

Композиционные полимерные материалы функционального назначения
на основе полиолефинов

М.Н. Тухташева, А.Н. Шернаев, А.Х. Юлдашев, Г. Гулямов, Н.С. Абед
*Ташкентский государственный технический университет Государственное
унитарное предприятие «Фан ва тараккиёт», г. Ташкент, Узбекистан*

Аннотация: Современный уровень развития композиционных полимерных материалов позволяет создавать материалы на основе полиолефинов функционального назначения для рабочих органов машин и механизмов, работоспособные в условиях трения и износа при взаимодействии с волокнистой массой. Приведены разработанные антифрикционные, антифрикционно-износостойкие, антифрикционные древесно-полимерные, атмосферо- и химически стойкие и огнестойкие композиционные полимерные материалы на основе полиолефинов и их основные прочностные свойства, определенные общепринятыми методами.

Ключевые слова: композиционный полимерный материал, антифрикционный, антифрикционно-износостойкий, атмосферостойкий, светостойкий, древесно-полимерный материал, огнестойкий композиционный материал.

Антифрикционные и антифрикционно-износостойкие композиционные полимерные материалы. Современный уровень развития композиционных полимерных материалов позволяет создавать материалы, работоспособные в экстремальных условиях при низких и повышенных температурах, давлениях и агрессивных средах. Однако существующие полимерные материалы и композиции на их основе ещё не находят широкого применения в машиностроительной, а также в других отраслях промышленности из-за отсутствия решения проблемы по созданию надежных композиционных полимерных материалов, структура которых направленно организуется под действием эксплуатационных факторов и обладающих высокими свойствами. Трение хлопка-сырца с композиционным материалом имеет сложную природу. На механизм взаимодействия этих тел при трении влияют как молекулярные, так и механические процесс. Специфика контактирующих тел обуславливается возникновением электростатических сил. Исходя из этого, установлено, что трение хлопка-сырца с композиционным материалом имеет молекулярно-механо-электрическую природу [1-3]. Эти результаты позволяют направленно изменять и регулировать свойства материалов, обеспечивая их соответствие требованиям, предъявляемым к композиционным полимерным материалам, работающим при взаимодействии с хлопком-сырцом.

Для создания композиционных материалов антифрикционного назначения необходимо стремиться к повышению прочности материала, снижению температуры и уменьшению величины заряда статического электричества в зоне трения. А при

разработке композиционного материала антифрикционно-износостойкого (АИ) назначения необходимо учесть требования минимальных значений коэффициента трения и интенсивности изнашивания.

Эти задачи могут быть решены введением различного рода наполнителей, в том числе и системы гибридных наполнителей. В качестве наполнителей были использованы графит, сажа, каолин, тальк, стекловолокно, волластонит и хлопковый линт. Однако каждый из них имеет свои недостатки и достоинства. Экспериментальными исследованиями установлено, что стекловолокно, волластонит и хлопковый линт увеличивают коэффициент трения и снижают интенсивность изнашивания. Графит, сажа, каолин и тальк снижают коэффициент трения, но увеличивают изнашиваемость композиционных материалов, а также улучшают тепло- и электропроводность и, тем самым, снижают температуру и величину заряда статического электричества, возникающих в зоне трения контактирующих пар. Причем, эффективность этих наполнителей, особенно волокнистых, значительно проявляется при меньшем их содержании, то есть при меньшем содержании стекловолокна значительно снижается интенсивность изнашивания, а при дальнейшем увеличении их содержания интенсивность изнашивания композиционных материалов сравнительно мало снижается, но коэффициент трения резко повышается. Наиболее эффективное снижение коэффициента трения композиционных материалов с хлопком-сырцом наблюдается при введении сажи и графита.

На основании вышесказанного, нами разработаны антифрикционные и антифрикционно-износостойкие композиционные материалы на основе полиолефинов – полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) и полипропилена (ПП), в установленных оптимальных их соотношениях, обеспечивающих функционально важные физико-механические, триботехнические и эксплуатационные свойства композиционных полимерных материалов, работающих в условиях взаимодействия с хлопком-сырцом. Причем они обладают высокими антифрикционными свойствами и износостойкостью по сравнению со сталью.

В табл. 1 приведены прочностные и триботехнические свойства разработанных антифрикционных полиэтиленовых (АПЭЖ) и полипропиленовых композиций (АППК), антифрикционно-износостойких полипропиленовых композиций (АИППК) [4].

Как видно из табл. 1, свойства полиолефиновых композиционных полимерных материалов вполне отвечают функциональным требованиям, предъявляемым к материалу деталей трущихся пар рабочих органов машин и механизмов хлопкового комплекса, главными из которых являются технологичность и экономичность используемого материала, эффективное снижение повреждаемости хлопкового волокна и семян, исключение накапливания статического электричества, образования намотов волокна на поверхности колков и искры при соударении с твердыми телами, находящимися в хлопке-сырце.

Таблица 1

Физико-механические и триботехнические свойства полиэтиленовых и полипропиленовых композитов

Показатели	АПЭК-1	АПЭК-2	АППК-3	АППК-1	АИППК
Разрушающее напряжение при изгибе $\sigma_{и}$, МПа	33,4	35,4	90,1	85,7	93,3
Ударная вязкость, a , кДж/м ²	17,5	21,0	97,3	91,3	103,7
Твердость по Бринеллю H_b , МПа	45,1	48,4	80,3	76,2	73,8
Модуль упругости при изгибе, $E_{и}$, ГПа	0,62	0,65	1,85	0,75	1,7
Коэффициент трения f (* при $P = 0,01$ МПа, $V = 1,5$ м/с, $W = 8,2\%$)	0,36	0,34	0,27	0,29	0,29
Интенсивность изнашивания $I \cdot 10^{10}$ (при $P = 0,01$ МПа, $V = 1,5$ м/с, $W = 8,2\%$)	5,7	5,5	3,12	3,2	2,8

* P -удельное давление, V - скорость скольжения, W - влажность хлопка-сырца

Из разработанных композиционных полимерных материалов были изготовлены детали трущихся пар рабочих органов прямо-подающего механизма, передвижного перегружателя хлопка, телескопического туннелеобразователя, туннелеройной машины, разборщика бунтов хлопка и разборщика питателя, используемых на заготовительных пунктах и хлопкоочистительных заводах при приемке, транспортировке, разборке и подаче хлопка-сырца в последующие технологические установки.

Применение разработанных композиционных полимерных материалов в качестве материалов для деталей трущихся пар рабочих органов хлопковых машин и механизмов, работающих в условиях фрикционного взаимодействия с хлопком - сырцом приводит к повышению производительности машин на 12-16% и снижению потребляемой мощности на 7-18%, поврежденности хлопковых волокон и дробленности семян, а также ликвидации возможного загорания хлопка-сырца и образования намотов волокна на поверхности композиционных деталей.

Антифрикционные древесно-полимерные композиционные материалы. Известно, что в основе всех технологий производства древесно-полимерного композиционного материала на основе тополя и тала лежит подготовка сырой древесины к прессованию путем приданию ей пластичности. Учитывая, что с повышением температуры и влажности древесины её составные части – лигнин и гемицеллюлоза значительно размягчаются и становятся менее вязкими, вследствие чего сопротивление сжатию падает.

Поэтому первоначально древесина подвергалась предварительной термообработки паром при низких температурах.

С целью повышения механических свойств, её водо- и влагостойкости древесины и для получения заготовок подшипников скольжения из тополя и тала, они пропитываются жидким минеральным маслом. На основе проведенных исследований разработан способ пропитки древесины-тополя и тала машинным маслом и полимерной композицией (полиэтилен высокой плотности, модифицированный сажей или графитом), которая осуществляется по непрерывной схеме при определенных режимах их получения.

Пропитка древесины с торца под давлением обеспечивает относительную легкость продвижения жидкости вдоль волокон древесины и вытеснение из сосудов воды и воздуха, высокую скорость наполнения сырой древесины. Она дает возможность изменять в заданном направлении структуру древесного вещества путем продавливания заготовки через канал переменного сечения при одновременной подаче потока нагретого модификатора в её торец под действием высокого давления.

Таким образом, в настоящее время, с учетом такой пропитки древесины маслом и полимерной композицией, нами получены антифрикционные древесно-полимерные композиционные материалы (АДПКМ) на основе местного сырья – тополя (АДПКМ-1, АДПКМ-2) и тала (АДПКМ-3, АДПКМ-4), свойства которых приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические и антифрикционные свойства композиционных древесно-полимерных материалов

Показатели	Композиционный древесно-полимерный материал			
	АКДПМ-1	АКДПМ-2	АКДПМ-3	АКДПМ-4
Плотность, ρ , г/см ³	0,9-1,0	0,9-1,0	0,9-1,0	0,9-1,0
Предел прочности при сжатии, МПа	9,0	10,0	12,0	14,0
Твердость по Бринеллю, МПа	90	110	120	130
Коэффициент трения	0,11	0,12	0,13	0,14
Интенсивность изнашивания, $I \cdot 10^{-9}$	0,8	0,85	0,90	1,0
Водопоглощение за 24 ч, %	48,3	35-45	35-45	37,4
Степень уплотнения, %	38,5	38,1	37,8	36,1
Степень прессования, Δh	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0
Усилие при прессовании, МПа	10-15	10-15	10-15	10-15

Как видно из табл. 2, разработанные антифрикционные древесно-полимерные композиционные материалы обладают достаточно высокими прочностными и антифрикционными свойствами отвечающим требованиям,

предъявляемым к материалам подшипников скольжения для узлов трения рабочих органов машин и механизмов, работающих в условиях трения и износа. На основе этих материалов разработаны оптимальные конструкции подшипников скольжения для узлов трения рабочих органов машин и механизмов взамен подшипников качения.

Такая конструкция подшипников скольжения из композиционных древесно-полимерных материалов на основе местной породы древесины и термопластичных полимеров способствует улучшению надежности и эффективности работы узлов трения рабочих органов машин и механизмов, работающих в условиях сильной запыленности окружающей среды.

Проведенные испытания в производственных условиях подшипников скольжения из композиционных древесно-полимерных материалов показали, что, применение их в узлах трения рабочих органах машин и механизмов позволит значительно повысить вдвое ресурс их работы, а также позволит повысить надежность и работоспособность машин, работающих в условиях трения и износа.

Атмосферо- и химически стойкие композиционные материалы. Известно, что работа резервуаров осуществляется в условиях контакта с агрессивными жидкостями при воздействии различных климатических факторов. Воздействие агрессивных сред предъявляет повышенные требования к выбору материалов для изготовления резервуаров и их элементов машин по химической обработке хлопчатника. В этом случае полимеры и композиции на их основе выступают не только в качестве заменителей традиционных материалов, но и используются самостоятельно при конструировании агрегатов машин для химической обработки хлопчатника. растворами ядохимикатов при севе его в вегетационный период.

При разработке атмосферо- и химически стойкие композиционные материалы в качестве связующего был выбран полиэтилен средней плотности марок R-0333-UMDPE, R-0338-UMDPE и R-0348-UMDPE, в качестве наполнителей выбраны каолин, сажа и графит, а в качестве добавок свето – и термостабилизаторы (СС-1 , ТС-1).

В результате проведенных исследований по изучению влияния выбранных наполнителей и добавок на свойства полиэтилена средней плотности ,выявлено оптимальное содержание наполнителей, обеспечивающие получение полимерных композиционных материалов функционального назначения с заданными свойствами для резервуаров по химической обработке хлопчатника.

Анализ исследований физико-механических характеристик композитов показали, что при разработке атмосферо- и химически стойких полимерных композиций могут быть применены различные минеральные (тальк, каолин) и углеграфитовые (сажа и графит) наполнители. Поскольку при введении в композицию наполнителей по отдельности последние не всегда обеспечивают эффективность машин из-за их некоторых недостатков, то для более полной реализации достоинств каждого наполнителя в состав композиции вводилась система наполнителей, которые придает материалу комплекс необходимых

свойств.

Проведенные исследования позволили разработать высокоэффективные атмосферо- и химически стойкие полиэтиленовые композиции (АХСПЭК) функционального назначения на основе полиэтилена средней плотности и различных ингредиентов оптимизированного состава, содержащих светостабилизаторы и темостабилизаторы и комбинации высокодисперсных ингредиентов - механоактивированных графита, сажи и каолина (полиэтилен средней плотности + сажа (или графит) + каолин(или тальк) + СС-1 и ТС-1. обеспечивающих функционально важные физико-механические и эксплуатационные свойства композиционных полимерных материалов, работающих в условиях взаимодействия с агрессивной средой.

Композиции готовились путем смешивания исходных материалов в виде порошков в ротационной форме с последующим формованием на лабораторной установке ротационного формования. При изучении физико-механических и прочностных свойств (таблица 3) разработанных атмосферо- и химически стойкие полиэтиленовых композиционных материалов установлено, что они обладают достаточно высокими прочностными свойствами, отвечающими предъявляемым требованиям к композиционным полимерным материалам для резервуаров машин по химической обработке хлопчатника и могут быть рекомендованы для их изготовления, так как эти материалы обладают химической и атмосферной стойкостью, экономичны по сравнению с нержавеющей сталью, а также они хорошо перерабатывается методом ротационного формования, позволяющий получать крупногабаритные полые изделия и резервуары различной емкости.

Таблица 3

Физико-механические свойства атмосферо- и химически стойких полиэтиленовых композиций

Показатели	Атмосферо- и химически стойкие полиэтиленовые композиции для ротационного формования					
	АХПЭК-1	АХПЭК-2	АХПЭК-3	АХПЭК-4	АХПЭК-5	АХПЭК-6
Плотность, г/см ³	0,990	1,00	1,10	1,20	1,05	1,15
Показатель текучести расплава, г/10 мин	3,50	3,50	3,80	3,80	4,70	4,70
Прочность при растяжении, МПа	18,1	20,5	21,4	23,5	23,4	25,7
Относительное удлинение, %	750	710	725	715	735	720
Твердость по Бринеллю, МПа	37,5	40,5	45,1	48,4	47,5	49,5
Модуль упругости при изгибе, МПа	530	540	620	650	675	680
Ударная прочность, кДж/м ²	50,5	52,5	51,5	53,5	55,3	53,0

Применение атмосферо- и химически стойких композиционных полимерных материалов на основе полиолефинов при отливке резервуаров методом ротационного формования для машин по химической обработке хлопчатника позволяет существенно уменьшить их вес, увеличить долговечность машин и сократить трудозатраты при их изготовлении.

Огнестойкие композиционные полимерные материалы. Анализом современного состояния получения и существующей технологии получения огнестойких композиционных полимерных материалов на основе полиэтилена высокой плотности установлено, что для улучшения качества производства огнестойких композиционных полимерных материалов целесообразно в качестве добавок использовать антипирены, повышающие огнестойкость полимерных материалов, минеральные наполнители, повышающие прочностные свойства и снижающие стоимость материала.

В результате полученных на основании исследований закономерностей влияния содержания механоактивированного песка и мела на прочностные свойства композиционных полиэтиленовых материалов, наполненных олигомерными антипиренами было установлено, что при содержании механоактивированного песка и мела в количестве 6 -10 мас. ч. прочность находится в пределах 30-35 МПа, а при содержании олигомерного антипирена в количестве 2-6 мас. ч. разрывная прочность повышается и носит экстремальный характер. Причем максимум смещается в сторону более низкого содержания олигомерного антипирена по сравнению с композициями, в которых используются механоактивированные песок и мел.

Полученные данные исследований позволили нам разработать огнестойкие композиционные материалы на основе полиэтилена высокой плотности с использованием механоактивированного песка, мела и олигомерного антипирена в установленных пределах, а также технологию их получения, исследовать их структуру и основные свойства. Определен оптимальный температурный режим по зонам экструдера, Выбраны оптимальные условия технологического режима для производства огнестойкого композиционного полимерного материала экструзионным методом.

При изучении физико-механических и прочностных свойств разработанных огнестойких композиционных материалов установлено, что они обладают достаточно высокими прочностными свойствами (таблица 4), отвечающими предъявляемым требованиям к композиционным полимерным материалам для сидений автобусов.

Были проведены испытания по определению группы горючести и огнестойкости полученных образцов из огнестойких композиционных полимерных материалов. Получены акты и протоколы испытаний по определению групп горючести и огнестойкости образцов композитов в пожарно-технической лаборатории Главного управления пожарной безопасности МВД РУз.

Основные физико-механические и упруго – прочностные свойства
огнестойких полиэтиленовых композиций

Показатели	Огнестойкие полиэтиленовые композиции			
	ОПЭК-1	ОПЭК-2	ОПЭК-3	ОПЭК-4
Прочность при растяжении, МПа	35,1	42,3	45,5	41,4
Относительное удлинение, %	1110	1140	1250	1200
Твердость по Бринеллю, МПа	59,5	62,2	65,6	63,5
Модуль упругости при изгибе, МПа	1310	1620	1680	1560
Ударная вязкость, а, Дж/м ²	30,5	37,1	40,2	38,8

Проведены испытания на определение токсикологических и гигиенических характеристик и радиологических показателей огнестойких композиционных материалов. Исследованы структуры огнестойких композиционных полимерных материалов рентгеноструктурным анализом. Проведены морфологические исследования и дифференциальный термический анализ огнестойких композиционных полимерных материалов. Получены акты и протоколы испытаний по определению токсикологических и гигиенических характеристик и радиологических показателей огнестойких композиционных материалов в Центре Государственного санитарно-эпидемиологического надзора г. Ташкента МЗ РУз.

Таким образом, разработанные композиционные полимерные материалы функционального назначения на основе полиолефинов могут быть использованы в различных отраслях промышленности Республики Узбекистан, в частности, в машиностроении, автомобилестроении и хлопкоочистительной промышленности.

Библиографический список

1. Гулямов Г. Конструкционные и композиционные материалы для изготовления деталей, взаимодействующих с хлопком-сырцом // Композиционные материалы. -Ташкент, 2007. - № 2.-С.27-31.
2. Гулямов Г. Машиностроительные детали из конструкционных полимерных материалов для рабочих органов хлопковых машин и механизмов // Композиционные материалы. - Ташкент, 2008. - № 2. - С. 63-66.
3. Негматов С.С. Основы процессов контактного взаимодействия композиционных полимерных материалов с волокнистой массой. -Ташкент: Фан,1984. – 296 с.
4. Патент РУз № 04228. Антифрикционно-износостойкая полимерная композиция / Негматов С.С., Норкулов А.А., Гулямов Г., Махмудов Х.Х., Абед-Негматова Н.С. // Расмий ахборотнома. – 2010. - №9.