

2. E. Panchenko, A. Eftifeeva, et al. Two-way shape memory effect and thermal cycling stability in $\text{Co}_{35}\text{Ni}_{35}\text{Al}_{30}$ single crystals by low-temperature martensite ageing // Scripta Materialia. – 2018. – V. 150. – P. 18–21.
3. Otsuka K. Mechanism of martensite aging effects and new aspects / K. Otsuka, X. Ren // Mater. Sci. Eng., A. – 2001. – V. 312. – P. 207–218.
4. Панченко Е. Ю., Тимофеева Е. Е. и др. Влияние термической обработки на закономерности термоупругих мартенситных превращений в ферромагнитных монокристаллах $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ // Известия Вузов. Физика. – 2010. – № 11. – С. 96–98.

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА, АРМИРОВАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ МИКРОВОЛОКНАМИ

ЛЕ ТХИ МИ ХИЕП¹, С. В. ПАНИН^{1,2}, Л. А. КОРНИЕНКО², В. О. АЛЕКСЕНКО^{1,2}, Л. Р. ИВАНОВА²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: myhiepru@gmail.com

Полифениленсульфид (ПФС) является перспективным высокотемпературным конструкционным термопластом, обладающим высокими показателями свойств теплостойкости, жесткости, ударопрочности, гидролизо-химической стойкости, технологичности, формостабильности, высокой адгезии к большому количеству материалов (стеклу, керамике, титану, бронзе, стали). Это определяет области его применения: машиностроение, авиационная и автомобильная, газовая и нефтяная промышленность, электротехника и т. п. Однако чистый ПФС обладает низкой износостойкостью и высоким коэффициентом трения (0,34), что ограничивает его применение в узлах трения.

Для повышения триботехнических свойств полимеров, как правило, используют различные типы наполнителей, в частности твердосмазочные микрочастицы (ПТФЭ, MoS_2 , графит), и нанонаполнители (углеродные нановолокна/нанотрубки, оксиды) [1-3]. Совместное введение твердосмазочных и армирующих наполнителей в полимерную матрицу позволяет комплексно повысить трибомеханические характеристики, расширяя тем самым номенклатуру и области применения полимерных композитов с заданными эксплуатационными свойствами в узлах трения машин и механизмов.

В настоящей работе с целью применения микроволокон в качестве одновременно армирующих и твердосмазочных наполнителей были исследованы механические и триботехнические характеристики композитов на основе ПФС, армированных различными микроволокнами (углеродными, стеклянными, базальтовыми) в условиях сухого трения скольжения.

Использовали порошок ПФС фирмы Ticona Fortron (0205B4) со средним размером частиц 20 мкм, углеродные, стеклянные и базальтовые волокна со средней длиной 200 мкм. Композиты на основе ПФС получали методом горячего прессования. Твердость по Шору Д определяли на приборе Instron 902 в соответствии с ASTM D 2240. Испытания на трехточечный изгиб проводили с помощью электромеханической испытательной машины Instron 5582 согласно ISO 178: 2010.

Испытание образцов на изнашивание в режиме сухого трения проводили по схеме «шар-на-диске» при нагрузке $P=10$ Н и скорости скольжения $V=0.3$ м/с на трибометре CSEM CH-2000 в соответствии с ASTM G99. Диаметр контртела, выполненного из стали ШХ15, составлял 6 мм. Путь испытания равен 3 км, радиус траектории вращения - 10 мм. Для исследования поверхностей испытанных образцов использовали оптический профилометр New View 6200 (Zygo). Надмолекулярную структуру композитов исследовали

с помощью растрового электронного микроскопа LEO EVO 50 (Carl Zeiss) при ускоряющем напряжении 20 кВ на поверхностях скола образцов с надрезом, механически разрушенных после выдержки в жидком азоте.

В таблице 1 приведены механические характеристики композитов на основе ПФС, наполненных 40 вес. % углеродными, стеклянными и базальтовыми волокнами. Из таблицы следует, что твердость по Шору Д сильно возрастает при введении углеродных волокон. Добавление других волокон (стеклянных и базальтовых) незначительно повышает твердость материалов. Модуль упругости при изгибе возрастает при добавлении микроволокон. При этом добавление углеродных волокон позволяет повысить модуль упругости в 3,5 раза по сравнению с чистым ПФС. Предел прочности также значительно повышается при добавлении УВ. Наполнение стеклянными и базальтовыми волокнами приводит к уменьшению предела прочности композитов. Деформация при разрыве существенно снижается при добавлении всех исследованных наполнителей.

Таблица 1 - Механические свойства композитов на основе ПФС, армированных различными микроволокнами

Материалы	Плотность г/см ³	Твердость по Шору Д	Предел прочности, МПа	Модуль упругости на изгибе, МПа	Деформация при разрыве, %
ПФС	1,33	79,5±0,5	97,8±1,6	3930±71	2,56±1,4
40% УВ	1,47	84,1±0,4	147,8±4,3	13478±894	0,99±0,1
40% СВ	1,74	80,0±0,7	69,8±2	6773±714	1,1±0,1
40% БУ	1,68	80,7±0,5	75,1±7,3	8121±522	1,04±0,07

Результаты трибоиспытаний показаны на рисунке 1. Видно, что добавление в ПФС 40 вес. % углеродных и базальтовых микроволокон позволяет повысить износостойкость композитов в 4 раза по сравнению с чистым полимером. При этом, наполнение стеклянными волокнами в количестве 40 вес. % приводит к снижению износостойкости композитов на основе ПФС (износостойкость в 2 раза ниже по сравнению с чистым ПФС).

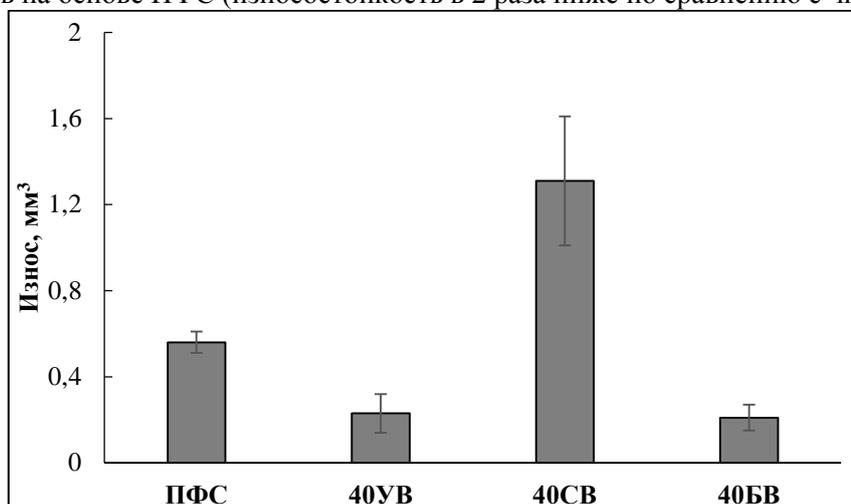


Рисунок 1 - Объемный износ ПФС и композитов на его основе с волокнами

Благодарности. Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 16-48-700192_р_а, а также гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации НШ-5875.2018.8.

Список литературы

1. Laigui, W, Shengrong Yang, Weimin Liu and Qunji Xue. An investigation of the friction and wear behaviors of polyphenylene sulfide filled with solid lubricants. Polymer engineering and Science, Vol.40. No.8, (2000), pp.1825-1832.

2. M. H. Choa and S. Bahadura . A study of the thermal, dynamic mechanical, and tribological properties of polyphenylene sulfide composites reinforced with carbon nanofibers. Tribology Letters, Vol. 25, No. 3, (2006), pp. 237-245.
3. Díez-Pascual A M, Naffakh M, Marco C and Ellis G. Rheological and tribological properties of carbon nanotube/thermoplastic nanocomposites incorporating inorganic fullerene-like WS₂ nanoparticles. J Phys Chem B 2012; 116: 7959–7969.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ СЕЛЕНА

М.А. ФЕДОТОВ, Л.В. КОВАЛЕНКО, Г.Э. ФОЛМАНИС

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН

E-mail: mikle_fed@mail.ru

На основе неравновесных процессов разработаны технологии получения водных коллоидных систем не растворимых в воде химических элементов, в частности, селена.

Селен – микроэлемент с уникальными биологическими функциями, обладающий широким спектром действия на живые организмы. Он и его соединения включаются в состав ряда ферментов, принимающих участие в поддержании перекисного гомеостаза [1], играющих ключевую роль при формировании ответа организма к стрессовым факторам. Повышение биологической доступности и эффективности селенсодержащих препаратов нового поколения достигается за счет применения наноразмерных частиц селена. Литературные данные отечественных [2] и зарубежных исследователей [3] свидетельствуют о более низкой токсичности наноразмерного «нульвалентного» селена. Китайские исследователи доказали, что для наноразмерного селена средняя доза вещества, вызывающая гибель половины членов испытываемой группы мышей (ЛД₅₀) составляет 113,0 мг/кг, в то время как ЛД₅₀ селенита натрия – 15,7 мг/кг [3]. Таким образом, острая токсичность селена в наноразмерной форме в 7 раз ниже селенита натрия.

Целью данной работы является использование сильнонеравновесных процессов для разработки методов получения водного коллоидного раствора селена, пригодного для биологических исследований.

В качестве мишени в работе использовался элементарный селен марки. Средой распыления являлась бидистиллированная вода. Для приготовления коллоидных растворов селена применялся твердотельный лазер с длиной волны излучения 1064 нм, при длительности импульса 12 нс. Источниками ультразвука служили ультразвуковая ванна УЗВ-1,3 («Сапфир», Россия) с рабочей частотой 35 кГц и мощностью генератора 50 Вт, а также ультразвуковой гомогенизатор UP200S (Hielscher, Германия) с рабочей частотой 24 кГц и мощностью 200 Вт. Во втором случае использовался волновод диаметром 12 мм.

Лазерная абляция твердой мишени в жидкости – неравновесный процесс, включающий в себя локальный импульсный нагрев вещества на границе твердое тело-жидкость, образование зоны расплава материала мишени, парогазового облака продуктов абляции, их сублимацию и кристаллизацию. Этим процессом были получены водные коллоидные растворы с концентрацией селена ≈ 9 мг/л со среднечисловым размером частиц d_n около 110 нм. Раствор имеет рН = 4,92, ζ -потенциал -12,3 мВ. Коллоидный раствор окрашивается в красный цвет, что свидетельствует об образовании аморфного селена.

Ультразвуковая ванна позволяет удалить с поверхности тонкий слой материала порядка 1,5–2 мкм. Коллоидные растворы селена зависят от материала стенки сосуда, в которых они были получены [4]. Так, в кварцевом сосуде частицы имеют бимодальное распределение со среднечисловыми размерами d_n около 40 и 100 нм, а в стеклянном сосуде образуются частицы с $d_n \approx 200$ нм. Распределение частиц по размерам в стеклянном сосуде примерно соответствует распределению в системах, полученных в результате лазерной