

НЕКОТОРЫЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Аннотация.

В статье приведены результаты исследования влияние вида полимеров, содержание и размера частиц наполнителя и режима трения машин на физико-механические свойства композиционных полимерных материалов при трении их с различными материалами.

Ключевые слова: полимер, наполнитель, режима трения, механические свойства, композиционный материал.

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. Наиболее перспективным для обеспечения функционально важных свойств поверхностей рабочих органов машин является применение композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе [1-3].

В машиностроении широкое применение находят полимерные материалы и покрытия, что обуславливается их высокими антифрикционными, антикоррозионными и другими физико-механическими, эксплуатационными свойствами, возможностью регулирования свойств и др. Наиболее полного эффекта от применения полимерных материалов можно достичь при условии знания и учета комплекса свойств и особенностей поведения полимерных материалов в различных условиях эксплуатации, рационального выбора их для рабочих органов машин.

Широкое применение полимеров и других синтетических материалов в отраслях машиностроения значительно улучшает технико-экономические показатели продукции, снижая их массу, трудоемкость изготовления и себестоимость.

Однако, полимерные материалы обладают такими недостатками, как низкая механическая прочность, недостаточная теплопроводность и теплостойкость, высокий коэффициент теплового расширения, гигроскопичность, сравнительно высокая стоимость и дефицитность.

В области создания и исследования композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе в настоящее время выполнено большое количество научно-исследовательских работ и разработаны ряд композиционных полимерных материалов, которые рекомендованы для применения в рабочих органах машин и механизмов [4-7].

В настоящее время имеется ряд задач, решение которых представляет как научный, так и практический интерес. Недостаточно изучены долговечность разработанных композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе

особенно в начальный период работы полимера, т.е. в период приработки полимерных материалов и преждевременное отслаивание покрытий от металлической подложки.

В связи с этим исследования физико-механических и триботехнических свойств композиционных полимерных материалов и покрытий, повышение их работоспособности при трении с различными материалами, отвечающие современным требованиям машин и механизмов, является **актуальной задачей**.

Методика исследования.

Для подготовки поверхности круглых металлических деталей к нанесению полимерных покрытий применяли способ притирки деталей с помощью эксцентриковой ротационной щетки [8].

Параметры шероховатости определяли при помощи профилометра и профиллографа марки ROTE-1001.

Адгезионная прочность покрытий с металлом определяли методом грибков.

Прочность на удар покрытий определялась на приборе У-2. Микротвердость покрытия изучалась на приборе ПМТ-3. Разрывная прочность образцов определялась на разрывной машине М-40 при скорости 20 м/мин. Триботехнические свойства полимерных материалов и покрытий на их основе определяются на усовершенствованном трибометре.

Результаты и обсуждение.

Триботехнические свойства композиционных полимерных материалов (КПМ) в зависимости от вида и свойств вводимых наполнителей исследовались многими авторами [9-12]. Однако, как отмечается в этих работах, до настоящего времени нет единой теории, объясняющей антифрикционные свойства таких широко используемых наполнителей, как графит, дисульфид молибден и др. Коэффициент трения композиции с графитом зависит от структуры, ориентации плоскостей спайности, адгезии на границе полимер-наполнитель и других факторов. В работах [13-17] отмечается существенное отличие механизма трения композиционных полимерных материалов (КПМ) и покрытий на их основе (КПП) при взаимодействии с волокнистым материалом по сравнению с металлом полимерными парами. Более того, в этих работах при исследовании триботехнических свойств покрытий необоснованно выбрано время 25-30 мин., для приработки, что приводит к получению результатов, которые невозможно сопоставить между собой.

В связи с этим нами проводились экспериментальные исследования кинетики изменения физико-механических и триботехнических свойств композиционных полимерных материалов (КПМ) и покрытий на их основе (КПП) в период приработки в зависимости от различных факторов.

Нами экспериментально исследованы продолжительность периода приработки композиционных пентапластовых покрытий при фрикционном взаимодействии с волокнистыми материалами (рис. 1).

Введением в композицию твердых наполнителей, таких как железные и медные порошки, цемент и стекловолокно, повышаются твердость и температура стеклования материала, в результате увеличиваются продолжительность процесса приработки. А введением мягких наполнителей типа фторопласт и полиэтилен она, наоборот, снижается, что объясняется снижением физико-механических свойств и повышением коэффициента трения за счет увеличения плотности

трибоэлектрического заряда и температуры в зоне взаимодействия, способствующего интенсификации процесса. Наблюдается незначительное увеличение продолжительности процесса приработки при введении графита, фосфогипса и талька, несмотря на сравнительно большую анизотропию механических свойств. В отдельных случаях процесс сопровождается некоторым сглаживанием поверхностей покрытий. Это, по-видимому, обусловлено ламинарной структурой наполнителя, расщепляемого при фрикционном взаимодействии.

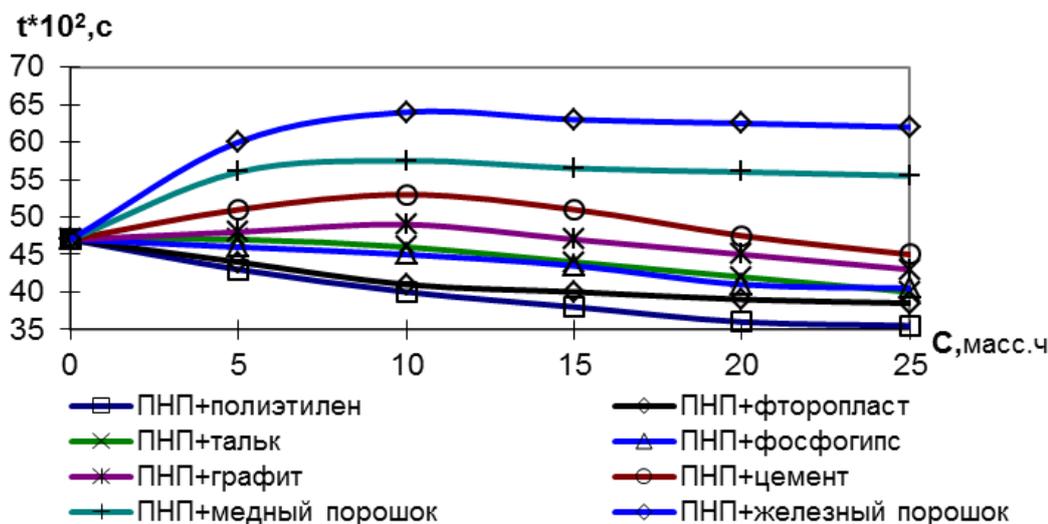


Рисунок 1 – Зависимость продолжительности приработки КПМ от содержания наполнителя. $\rho v = 0,1$ МПа *м/с

Среди исследованных материалов сравнительно высокое значение продолжительности процесса приработки наблюдается у композиций, из пентапласта, наполненных железным порошком и стекловолокном, что связано с их высокой твердостью и прочностью.

С увеличением содержания наполнителей (кроме фторопласта и полиэтилена) продолжительность процесса приработки изменяется экстремально и проходит через максимум (рис.2). Например, введением в состав фуран эпоксидного полимера до 100 масс. ч. железного порошка и 30 мес. цемента увеличивается продолжительность процесса приработки, а дальнейшее увеличение их содержание до 200 и 50 мес. соответственно приводит к его снижению. Увеличение содержания железного порошка и цемента приводит к повышению твердости покрытий, в результате уменьшается установившееся значение коэффициента трения.

Снижение, установившееся значение коэффициента трения при высоких содержаниях этих наполнителей обусловлено повышением физико-механических свойств покрытий за счет более равномерного распределения наполнителей в объеме композиций. При введении таких наполнителей как железный порошок, цемент и стекловолокно значительно повышаются твердость и прочность полимера, что подтверждается результатами наших исследований (табл.1). Повышение твердости и температуры стеклования приводит к снижению ФПК и межмолекулярного взаимодействия покрытий с волокнистой массой в зоне трения в результате увеличения продолжительности процесса приработки. Увеличение содержание фторопласта с низкими теплопроводными и высокими диэлектрическими свойствами, приводит к некоторому повышению температуры и к увеличению плотности трибоэлектрического заряда в зоне взаимодействия

композиционных полимерных покрытий с волокнистой массой, вызывает увеличение влияния электростатических сил взаимодействия контактирующих тел, следовательно, и коэффициента трения. При этом наблюдается существенное уменьшение продолжительности процесса приработки пропорционально снижению твердости покрытий.

Наряду с этим немаловажный интерес представляют исследования кинетики изменения процесса приработки в зависимости от размера частиц (дисперсности) вводимого наполнителя, результаты которых приведены на рис.2. Видно, что увеличение размера частиц железного порошка до 60 мкм практически не влияет на продолжительность процесса приработки, а при увеличении дисперсности до 100 мкм и более наблюдается его повышение.

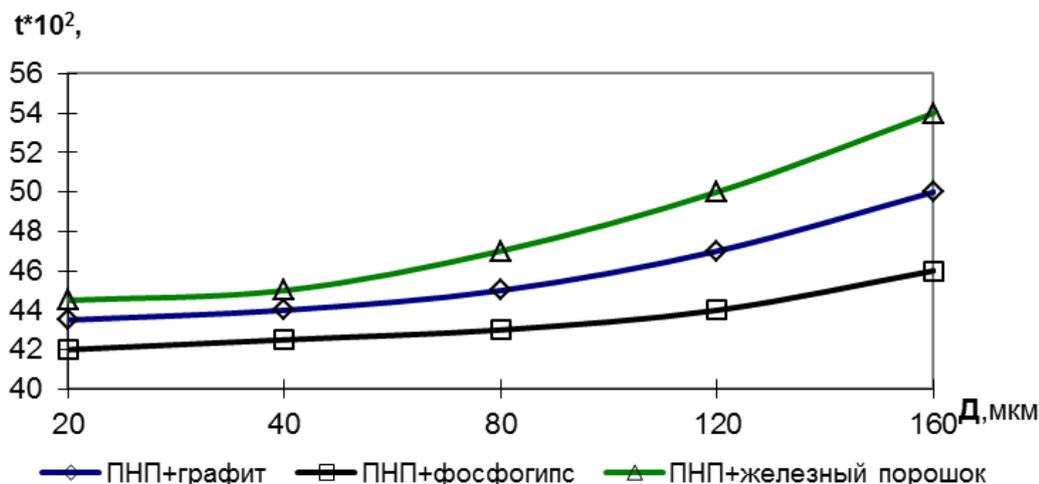


Рисунок 2 – Зависимость продолжительности приработки КПМ от дисперсности наполнителя. Содержание органических наполнителей-10 масс. ч; металлических-20 масс.ч.; $\rho v=0,04$ МПа*м/с

Графит чешуйчатой структуры, имеющий ярко выраженную рассцепляемость, не приводит к существенным изменениям продолжительности процесса приработки по сравнению с зернистым. С увеличением размера частиц графита как зернистой, так и чешуйчатый структуры до 40 мкм продолжительность процесса приработки изменяется незначительно. В случае увеличения размера частиц до 100 мкм и более наблюдается увеличение времени приработки, причем это существенно у графита зернистой структуры.

Таблица 1 - Взаимосвязь продолжительности процесса приработки композиционных пентапластовых полимеров с их триботехническими и физико-механическими свойствами

Вид материала покрытий	t*10 ⁻² , с	f	T _{тр} , К	Нм, МПа	Tс, К
ПНП	54	0,265	303	126	298
ПНП – фторопласт	50	0,308	305	116	290
ПНП – полиэтилен	48	0,256	300	112	288
ПНП – тальк	55	0,264	302	127	300
ПНП – графит	58	0,255	301	131	310
ПНП – цемент	63	0,292	305	150	312
ПНП – стекловолокно	65	0,296	306	144	316
ПНП – медный порошок*	68	0,245	299	154	314
ПНП - железный порошок*	72	0,254	297	162	305

Примечание*- содержание наполнителя 10 масс.ч., PV=0,04 Мпа * м / с.

Таблица 2 -Влияние вида наполнителя на высоту микронеровностей поверхности пентапластовых полимеров

Вид материала покрытий	Высота микронеровностей поверхности покрытий (R_z , мкм) при различных содержаниях наполнителя			
	2,5	5,0	7,5	10
ПНП – полиэтилен	1,9	3,5	7,6	10,4
ПНП – фторопласт	2,2	3,9	7,9	10,2
ПНП – тальк	3,2	4,9	5,5	7,6
ПНП- графит	2,7	3,8	4,7	6,1
ПНП – цемент	1,6	2,2	2,7	3,3
ПНП - стекловолокно	4,9	7,8	8,5	9,7
ПНП – медный порошок*	2,5	3,1	3,9	4,9
ПНП - железный порошок*	3,0	3,9	4,6	5,3

Примечание* - содержание наполнителя 50; 100; 150; 200 масс.ч

Таким образом, результаты вышеприведенных исследований показали, что на процесс приработки существенное влияние оказывает вид, содержание и дисперсность вводимого наполнителя. Среди исследованных полимерных сравнительно высокие значения продолжительности процесса приработки наблюдаются у композиционных пентапластовых полимеров, наполненных железным и медным порошками, и стекловолокном, что связано с их высокой твёрдости и прочности композиционных полимерных материалов. Наименьшие значение продолжительности процесса приработки наблюдается у полиэтиленовых покрытий при введении фторопласта, фосфогипса и графита.

Заключение

1. В работе комплексно исследованы изменения физико-механических и триботехнических свойств полимерных материалов при взаимодействии с волокнистыми материалами в процессе приработки.

2. Показано, что на продолжительность процесса приработки существенное влияние оказывает вид и свойства материала покрытий. Покрытия на основе ПНП, имеющие высокие механические свойства (модуль упругости и микротвёрдость), требует значительно большего времени приработки по сравнению с другими покрытиями.

3. Среди исследованных полимерных материалов сравнительно высокие значения продолжительности процесса приработки наблюдаются как у композиционных пентапластовых полимеров, наполненных железным и медным порошками, и стекловолокном, что связано с их высокой твёрдости и прочности композиционных полимерных материалов. Наименьшие значение продолжительности процесса приработки наблюдается у полиэтиленовых покрытий при введении фторопласта, фосфогипса и графита.

4. Анализ результатов исследования показывают, что периода приработки полимерных материалов при фрикционном взаимодействии с волокнистыми материалами сопровождается изменениями поверхностных свойств полимеров. Эти изменения, в свою очередь, влияют на физико-механические и триботехнические свойства полимеров, особенно в начальный период трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.С.Липатов. Физико-химические основы наполнения полимеров. — М.: Химия,

1991,-345 стр.

2. Сокольская М.К. Связующие для получения современных полимерных композиционных материалов /М.К. Сокольская, А.С. Колосова, И.А. Виткалова, А.С. Торлова, Е.С. Пикалов // *Фундаментальные исследования*. –№ 10–2. – С. 290–295, 2017.

3. Ю.С.Липатов, Т. Т. Алексеева. Особенности химической кинетики формирования взаимопроникающих полимерных сеток. — *Успехи химии*, 61:12 (1992), С.2187—2214

4. Перфилов В.А. Строительное материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие / В.А. Перфилов. – Волгоград: ВолгГАСУ. 104 с, 2014.

5. Горбунова И.Ю., Кербер М.Л. Модификация кристаллизующихся полимеров. // *Пластические массы*. 2000. № 9. С. 7-11.

6. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные полимерные композиционные материалы и их применение. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований* № 5, 2018

7. S. Kagaku, S. Moritomi, T. Watanabe, S. Kanzaki. “Polypropylene Compounds for Automotive Applications Sumitomo Chemical Co., Ltd // *Petrochemicals Research Laboratory* – 2010. pp 1-16.

8. Носиров И. З., Алматаев Т. О., Косимов И. С., Способ притирки поверхности детали и притир: Патент. IAP 03685 30.06.2008 Бюллетен № 6. . -61 стр Lauke B., Pompe W. Relation between work of fracture and fracture toughness of short-fibre reinforced poly- mers//*Compos. Sci. Technol.*,-1988,-Vol31, -p.25-30.

9. В.В.Шапавалов и др. *Триботехника*.-Ростов на Дону: ФЕНИКС, 2017, -348 стр.

10. Э.Д.Браун. Современная трибология. Итоги и перспективы. –М.:Изд. ЛХИ, 2008, -480 стр.

11. Д.Н.Горкунов. *Триботехника. Износ и безизносность*. 4-издание .-М.: Изд. МСХА, 2001, -616 стр.

12. Д.Н.Горкунов. *Триботехника. Конструирование, изготовление и эксплуатация машин*. 5-издание.-М.: Изд. МСХА, 2002, -632 стр.

13. Н.С.Пенкин. *Основы трибологии и триботехники*. -М.:Машиностроение, 2008, -206 стр

14. Bharat Bhushan. *Introduction tribology*. -London,2013,P.701

15. Wang Q.J., Chung Y-W. (Eds.) *Encyclopedia of Tribology*. New York Heidelberg Dordrecht London, 2013. LI, in color. In 6 volumes.

16. Almatayev T.O., Odilov F.U., Almataev, N.T. Basic Tribotechnical Properties of Modified Composite Polymer Materials. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. ISSN: 2350-0328. Vol. 5, Issue 5,2018.

17. Almataev T.O, Yusupov S.A., Almataev N.T. Kinetics of changes of tribotechnical properties of polymeric materials in period of running-in. *E3S Web of Conferences* 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105066>.

T.O.Almatayev, D.Davidova
Andijan State Technical Institute, Andijan, Uzbekistan, talor58@mail.ru

SOME TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF THERMOPLASTIC POLYMER COMPOSITES

Abstract.

The article presents the results of a study of the influence of the type of polymers, the content and size of filler particles and the friction mode of machines on the physical and mechanical properties of composite polymer materials when they are rubbed with various materials.

Keywords: polymer, filler, friction mode, mechanical properties, composite material