

5. Драчинский А.С. Влияние пористости на трещиностойкость порошкового железа / А.С. Драчинский, А.Е. Кушевский, А.В. Перепелкин и др. // Порошковая металлургия. – 1982. - № 12. – С. 80 – 84.
6. Драчинский А.С. Влияние масштабного фактора на результаты определения механических свойств порошковых материалов на основе железа / А.С. Драчинский, А.Е. Кушевский, Т.Ф. Мозоль, Ю.Н. Подрезов // Порошковая металлургия. – 1983. - № 3. – С. 88 – 94.
7. Чугун: справ. изд. / Под ред. А.Д. Шермана и А.А. Жукова. – М.: Металлургия, 1991. – 576 с.
8. Дорофеев Ю.Г. Структура межчастичных зон сращивания в порошковых углеродистых сталях / Ю.Г. Дорофеев, В.Ю. Дорофеев, Ю.В. Дыбов, С.Н. Егоров // Порошковая металлургия. – 1991. - № 4. – С. 29 – 34.
9. Емельянов В.В. Структура зоны сращивания композиции сталь – алюминий – сталь / В.В. Емельянов, С. Н. Егоров, М.Б. Дамаскина // Концепция современного развития автомобилестроения и эксплуатации транспортных средств: Матер. Всерос. науч.-техн. конф. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. – С. 123 – 126.
10. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование в металлокерамике. - М.: Металлургия, 1972. – 176 с.
11. Анциферов В.Н. Структурная наследственность порошковых сталей / В.Н. Анциферов, Н.Н. Маслеников, С.Н. Пещеренко, С.Н. Боброва, А.П. Тимохова. – Пермь: РИТЦ ПМ, 1996. – 122 с.

ПОРОШКОВЫЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ, ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫЕ МОЛИБДЕНСОДЕРЖАЩИМИ УГЛЕРОДНЫМИ ВОЛОКНАМИ

ДУБКОВА В. И.¹, КРУТЬКО Н. П.¹, МИНКЕВИЧ Т. С.¹,
КОМАРЕВИЧ В. Г.¹, КУКАРЕКО В. А.²

¹*Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, тел.:(+375 17) 284-27-08; e-mail: dubkova@igic.bas-net.by*

²*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, тел.: (+375 17) 284-24-05*

Введение. В общем объеме потребления конструкционных материалов в настоящее время наблюдается тенденция опережающего роста доли термопластов, армированных углеродными, полимерными и другими непрерывными волокнами с объемным содержанием до 70 %. Стимулом для этого является постоянно растущая потребность в таких материалах авиационной и судостроительной промышленности, автомобилестроении, производстве медицинской, спортивной и другой техники, нуждающейся в лёгких материалах, комплексно удовлетворяющих ши-

рокому спектру эксплуатационных требований. Большая востребованность в такого рода материалах ставит задачу разработки эффективных современных методов технологического регулирования физико-механических и других функциональных свойств получаемых материалов [1]. Как известно, одной из основных проблем при производстве высоконаполненных термопласт-композитов является недостаточная монолитность, которая обусловлена сложностью совмещения компонентов – пропитки наполнителя высоковязкими термопластичными связующими, причём не только в виде расплавов, но и в растворном состоянии. Поэтому в условиях низкой эффективности жидкофазной пропитки волокнистых наполнителей в последнее время интенсивно разрабатывается и получила практическое применение технология твердофазного совмещения компонентов термопластичных композиций. Сущность этой технологии заключается в предварительном максимальном сближении поверхности наполнителя и самого термопластичного связующего (в виде порошка, плёнки или волокон) таким образом, чтобы при последующем их плавлении в процессе формирования изделия протяженность течения расплава была минимальной, обеспечивая монолитность армированных термопластов при энергетически выгодных условиях сокращенного температурно-механического воздействия.

Постановка задачи. Основываясь на вышеизложенном, в ИОНХ НАН Беларуси разработан новый способ получения высоконаполненных термопластичных углепластиков по порошковой технологии. В данной работе представлен один из вариантов составов разработанных композиций на основе полиметилметакрилата (ПММА) и дискретных молибденсодержащих углеродных волокон (Мо-УВ) со степенью наполнения до 87 мас. %. Соединения молибдена, как известно, могут являться модификаторами трения [2]. Полиметилметакрилат, являющийся одним из наиболее технологичных полимеров, легко подвергается переработке прессованием, литьем под давлением, применяется в различных отраслях промышленности, строительстве и, как конструкционный полимер, широко используется в нанотехнологии, при проведении взрывных испытаний. В частности, ПММА в [3] относят к идеальным материалам для оболочек слоистых сферических мишеней. Широкий диапазон использования этого полимера объясняется сочетанием в нем ряда ценных свойств: атмосферной и химической стойкости, способности поглощать меха-

нические и звуковые колебания и др. Недостатком полиметилметакрилата является малая поверхностная твердость материала, что в ряде случаев ограничивает его применение. Поэтому актуальной задачей является повышение твердости ПММА наряду с приданием ему специальных свойств.

Мо-УВ синтезировали по методике, описанной в [4]. Криогенно измельченный ПММА смешивали с заданным количеством дискретных углеродных волокон в механоактиваторе. Образцы композитов получали компрессионным прессованием полученной сухой смеси полимера и наполнителя при температуре 190 °С и давлении 15 МПа. Для сравнения в тех же условиях формировали композиции ПММА с немодифицированными УВ, полученными в тех же условиях карбонизации, что и Мо-УВ.

Структуру и свойства композиционных материалов изучали с использованием электрофизического, термомеханического, дифференциально-термического методов анализа и гостированных методов испытаний их механических свойств. Триботехнические испытания в условиях сухого трения проводили по схеме возвратно-поступательного перемещения на автоматизированном трибометре АТВП, оснащенном устройством для измерения коэффициента трения. Контртело – закаленная сталь У8 (HV=8000 МПа), номинальное давление 3 МПа, средняя скорость перемещения образца относительно контртела $\approx 0,1 \text{ м}\cdot\text{сек}^{-1}$.

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 показано изменение удельного объемного электрического сопротивления ПММА при возрастающей степени наполнения его немодифицированными углеродными волокнами и Мо-УВ. Видно, что в зависимости от концентрации наполнителей получаемые композиционные материалы обладают широким диапазоном электрофизических показателей и могут быть как диэлектриками, так и проводниками. При этом проявляются различия в характере изменения удельного объемного электрического сопротивления (ρ_v) при последовательном увеличении содержания молибденсодержащих и немодифицированных УВ. Если при введении последних наблюдается монотонное понижение удельного объемного электрического сопротивления, то в композициях с Мо-УВ первоначально имеет место повышение ρ_v при введении их до 30 мас. %, т. е., данные указывают на повышение диэлектрических характеристик ПММА несмотря на введение в композицию электропроводящего наполнителя. При дальнейшем повышении содержания Мо-УВ ρ_v постепенно снижается до уровня антистатиче-

ских, а затем электропроводящих материалов, оставаясь всегда выше для ПММА с тем же содержанием немодифицированных УВ. Повышение ρ_v , когда в композиции ещё не образуется физическая сетка самого наполнителя, обусловлено физико-химическими процессами, протекающими на границе раздела фаз наполнитель-полимер при формировании композиции. О взаимодействии ПММА с активными молибденсодержащими поверхностными центрами углеродного волокна свидетельствуют данные дифференциально-термического анализа. На кривых ДТА композиции ПММА с Мо-УВ отчётливо проявляется новый экзотермический эффект в области температур, когда ни для отдельных её компонентов, ни для композиции ПММА с немодифицированными УВ таковой не наблюдается.

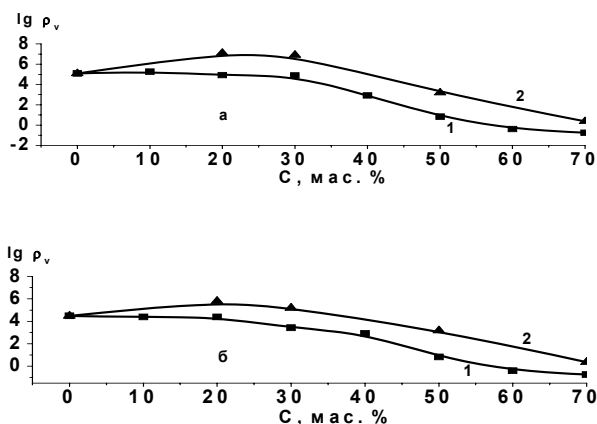


Рис. 1. Логарифм удельного объемного электрического сопротивления ПММА при различных степенях наполнения УВ немодифицированными (1) и Мо-УВ (2) на частоте 100 Гц (а) и 1 кГц (б)

Ограничение подвижности сегментов и больших структурных элементов цепей полимера в поверхностном слое, свойственное для большинства наполненных полимеров, а также дополнительное структурирование ПММА в пограничной зоне под влиянием вводимых металлсодержащих углеродных волокон с развитой поверхностью объясняет наблюдаемое значительное повышение времён диэлектрической релаксации макромолекул ПММА в его композициях с Мо-УВ (табл.) и смещение темпера-

туры стеклования композиции по температурной шкале в сторону увеличения на 10 °С – 27 °С, достигая 133 °С при наполнении ПММА 70 мас. % Мо-УВ (рис. 2). Теплостойкость по Вику в композициях полимера с Мо-УВ также возрастает и может достигать 145 °С, что расширяет рабочий диапазон температур эксплуатации изделий из разработанных составов.

Таблица

**Подвижность электрических диполей в ПММА
ненаполненном и в композиции с Мо-УВ**

Содержание Мо-УВ, мас %	Время диэлектрической релаксации, с.10 ⁶ , на частоте		
	100 Гц	1 кГц	10 кГц
–	14,83	2,82	0,21
30	688,5	73,65	4,65

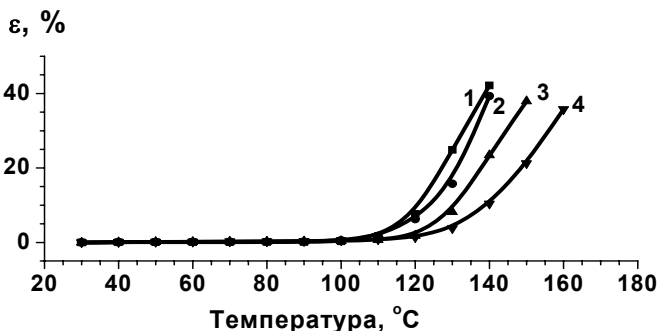


Рис. 2. Термомеханические кривые ПММА ненаполненного (1) и наполненного 30 мас.% (2), 50 (3) и 70 мас. % (4) Мо-УВ

Исследования показали, что введение Мо-УВ в ПММА приводит к повышению физико-механических его показателей. Плотность композиционных материалов увеличивается в 1,1-1,37 раз, динамический модуль упругости по сравнению с полимером ненаполненным возрастает в 1,4-2,1 раз, твёрдость по Виккерсу в 1,2-2,7 раза. При этом следует отметить, что наибольшие увеличения наблюдаются именно при высоких степенях наполнения полимера Мо-УВ, то есть, когда большая часть полимера переходит в поверхностный слой.

На рисунке 3 представлены зависимости изменения коэффициента трения в условиях трения композиций ПММА с Мо-УВ без смазочного материала по стали. Можно видеть, что введение в ПММА молибденсодержащих УВ приводит к существенному снижению коэффициента трения скольжения. Это позволяет

применять разработанные высоконаполненные композиции ПММА с Мо-УВ в качестве антифрикционных материалов различных узлов конструкций.

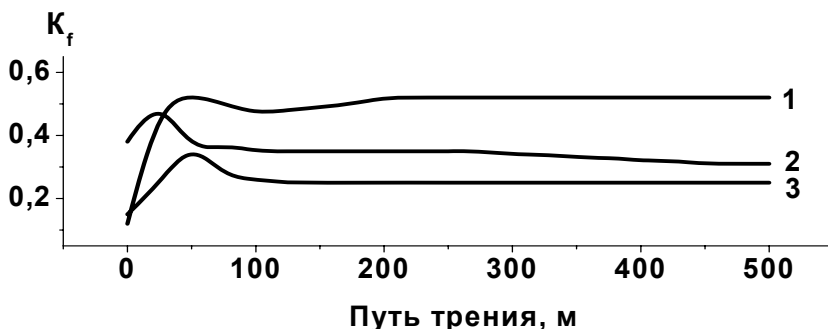


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от пути трения для композиций ПММА с 30 мас. % (1), 50 (3) и 70 мас. % (2) Мо-УВ

Выводы. Проявляемые улучшенные и новые свойства высоконаполненных композитов на основе полиметилметакрилата и молибденсодержащих углеродных волокон (повышение теплоустойчивости, твёрдости, электрофизические показатели от диэлектрика до проводника, износостойкость и антифрикционные свойства) позволяют рассматривать их как перспективный материал функционального назначения для различных областей науки, техники и промышленности.

Литература:

1. Головкин Г. С.. Специфика регулирования механических свойств армированных термопластов // Пластические массы. 2008.— № 12.— С. 4-8.
2. Суслов А. Ю., Бакуние В. Н., Кузьмина Г. Н.. Синтез и трибологические свойства наночастиц трисульфида молибдена —представители нового класса модификаторов трения // Нефтехимия. 2003 — Т.43, №3. — С. 214-218.
3. Куготова А. М., Кунижев Б. И., Ахриев А. С. и др. Разрушение полиметилметакрилата при мощных импульсных воздействиях // Избранные труды «Поликонденсационные реакции и полимеры». — Нальчик. — 2008.— С. 86-108.
4. Ермоленко И. Н., Люблинер И. П., Гулько Н. В. Элементосодержащие угольные волокнистые материалы — Мн.: Наука и техника, 1982.— 271 с.