

O'zbekiston

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

significant increase in the coloring ability, the strength of the coloring and the fiber itself to breaking loads in the coloring processes.

<b>Негматова Комила Сайибжановна</b>	д.т.н., профессор ГУП “Фан ва тараққиёт”, ТГТУ
<b>Икрамова Мукаддас Эралиевна</b>	д.т.н., с.н.с., ГУП “Фан ва тараққиёт”, ТГТУ
<b>Негматова Малика Носировна</b>	Магистр Ташкентского химико-технологического института
<b>Расулова Шохиста Нигматуллаевна</b>	к.т.н., с.н.с., ГУП “Фан ва тараққиёт”, ТГТУ
<b>Набиева Ирода Абдусаматовна</b>	д.т.н., профессор Ташкентского института текстильной и легкой промышленности
<b>Негматов Сайибжан Садикович</b>	академик АН Республики Узбекистан, научный консультант ГУП “Фан ва тараққиёт”, ТГТУ
<b>Бабаджанова Мунира Абдукудусовна</b>	к.т.н., доцент Ташкентского института текстильной и легкой промышленности
<b>Лапасова Феруза Абдуллаевна</b>	докторант ГУП “Фан ва тараққиёт”, ТГТУ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

**К.М. Иноятов, Ш.В. Рахманов, С.С.Негматов, Н.С. Абед, Ш.А.Бозорбоев,  
Т.У. Улмасов, З.У. Махаммаджонов, А.А. Олмасов, С.З. Рахимов**  
*ГУП “Фан ва тараққиёт”*

**Введение.** Учитывая важную роль адгезионных, а также когезионных свойств полимеров при получении покрытий из них, работающих в условиях механических нагрузок, были изучены вопросы взаимосвязи адгезионных и физико-механических свойств полимеров и оценены влияния твердых наполнителей с целью расширения области применения модифицированных полимерных покрытий.

Проведенные исследования показывают, что твердые дисперсные наполнители могут увеличивать или уменьшать адгезионно-прочностные характеристики покрытий ( $\sigma_p$ ,  $\sigma_a$ ,  $H$ ). В некоторых случаях наблюдается сложный (немонотонный) характер влияния наполнителей. В работах [1, 2] также было показано, что твердые наполнители могут как увеличивать, так и уменьшать адгезионную прочность. Причем было отмечено [3], что связывать увеличение адгезионной прочности полимера при наполнении только с неорганической природой наполнителя нельзя, так как увеличение адгезионной прочности наблюдается и для органического наполнителя, когда в поликапроамид добавляется фторопласт 3.

По мнению автора работы [4], снижение адгезионной прочности поликапроамидных покрытий к стали при добавлении твердых наполнителей (дисульфидмолибдена и графит), связано со снижением химического в физического взаимодействия полимера с подложкой и уменьшают площадь контакта.

Таким образом, полная неопределенность причин изменения адгезионно-прочностных

свойств при объемном модифицировании, на наш взгляд, во-первых, объясняется сложностью изучения физико-химического взаимодействия полимера с твердыми частичками, во-вторых, твердые наполнители могут влиять на ход окислительных и термоокислительных процессов.

С другой стороны, например, реализация антифрикционных свойств твердого наполнителя возможна только при положительном их влиянии на адгезионно-прочностные свойства наполненного покрытия. Поэтому наиболее актуальным становится накопление результатов по влиянию твердых наполнителей на адгезионно-прочностные свойства покрытий.

**Объект и методики исследований.** В узлах трения машин и механизмов наиболее широкое распространение получили термопластичные полимеры такие как поликапроамид (капрон), пентапласт, полиэтилен, фторопласты и др. При этом для создания полимерных покрытий при выборе связующего в первую очередь учитываются их адгезионные свойства к металлическим субстратам. С этой точки зрения удовлетворительной адгезией к подложке и хорошими антифрикционными свойствами обладают поликапроамид, пенопласт.

В связи с этим, для дальнейшего исследования нами были выбраны как основным исследуемым материалом поликапроамид, как наиболее перспективный материал для применения в деталях машиностроения, особенно для изготовления подшипников

скольжения, и резервы использования свойств этого материала еще велики.

Для удобства все исследуемые материалы сведены в табл.1.

Таблица 1

Используемые материалы (полимеры, металлы, наполнители, газы)

№	Наименование	ГОСТ или ТУ	Марка	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Фрикционный состав	
1	2	3	4	5	6	
Полимерные связующие	Основной исследуемый материал-поликапроамид (химичеки измельченный)	ВРУ УХА 69-58	Б	1,13		
	Дополнительно исследуемый материал:					
	а) полиэтилен	МРТУ 405-890-65	ПЭ-4015	0,96-0,97	0-250	
	б) пенопласт		А	1,4		
Основные исследуемые наполнители	Антиоксидант	ГОСТ 39-40	Неозон Д		Раствор в ацетоне	
	Закись меди	ТУМХП 2166-55	ЧДА	5,8		
	Окись свинца	ГОСТ 9199-59	ЧДА	9,53		
	Окись алюминия	ТУПХП 2063-49	ЧДА	3,97		
	Окись меди					
	Карбид кремния					
	Алмаз искусственный					
	Графит	ГОСТ 5379-52	П	2,5		
	Тальк	ГОСТ 879-52	Медицинский	2,6-2,7	56-71	
	Пенопласт		А	1,4		
	Фоторопласт-3	Мрту 6-05-946-52	П	2,15-2,16		
Подложка	Машиностроительные стали	ГОСТ 1050-74	45,65 Г	7,5-7,9	Пруток 20,8 мм	
		ГОСТ 380-71	ст,3 ст,5		Лента=100=10x0,2	
Подложка	Машиностроительные чугуны	ГОСТ 1412-70	СЧ 15-32	7,5-7,9	Пруток 22 мм	
		ГОСТ 7293-70	В 4450-2	7,5-7,9	Пруток 22 мм	
	Машиностроительные	ГОСТ 1215-59	К4450-4	7,5-7,9	Пруток 22 мм	
Газы (формирование в среде)	Аргон чистый марки А ГОСТ 10157-62	Давление в баллоне 150 атм				
		Количество газа в баллоне 6,3 м <sup>3</sup>				
		Азот				0,01 %
		Кислород (не более)				0,03 %
		Содержание влаги (при 760 мм.рт.ст.)				0,03

Под старением пластмасс понимают необратимое изменение важнейших эксплуатационных свойств, происходящее в результате сложных химических и физических процессов, развивающихся в материале под влиянием условий испытания или эксплуатации. Эти внешние воздействия можно разделить на воздействия, непосредственно связанные с условиями эксплуатации (механические напряжения, электрические поля, повышенные температуры, раздача, среда и т.п.), и воздействия, связанные с особенностями климатических условий, в которых эксплуатируется или хранится материал, или изделие [5, 6]. Для стабилизации полимеров широко применяют антиоксиданты (антиокислители, ингибиторы окисления)-вещества, повышающие устойчивость

полимеров к действию кислорода.

В качестве антиоксиданта использовали неозон Д. (ГОСТ 39- 40), введение которого в полимер осуществляли следующим образом: неозон Д растворяли в ацетоне, а затем высушивали порошки полимера до постоянного веса. Высушивание производили при температуре 330-340°К. Для выяснения влияния ацетона на свойства полимера, производили испытания полимерных порошков, обработанных ацетоном. Оказалось, что, обработка порошков в ацетоне не влияет на результаты испытаний физико-механических свойств покрытий.

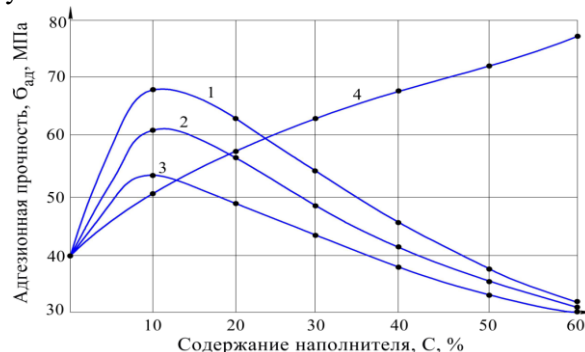
Для исследования влияния атмосферного воздуха на процессы окисления покрытий, формирование последних производили в воздухе и в аргоне.

Для исследования связи адгезионных в когезионных свойств покрытий применялись методы дифференциально-термического анализа на дериватографе 0Д-102, рентгеноструктурного анализа на установке УРС-50 ИМ, а также структурные исследования на микроскопах оптического МиМ-8 и электронно-растровом НИ-2.

Полимерные порошковые композиции с твердыми дисперсными наполнителями получали путем перемешивания в механической мешалке УКМ (МРГУ 16-539006-66).

**Результаты исследований.** Нами были исследованы адгезионная прочность поликапроамида наполненных следующими органоминеральными ингредиентами: графит, каолин, тальк и кварц. На рисунке 1 приведены

результаты исследований прочности адгезионных связей поликапроамида указанными наполнителями.



**Рис.1. Зависимость адгезионной прочности композиционных поликапроамидных композиций от содержания органоминеральных наполнителей: графит (1), каолин (2), тальк (3) и тонкодисперсного кварца (4)**

**Таблица 2**

**Адгезионная прочность наполненного поликапроамида к стали, полученного при температуре формирования 575°K**

№	Наполнители, % / материал композ.	0	5	10	20	30	40	50	60
1	Поликапроамид, МПа	40	-	-	-	-	-	-	-
2	Поликапроамид+ графит	40	59	68	64	52	45	38	34
3	Поликапроамид+каолин	40	52	60	58	49	43	36	32
4	Поликапроамид+тальк	40	48	52	49	44	39	33	30
5	Тонкодисперсный кварц	40	46	50	56	63	69	74	78

Как видно из кривых рисунка 1 и таблицы 2 у всех наполненных, кроме тонкодисперсного кварца, зависимость адгезионной прочности от содержания наполнителей имеет экстремальный характер и их величины расположены в следующей последовательности: графит, каолин и тальк. Максимум адгезионной прочности у этих наполнителей в основном наблюдается при 10 %.

Увеличение адгезионной прочности σ<sub>адг</sub> наполненных композиционных полимерных материалов до 10 % обусловлено влиянием высокой поверхностной энергией органоминеральных наполнителей на процесс структурирования полимерного связующего. Частицы наполнителей служат активными центрами гелеобразования, и при этом ускоряется образование сетчатой структуры.

Далее увеличение содержания наполнителей вызывает снижение адгезионной прочности композиционных полимерных покрытий с металлическим субстратом. Можно предположить уменьшение адгезионной прочности наполненного поликапроамида при формировании в воздухе с интенсификацией окисления, инициируемой наполнителями.

Как и в случае введения

низкомолекулярных веществ (например, термостабилизатора), так и появление дополнительных свободных радикалов в поликапроамиде в результате термоокисления должно приводить к уменьшению адгезионной прочности, так как поликапроамид является полярным полимером.

В работе [7] был предложен механизм воздействия наполнителя на адгезионную прочность поликапроамидных покрытий. Согласно [7] изменение адгезионно-прочностных свойств покрытий связано единой причиной, характеризующей деформируемость системы, например, модуль упругости.

Способность, к деформации композиции на основе полимера и наполнителя, твердость которого выше, чем у полимера, зависит от способности к деформации ненаполненного полимерного связующего, а также его изменения при введении наполнителя, обусловленных изменением подвижности микромолекул и надмолекулярных образований вследствие энергетического взаимодействия, пространственных ограничений, усадочных напряжений на границе связующее – наполнитель и т.д.

Однако изменение адгезионной прочности при наполнении может быть

обусловлено и адсорбцией наполнителей низкомолекулярных соединений, образующих слабые граничные слои [8, 9, 10], в частности, низкомолекулярные загрязнения, содержащее в полимере или на поверхности металла продукты окислительной деструкции и контактных реакций, а также модификаторы (антиоксиданты, пластификаторы и т.д.) [8]. Например, неорганические наполнители могут эффективно сорбировать низкомолекулярные продукты термоокисления полиэтилена типа карбоновых кислот, что приводит как к увеличению, так и уменьшению адгезионной прочности полиэтилена к твердому телу [11, 12]. По-видимому, увеличение адгезии при наполнении поликапроамида минеральными ингредиентами, связано с сорбционной способностью наполнителя.

Таким образом, при введении и увеличении содержания органоминеральных наполнителей от 5 до 10 % в капролактаме, адгезионная прочность увеличивается за счет адсорбции части продуктов окисления, так как часть продуктов расходуется на структурирование полимера. В противном случае, т.е. если наполнитель способствовал бы термоокислению расплава полимера и не обладал бы способностью адсорбировать низкомолекулярные продукты, проникая на границы адгезионного контакта снижалась бы адгезионная прочность. В дальнейшем при увеличении содержания минеральных наполнителей происходит иниционирование наполнителем окисление полимера и при этом адгезионная прочность снижается. Следовательно, экстремальное изменение адгезионной прочности поликапроамида при наполнении органоминеральными ингредиентами, по-видимому, связана с катализом окисления и адсорбционной способностью наполнителя.

Наблюдаемые явления можно объяснить двумя возможными факторами:

1. При введении наполнителей уменьшается сегментальная подвижность полимерных цепей, увеличивается вязкость системы за счет взаимодействия ценных молекул с поверхностью наполнителей. Но это все должно приводить к затруднению ориентации цепей и их последующей кристаллизации;
2. Наполнители способствуют кристаллизации, активно могут влиять не только на формирование надмолекулярной структуры, но и диспергируют первичную структуру.

По второму фактору могут быть

различные объяснения.

Например, авторы работ [13, 14] считают, что гетерогенные центры структурообразования являются более устойчивыми, а надмолекулярные структуры, возникающие над ними, имеют более высокую температуру плавления и более упорядоченную кристаллическую структуру. Поэтому наиболее вероятно, что наполнители влияют на надмолекулярную структуру, вследствие чего изменяются адгезионные и прочностные свойства покрытий [13].

#### **Заключение.**

1. Показано влияние различных органоминеральных наполнителей на адгезионную прочность покрытий. Установлено, что с увеличением содержания графита, каолина и талька кривые адгезионной прочности имеют экстремальный характер прохода через максимум. Существенное повышение (почти в два раза) адгезионной прочности происходит при наполнении тонкодисперсными кварцами и находится в пределах 80,0 МПа.
2. При исследовании термического поведения поликапроамида методами динамометрических весов и дифференциально-термического анализа (ДТА). показана фиксирующая деформируемость полимеров.
3. Необходимо отметить, что, наполнители по природе своими химическими свойствами в различной степени могут влиять на ход окислительных процессов, протекающих в расплаве. Но независимо от степени влияния наполнителей на окислительные и термоокислительные процессы, происходящие в расплаве полимера, в конечном счете, при введении твердых наполнителей, увеличивающих адгезионно-прочностные свойства, прямым или косвенным путем влияют на вязкость материала, который характеризует деформируемость системы. По-видимому, этим можно объяснить симбатное изменение адгезионной прочности полимерной композиции. Таким образом, объемное модифицирование поликапроамидных покрытий является эффективным методом улучшения адгезионных и когезионных свойств полимерных покрытий и обуславливает расширение области применения этих материалов.
4. Экстремальные изменения адгезионной прочности поликапроамида при наполнении органоминеральными ингредиентами, по-видимому, связаны с катализом окисления и адсорбционной способностью наполнителя.

<b>К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, М.Н. Негматова, Ш.Н. Расулова, И.А. Набиева, С.С. Негматов, М.А. Бабаджанова, Ф.А. Лапасова.</b> Исследование физико-химических свойств разработанных композиционных красителей для термического крашения, применяемых при отделке тканей и волокон.....	192
<b>К.М. Иноятов, Ш.В. Рахманов, С.С. Негматов, Н.С. Абед, Ш.А. Бозорбоев, Т.У. Улмасов, З.У. Махаммаджонов, А.А. Олмасов, С.З. Рахимов.</b> Исследование влияния органоминеральных наполнителей на формирование адгезионной прочности полимерных покрытий.....	198
<b>J.A. Sherbo‘taev, V.Q. Tilabov.</b> Uglerodli po‘latlarni tanlash va ularga optimal termik ishlov berish rejimlarini qo‘llash...	202
<b>А.М. Эминов, А.О. Саркисян, И.Р. Байжанов, А.А. Эминов, О.М. Турсункулов.</b> Утилизация отходов обогащения каолина и перспективы использования их в составе керамики.....	206
<b>Б.Т. Хаминов, Ш.В. Рахманов, С.С. Негматов, Н.А. Икромов, Б.М. Тожибоев, Н.С. Абед, Т.У. Улмасов, Ш.А. Бозорбоев, З.У. Махаммаджонов, С.З. Рахимов, А.А. Олмасов.</b> Исследование влияния наполнителей на антифрикционно-вибропоглощающих свойств композиционных полимерных материалов и покрытий из них.....	210
<b>С.Ё. Иноғомов, У.А. Асроров, Ф.Ж. Абед, Н. Дусиёров, Г.И. Мухамедов.</b> Натрийкарбоксиметилцеллюлоза ва полиакриламид асосида олинган интерполимер комплексларини ик-спектроскопик усулда ўрганиш.....	214
<b>У.К. Кучкоров, К.С. Негматова, С.С. Негматов, Ш.В. Рахманов, М.Э. Икрамова, Н.С. Абед, С.У. Султонов, М.М. Бабаханова, Н.А. Икромов, Б.М. Тожибоев.</b> О разработке композиционных полимерных материалов для защиты и ремонта трубопроводов и оборудования нефтегазовой промышленности от коррозионно-механических повреждений.....	221
<b>Ҳ.П. Жуманиёзов.</b> Узунбулоқ кони диабазларининг таркиби ва тузилишини ўрганиш.....	227
<b>Б.М. Тожибоев, Ш.В. Рахманов, Т.У. Улмасов, С.С. Негматов, С.Э. Рахимов, А.А. Олмасов, Н.С. Абед, Ш.А. Бозорбоев, К.Х. Масодиков, О.Ш. Сабирова, Н.А. Икромов.</b> Состояние и анализ методов определения внутренних напряжений полимерных и лакокрасочных покрытий.....	230
<b>Н. Кучкарова, С. Турабджанов.</b> Титан(IV) оксиди билан модификацияланган КУ-2-8 катионитининг сорбцион хоссаларини тадқиқ қилиш.....	232
<b>А.К. Эшчанова, Р.Б. Каримова, З.А. Сманова.</b> Разработка сорбционно-спектроскопического метода определения ионов меди с реагентом индиго.....	235
<b>63, Т.О. Камолов, Д.Х. Хамдамов, Ф.А. Нурханов, М.А. Хашимханова, А.А. Эралиев.</b> Методы исследований компонентов зол и шлаков ТЭС.....	238
<b>К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, М.Н. Негматова, Ш.Н. Расулова, И.А. Набиева, С.С. Негматов, Н.С. Абед, М.А. Бабаджанова, Ф.А. Лапасова.</b> Исследование свойств композиционных красителей на основе солей поливалентных металлов.....	240
<b>О.А. Эрматова, М.Р. Турсунов.</b> Жанубий мирзачўл ва дўстлик каналлари суви таркибида рух элементи микдорининг мавсумий ўзгариши.....	245
<b>6. Вести из лаборатории</b>	
<b>Д.Н. Раупова, К.С. Негматова, С.С. Негматов, Ю.К. Рахимов, Р.Х. Пирматов, М.Э. Икрамова, Х.Ю. Рахимов.</b> Исследование физико-химических свойств композиционных химических деэмульгаторов для обезвоживания эксплуатационных масел.....	247
<b>М. Каршиев, А.А. Саттаров, О.Т. Пардаев, К.И. Юнусалиева.</b> Технологических процесс получения фильтрующих элементов для очистки жидкости и газов различного назначения методом осаждения мелких частиц в предварительно спеченную пористую заготовку из газопылевого потока воздуха.....	249
<b>Х.И. Акбаров, Н.Т. Катгаев, Г.Б. Сидрасулиева.</b> Новые композиционные наноматериалы для решения экологических проблем.....	251
<b>О.Р. Юлдашев, А.К. Аллашев.</b> Совершенствование систем обучения предмета безопасность жизнедеятельности в системах образования.....	252