность и теплостойкость, высокий коэффициент теплового расширения, гигроскопичность, сравнительно высокая стоимость и дефицитность ограничивают их широкое применение. Недостаточно изучены долговечность разработанных композиционных полимерных материалов период их приработки [8].

В связи с этим разработка композиционных полимерных материалов с оптимальными триботехническими свойствами в период их приработки является актуальной задачей, которая рассматривает изучение физико-механических и триботехнических свойств композиционных полимерных материалов в период приработки и разработку композиционных полимерных материалов с оптимальными физико-механическими и триботехническими свойствами в период их приработки.

В качестве объекта исследования были выбраны следующие полимерные материалы — фураноэпоксидная смола (ФАЭД-20), а также наполнители — графит, каолин, тальк, фосфогипс, железный порошок, медный порошок и стекловолокно.

Методика исследования

Для определения физико-механических свойств применяли общеизвестные, стандартные методы. Притирку поверхности образцов производили с помощью эксцентриковой ротационной щетки по патенту № 03685. Триботехнические свойства полимерных материалов и покрытий определяли на трибометре [9, 10].

Результаты исследования

Результаты экспериментальных исследований показали, что введением в состав фураноэпоксидную композицию твердых наполнителей, таких как железные и медные порошки, цемент и графита, повышаются твердость и температура стеклования материала покрытий (Таблица.1), в результате наблюдается увеличение периода приработки. А введением мягких наполнителей типа фторопласт и полиэтилен наоборот, твердость и температура стеклования материала покрытий снижается, что объясняется снижением физико-механических свойств и повышением коэффициента трения за счет увеличения плотности трибоэлектрического заряда и температуры в зоне трения, способствующего интенсификации процесса [11]. Наблюдается незначительное увеличение периода приработки при введении графита, фосфогипса и талька, несмотря на сравнительно большую анизотропию механических свойств. В отдельных случаях для графита процесс сопровождается некоторым сглаживанием поверхностей покрытий [12]. Это, по-видимому, обусловлено ламинарной структурой наполнителя, расщепляемого при фрикционном взаимодействии.

С повышением содержания наполнителей (кроме фторопласта и полиэтилена) периода приработки изменяется экстремально и проходит через максимум. Повышение содержания железного порошка и цемента приводит к увеличению твердости полимерных покрытий, что приводит к снижению времени установившегося значения коэффициента трения [13].

Таблица 1

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПЕРИОДА ПРИРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ФУРАНОЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ С ИХ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИМИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Вид материала покрытий	$t \cdot 10^{-2}, c$	f	$T_{ТР}, K$	$q \cdot 10^4, Kл/м^2$	$H_m, МПа$	T_c, K
ФАЭД -20	41	0,330	312	4,45	58	315
ФАЭД- полиэтилен	37	0,335	310	4,0	56	304
ФАЭД- фторопласт	39	0,375	316	7,9	58	309
ФАЭД – тальк	42	0,350	308	6,5	65	320
ФАЭД – графит	46	0,247	303	2,2	70	327
ФАЭД – цемент	53	0,362	315	5,2	76	331
ФАЭД – стекловолокно	57	0,370	318	5,9	81	336
ФАЭД - медный порошок*	60	0,325	302	3,4	92	330
ФАЭД - железный порошок*	63	0,330	299	3,9	105	322

Примечание *- содержание наполнителя 200 масс.ч., остальных 40 масс.ч. $PV=0,04 Мпа \cdot м / c$.

Повышение содержание фторопласта с низкими теплопроводными и высокими диэлектрическими свойствами, приводит к некоторому увеличению температуры и плотности трибоэлектрического заряда в зоне взаимодействия композиционных полимерных покрытий [14]. Это повышает влияния электростатических сил взаимодействия контактирующих тел, следовательно, рост коэффициента трения. При этом наблюдается существенное снижение периода приработки пропорционально к твердости покрытий [15].

Таким образом, результаты вышеприведенных исследований показали, что на период приработки существенное влияние оказывает вид, содержание и дисперсность вводимого наполнителя. Сравнительно высокие значения периода приработки наблюдаются как у композиционных эпоксидных и фураноэпоксидных полимеров, наполненных железным и медным порошками, и стекловолокном, что связано с их высокой твердости и прочности [16]. Наименьшие значение периода приработки наблюдается у полиэтиленовых покрытий с наполнителями фторопласта, фосфогипса и графита [17, 18].

Анализ полученных результатов исследования

На основе комплексного анализа результатов исследования установлено, что в процессе приработки наблюдаются значительные изменения физико- механических и триботехнических характеристик композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе в широком интервале режимов эксплуатации в зависимости от вида, содержания и размера частиц выводимого наполнителя. Наименьшая продолжительность приработки наблюдается у фураноэпоксидных покрытий при введении полиэтилена и фторопласта, а наибольшая - у покрытий с железным порошком и стекловолокном. При этом необходимо отметить, что важнейшими свойствами материала, влияющими на их работоспособность и продолжительность процесса приработки, являются микротвердость, тепло и электропроводность, значение которых изменяется введением наполнителей различного рода.

Введением в композицию железного порошка повышается микротвердость, температура стеклования и адгезионная прочность материала. С увеличением содержания железного порошка эта тенденция еще более усиливается. При этом поверхностное сопротивление материала снижается, что приводит к увеличению электропроводности материала.

Таким образом, введением в композицию железного порошка и других наполнителей, повышающих механические и прочностные свойства фураноэпоксидного полимера, приводит к увеличению продолжительности их периода приработки.

А с введением наполнителей, снижающих физико-механические свойства, таких, как полиэтилен и фторопласт, продолжительность период приработки композиционных полимерных материалов с наполнителями, повышающими физико-механические свойства, снижается, и наоборот, снижающие физико-механические свойства покрытий увеличивают продолжительность процесса приработки.

По результатам экспериментальных исследований нами разработаны ряд композиционных полимерных материалов с заданными триботехническими и эксплуатационными свойствами. Свойства разработанных композиционных полимерных материалов, приведены в Таблице 2.

Таблица 2

СВОЙСТВА РАЗРАБОТАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Свойства	Вид материала					
	ФЭКМ-1	ФЭКМ-2	ФЭКМ-3	ПКМ-1	ПКМ-2	ПКМ-3
Коэффициент трения	0,32	0,31	0,30	0,27	0,28	0,28
Плотность трибоэлектрического заряда $q \cdot 10^4$, Кл/м ²	5,2	4,8	4,6	2,2	2,6	2,8
Температура в зоне трения, К	318	212	309	304	306	308
Время приработки $t \cdot 10^{-2}$, с	48	51	55	60	66	68
Коэффициент теплопроводности, Вт/м К	0,55	0,64	0,62	0,27	0,24	0,22
Микротвердость МПа	76	84	92	118	112	128

Примечание: триботехнические свойства при $PV=0,04$ Мпа*м/с; П-пентапластовые, ФЭ — фураноэпоксидные, КМ — композиционные материалы

Результаты исследования показали, что степень влияния наполнителей на прочностные и антифрикционные свойства композиционных полимерных материалов зависит от вида и природы наполнителя и связующего.

Основные выводы:

1. На продолжительность периода приработки существенное влияние оказывает вид и свойства материала покрытий, а также свойства, содержание и дисперсность наполнителей.
2. При введении в состав композиции таких наполнителей, как железный порошок, цемент, стекловолокно, упрочняющие композиционные полимеры, продолжительность ПП увеличивается. При введении наполнителей полиэтилена и фторопласта, снижающих механические свойства КПП, и наполнителей, имеющие ламинарную структуру и способных расщепляться при фрикционном взаимодействии, таких как тальк, каолин и графит, продолжительность ПП уменьшается. С увеличением содержания наполнителя до 35 масс.ч. для ФАЭД уменьшением их размера до 20 мкм эти тенденции усиливаются.
3. Среди исследованных полимерных материалов сравнительно высокие значения продолжительности периода приработки наблюдаются как у композиционных фураноэпоксидных полимеров, наполненных железным и медным порошками, и стекловолокном, что связано с их высокой твёрдости и прочности композиционных полимерных материалов.

4. Определены оптимальный вид и содержание наполнителей, обеспечивающие наиболее стабильные физико-механические и триботехнические свойства в период их приработки и долговечность в эксплуатации.

5. На основании проведенных исследований разработаны ряд КПМ машиностроительного назначения с оптимальным содержанием наполнителей, которые позволяют получить композиционные полимерные материалы с повышенными физико-механическими и триботехническими свойствами.

Список литературы:

1. Айнбиндер С. Б. Антифрикционные свойства композиций на основе полимерных материалов, наполненных относительно твердыми наполнителями // Трение и износ. 1982. Т. 3. №4. С. 610-620.
2. Мышкин Н., Петроковец М. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии. Litres, 2018.
3. Юлчиева С. Б., Негматов С. С., Абдуллаева Р. И. Физико-химические исследования порфиритивных цементов в агрессивных средах // Академический журнал Западной Сибири. 2011. №2. С. 67.
4. Негматов С. С. Технология получения полимерных покрытий. Ташкент: Узбекистан. 1975.
5. Абдуллаев А. Х., Собиров Б. Б., Негматов С. С. Исследование свойств госсиполовой смолы, модифицированной известью и гексаметилентетраминном // Композиционные материалы. 2008. №2. С. 86-87.
6. Негматов С. С., Евдокимов Ю. М., Садыков Х. У. Адгезионные и прочностные свойства полимерных материалов и покрытий на их основе. Ташкент: ФАН. 1979.
7. Чичинадзе А. В., Левин А. Л., Бородулин М. М., Зиновьев Е. В. Полимеры в узлах трения машин и приборов. М.: Машиностроение. 1988.
8. Корякина М. И. Технология полимерных покрытий. М.: Химия. 1983.
9. Гуль В. Е. Структура и прочность полимеров. М.: Химия. 1971.
10. Каргин В. А. Энциклопедия полимеров. Сов. энциклопедия, 1972.
11. Негматов С. С. Основы процессов контактного взаимодействия композиционных полимерных материалов с волокнистой массой. Ташкент: Фан. 1984. С. 219-232.
12. Негматов С. С., Норкулов А. А. Исследование долговечности полимерных материалов в условиях релаксации напряжений // Композиционные материалы. 2007. №3. С. 55-57.
13. Абдуллаев А. Х., Собиров Б. Б., Негматов С. С., Салимсаков Ю. А., Кабулов Н. С. Модификация дорожно-строительных битумов гидролизным лигнином из хлопковой шелухи и исследование их свойств // Композиционные материалы. 2008. №1. С. 30-31.
14. Камалова Д. И., Негматов С. С. Электронно-микроскопическое и ИК, ЭПР спектроскопическое исследование структуры системы ПВДФ+сажа (0,02) к // Universum: технические науки. 2017. №11(44).
15. Махмудов Р. Ю., Юнусов Ф. У., Абдурахманов Э. А., Абдурахманов И. А., Негматов С. С., Кабулов Б. Д. Создание наноконпозиционных функционализированных полимеркремнеземных пленок полученных золь-гель методом для применения в качестве биосенсоров // Химия для биологии, медицины, экологии и сельского хозяйства: Международный симпозиум ISCHEM 2015. 2015. С. 168-168.
16. Юнусов Ф. У., Негматов С. С., Ахунджанов К. А., Акбаров Х. И., Красиков В. Д., Шпигун О. А. Гибридные наноконпозиционные материалы, полученные золь-гель методом //

Золь-гель синтез и исследование неорганических соединений, гибридных функциональных материалов и дисперсных: пятая международная конференция стран СНГ. 2018. С. 310-311.

17. Камалова Д. И., Негматов С. С., Умаров А. В., Абед Н. С. ЭПР-спектроскопическое исследование структуры композитов на основе полистирола и каолина // *Universum: технические науки*. СПб. 2018. №5(50).

18. Негматова К. С., Рахимов Х. Ю., Собиров Б. Б., Рахронов Б. Ш., Негматов С. С., Салимсаков Ю. А. Технология получения порошкообразной госсиполовой смолы многофункционального назначения // *Академический журнал Западной Сибири*. 2011. №2. С. 64.

References:

1. Ainbinder, S. B. (1982). Antifriktsionnye svoistva kompozitsii na osnove polimernykh materialov, napolnennykh otnositel'no tverdymi napolnitelyami. *Trenie i iznos*, 3(4), 610-620.

2. Myshkin, N., & Petrokovets, M. (2018). Trenie, smazka, iznos. Fizicheskie osnovy i tekhnicheskie prilozheniya tribologii. Litres.

3. Yulchieva, S. B., Negmatov, S. S., & Abdullaeva, R. I. (2011). Fiziko-khimicheskie issledovaniya porfirativnykh tsementov v agressivnykh sredakh. *Akademicheskii zhurnal Zapadnoi Sibiri*, (2), 67.

4. Negmatov, S. S. (1975). Tekhnologiya polucheniya polimernykh pokrytii. Tashkent.

5. Abdullaev, A. Kh., Sobirov, B. B., & Negmatov, S. S. (2008). Issledovanie svoistv gossipolovoi smoly, modifitsirovannoi izvest'yu i geksametilentetraminom. *Kompozitsionnye materialy*, (2), 86-87.

6. Negmatov, S. S., Evdokimov, Yu. M., & Sadykov, Kh. U. (1979). Adgezionnye i prochnostnye svoistva polimernykh materialov i pokrytii na ikh osnove. Tashkent.

7. Chichinadze, A. V., Levin, A. L., Borodulin, M. M., & Zinov'ev, E. V. (1988). Polimery v uzlakh treniya mashin i priborov. Moscow.

8. Koryakina, M. I. (1983). Tekhnologiya polimernykh pokrytii. Moscow.

9. Gul', V. E. (1971). Struktura i prochnost' polimerov. Khimiya.

10. Kargin, V. A. (Ed.). (1972). Entsiklopediya polimerov. Sov. entsiklopediya.

11. Negmatov, S. S. (1984). Osnovy protsessov kontaktnogo vzaimodeistviya kompozitsionnykh polimernykh materialov s voloknistoi massoi. Tashkent.

12. Negmatov, S. S., & Norkulov, A. A. (2007). Issledovanie dolgovechnosti polimernykh materialov v usloviyakh relaksatsii napryazhenii. *Kompozitsionnye materialy*, (3), 55-57.

13. Abdullaev, A. Kh., Sobirov, B. B., Negmatov, S. S., Salimsakov, Yu. A., & Kabulov, N. S. (2008). Modifikatsiya dorozhno-stroitel'nykh bitumov gidroliznym ligninom iz khlopkovoi shelukhi i issledovanie ikh svoistv. *Kompozitsionnye materialy*, (1), 30-31.

14. Kamalova, D. I., & Negmatov, S. S. (2017). Elektronno-mikroskopicheskoe i IK, EPR spektroskopicheskoe issledovanie struktury sistemy PVDF+szha (0,02) k. *Universum: tekhnicheskie nauki*, (11 (44)).

15. Makhmudov, R. Yu., Yunusov, F. U., Abdurakhmanov, E. A., Abdurakhmanov, I. A., Negmatov, S. S., & Kabulov, B. D. (2015). Sozdanie nanokompozitsionnykh funktsionalizirovannykh polimerkremnezemnykh plenok poluchennykh zol'-gel' metodom dlya primeneniya v kachestve biosensorov. In *mezhdunarodnyi simpozium Khimiya dlya biologii, meditsiny, ekologii i sel'skogo khozyaistva TSSNEM 2015*.

16. Yunusov, F. U., Negmatov, S. S., Akhundzhanov, K. A., Akbarov, Kh. I., Krasikov, V. D., & Shpigun, O. A. (2018). Gibridnye nanokompozitsionnye materialy, poluchennye zol'-gel' metodom. In *Pyataya mezhdunarodnaya konferentsiya stran SNG Zol'-gel' sintez i issledovanie*

neorganicheskikh soedinenii, gibridnykh funktsional'nykh materialov i dispersnykh sistem""Zol'-gel' 2018"

17. Kamalova, D. I., Negmatov, S. S., Umarov, A. V., & Abed, N. S. (2018). EPR-spektrskopicheskoe issledovanie struktury kompozitov na osnove polistirola i kaolina. *Universum: tekhnicheskie nauki*, (5 (50)).

18. Negmatova, K. S., Rakhimov, Kh. Yu., Sobirov, B. B., Rakhmonov, B. Sh., Negmatov, S. S., & Salimsakov, Yu. A. (2011). Tekhnologiya polucheniya poroshkoobraznoi gossipolovoi smoly mnogofunktsional'nogo naznacheniya. *Akademicheskii zhurnal Zapadnoi Sibiri*, (2), 64.

*Работа поступила
в редакцию 18.10.2019 г.*

*Принята к публикации
24.10.2019 г.*

Ссылка для цитирования:

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>

Cite as (APA):

Almataev, T., Almataev, N., & Moidinov, D. (2019). Research of the Tribological Properties of Composite Polymer Materials During the Breaking-in Period. *Bulletin of Science and Practice*, 5(11), 242-248. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/27> (in Russian).